



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
**FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA**  
**Ingeniería Química**

**PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO**

**Autor/es:**

**Macellari, Juan Pablo**  
**Martínez, Luisina Magalí**  
**Rosso, Rocio Soledad**

**Villa María**  
**2023**

Firma de los alumnos:

Macellari, Juan Pablo: .....

Martínez, Luisina Magalí: .....

Rosso, Rocio Soledad: .....

Aceptado por Facultad Regional Villa María de la UTN, Villa María,  
.....

Aprobada por su contenido y estilo.

Presidente del Tribunal: .....

Primer Miembro Vocal: .....

Segundo Miembro Vocal: .....

Nota final de aprobación: .....

---

## AGRADECIMIENTOS

*Juan Pablo:* En este momento de cierre de mi carrera universitaria, quiero agradecer de todo corazón a las personas que han sido parte fundamental de este viaje.

A mi querida familia, les agradezco de todo corazón por su apoyo y cariño constante. Sin ustedes, este logro no sería posible. A mis profesores, agradezco su dedicación a la enseñanza y su predisposición. Sus conocimientos y enseñanzas han sido una parte esencial de mi crecimiento académico. A mis compañeras de tesis, quienes compartieron conmigo el desafío de este proyecto, les agradezco por ser una fuente de inspiración y comprensión a lo largo de esta etapa.

Y una mención especial para Lucas Arias, por contagiarme esa pasión que tiene sobre este tema, y por responderme siempre con tan buena disposición.

*Luisina:* Quiero agradecer a las personas que me apoyaron y acompañaron siempre en este camino, mis padres Alejandra y Claudio, sin ellos no hubiese sido posible alcanzar esta meta. Gracias por alentarme, brindarme confianza, darme la posibilidad de estudiar y estar siempre presentes. También a mi hermanita, Ludmila, por estar siempre presente con su alegría y ocurrencias.

A mis seres queridos, amigos y compañeros que de forma desmedida brindaron su apoyo incondicional desde el primer día que comencé a vivir esta experiencia. En especial a Marco, Tomás y Lucas, que estuvieron dispuestos a ayudarnos a resolver dudas que surgían. Gracias a los profesores por guiarnos y a mis compañeros de tesis, Rocío y Juan Pablo, por su compromiso para este proyecto.

A la Universidad Tecnológica Nacional por brindar un espacio y los conocimientos necesarios para formarme como profesional. Gracias a la vida por permitirme vivir esta experiencia que requirió mucho esfuerzo, responsabilidad y dedicación que hoy dan sus frutos y serán recordados de la mejor manera por siempre.

*Rocio:* Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia y a mi pareja por su constante apoyo y acompañamiento a lo largo de estos años. Ellos han sido mi guía y mi sostén, luchando a mi lado para alcanzar la meta que hoy celebramos.

Extiendo mi gratitud a los profesores que nos guiaron en este proceso y a mis compañeros, Luisina y Juan Pablo, por su apoyo, dedicación y esfuerzo que han sido invaluableles. Además, quiero hacer mención especial a Tomás, Lucas y Marco que nos ayudaron con los desafíos que se presentaron en el proyecto.

Reconozco que el camino no ha sido sencillo, pero hoy puedo afirmar con orgullo que he alcanzado uno de mis objetivos, fruto de un gran esfuerzo considerable, pero también gracias a las maravillosas personas que me rodean.

---

## RESUMEN

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

Los usos del ácido sulfúrico son tan variados que el volumen de su producción proporciona un índice aproximado de la actividad industrial general. El costo relativamente bajo del ácido sulfúrico lo convierte en la opción más económica para una amplia variedad de aplicaciones, entre las cuales se destaca la manufactura de fertilizantes, explosivos industriales, reactivo de laboratorio, secado de gases ácidos y corrosivos, producción de alcoholes, detergentes y colorantes.

La obtención del ácido sulfúrico por medio del proceso de doble absorción es el método elegido y se detalla en el presente proyecto final de grado.

**Palabras claves:** ácido sulfúrico, azufre, absorción.

---

## ÍNDICE

<b>1. FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS</b> .....	13
1.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	13
1.2. OBJETIVOS GENERALES .....	13
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS</b> .....	16
2.1. AZUFRE .....	16
2.1.1. Generalidades .....	16
2.1.2. Propiedades .....	16
2.1.3. Aplicaciones .....	17
2.2. CATALIZADOR .....	17
2.2.1. Generalidades .....	17
2.2.2. Propiedades .....	18
2.2.3. Aplicaciones .....	18
2.3. ÁCIDO SULFÚRICO.....	19
2.3.1. Generalidades .....	19
2.3.2. Propiedades .....	19
2.3.3. Aplicaciones .....	20
<b>3. ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	22
3.1 INTRODUCCIÓN .....	22
3.2. ANÁLISIS MUNDIAL DEL PRODUCTO.....	22
3.2.1. Importadores.....	23
3.2.2. Exportadores.....	24
3.3. ANÁLISIS NACIONAL DEL PRODUCTO.....	25
3.3.1. Importaciones .....	25
3.3.2. Exportaciones .....	27
3.3.3. Producción.....	29
3.3.4. Demanda insatisfecha.....	30

---

3.3.5. Precio.....	34
<b>3.4. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>36</b>
3.4.1. Azufre y minerales sulfurados.....	36
3.4.1.1. Importaciones y exportaciones.....	37
3.4.1.2. Precio.....	41
<b>3.5. MERCADO DEL CATALIZADOR.....</b>	<b>42</b>
3.5.1. Catalizador (pentóxido de vanadio) .....	42
3.5.1.1. Importaciones .....	42
3.5.1.2. Precio.....	44
<b>3.6. ANÁLISIS FODA.....</b>	<b>45</b>
<b>4. CAPACIDAD DE LA PLANTA .....</b>	<b>48</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	48
4.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DE LA PLANTA .....	48
4.3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA INSATISFECHA DE ÁCIDO SULFÚRICO .....	49
4.4. PRODUCCIÓN ÓPTIMA EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA.....	50
4.5. REQUERIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS .....	53
<b>5. LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>55</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	55
5.2. MACROLOCALIZACIÓN .....	55
5.2.1. Disponibilidad de materia prima .....	56
5.2.2. Disponibilidad de mercados o zonas de consumo .....	56
5.2.3. Disponibilidad de transporte .....	57
5.2.4. Disponibilidad de parques industriales.....	60
5.2.5. Disponibilidad de mano de obra.....	61
5.2.6. Infraestructura básica .....	64
5.2.7. Conclusión macrolocalización .....	65
5.3. MICROLOCALIZACIÓN .....	66
5.3.1. Disponibilidad de parques y áreas industriales .....	67

---

---

5.3.1.1. Parque Industrial Oficial Comirsa .....	68
5.3.1.2. Parque Industrial Norte .....	68
5.3.1.3. Parque Industrial Privado de San Lorenzo .....	69
5.3.2. Método de puntuaciones ponderadas .....	70
5.3.3. Legislación provincial .....	71
<b>6. SELECCIÓN Y ADOPCIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>74</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	74
6.2. MÉTODOS DE TRATAMIENTO DEL AZUFRE .....	74
6.2.1. Combustión en horno rotativo .....	74
6.2.2. Combustión en cámara .....	75
6.3. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO .....	75
6.3.1. Proceso de las cámaras de plomo .....	76
6.3.2. Procesos de contacto .....	76
6.3.2.1. Proceso de contacto simple .....	76
6.3.2.2. Proceso de contacto doble .....	77
6.3.2.3. Proceso de contacto húmedo .....	78
6.3.2.4. Proceso de doble contacto bajo presión .....	80
6.4. COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO .....	80
<b>7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>83</b>
7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS .....	83
7.1.1. Tratamiento del aire .....	83
7.1.2. Fundición del azufre .....	84
7.1.3. Oxidación del azufre a dióxido de azufre .....	84
7.1.4. Reacción catalítica .....	85
7.1.5. Primera absorción y retorno al reactor catalítico .....	87
7.1.6. Segunda absorción .....	87
7.1.7. Dilución del ácido sulfúrico .....	87
<b>8. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA .....</b>	<b>90</b>

---

---

8.1. INTRODUCCIÓN .....	90
8.2. DIAGRAMA DE FLUJO.....	90
8.3. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	92
8.3.1. Balance de masa global .....	92
8.3.2. Balance de masa y energía por equipo .....	93
8.3.2.1. Equipo K-201 .....	93
8.3.2.2. Equipo C-301 .....	94
8.3.2.3. Equipo T-203.....	96
8.3.2.4. Equipo D-211 .....	97
8.3.2.5. Equipo T-316.....	98
8.3.2.6. Equipo F-103.....	99
8.3.2.7. Equipo FIL-107 .....	101
8.3.2.8. Equipo R-202 .....	103
8.3.2.9. Equipo E-205.....	105
8.3.2.10. Equipo R-206: Primer lecho catalítico .....	106
8.3.2.11. Equipo E-207.....	108
8.3.2.12. Equipo R-206: Segundo lecho catalítico .....	109
8.3.2.13. Equipo E-208.....	111
8.3.2.14. Equipo R-206: Tercer lecho catalítico.....	112
8.3.2.15. Equipo E-209.....	114
8.3.2.16. Equipo C-303 .....	115
8.3.2.17. Equipo E-210.....	117
8.3.2.18. Equipo R-206: Cuarto lecho catalítico .....	118
8.3.2.19. Equipo C-305 .....	120
8.3.2.20. Equipo D-409 .....	122
8.3.2.21. Equipo M-307 .....	123
8.3.2.22. Equipo D-317 .....	125
8.3.2.23. Equipo E-309.....	126

---

8.3.2.24. Equipo M-311 .....	128
8.3.2.25. Equipo E-313.....	129
8.3.2.26. Equipo D-318 .....	131
8.3.2.27. Equipo E-315.....	132
8.3.2.28. Equipo T-403.....	134
8.3.2.29. Equipo CT-405.....	135
<b>9. DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>140</b>
9.1. INTRODUCCIÓN .....	140
9.2. TANQUES .....	142
9.2.1. Tanque de pulmón.....	143
9.2.2. Tanque de almacenamiento.....	145
9.3. MEZCLADORES .....	145
9.4. BOMBAS .....	149
9.5. TOLVA DE ALMACENAMIENTO.....	161
9.6. HORNO DE FUNDICIÓN .....	162
9.7. FILTRO DE AZUFRE FUNDIDO .....	165
9.8. INTERCAMBIADORES DE CALOR .....	166
9.9. TORRE DE SECADO .....	171
9.10. REACTOR DE COMBUSTIÓN Y CALDERA.....	173
9.11. REACTOR CATALÍTICO .....	176
9.12. TORRE DE ABSORCIÓN .....	180
9.13. EQUIPOS PARA PUESTA EN MARCHA .....	183
9.13.1. Caldera .....	183
9.13.2. Intercambiadores de calor .....	184
9.13.3. Calentador de aire.....	187
9.13.4. Quemador .....	187
<b>10. SERVICIOS AUXILIARES.....</b>	<b>189</b>
10.1. INTRODUCCIÓN .....	189

---

10.2. CONSUMO DE AGUA .....	189
10.2.1. Dimensionamiento del tanque de agua.....	189
10.3. ADOPCIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO .....	190
10.4. MEDIOS DE TRANSPORTE .....	192
10.4.1. Bombas.....	192
10.4.2. Transporte de sólidos .....	193
10.4.3. Compresores.....	194
10.5. ADOPCIÓN DE LA CALDERA.....	196
10.5.1. Tratamiento de agua para caldera.....	197
10.5.2. Dimensiones tuberías de vapor.....	198
<b>11. GESTIÓN DE CALIDAD .....</b>	<b>201</b>
11.1. INTRODUCCIÓN .....	201
11.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD .....	201
11.3. MATERIAS PRIMAS.....	202
11.4. PRODUCTO FINAL.....	203
11.5. PLAN DE CONTROL DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	203
11.6. PLANILLAS DE REGISTROS .....	206
11.6.1. Registros para las materias primas .....	206
11.6.2. Registro el producto final.....	207
11.6.3. Registro para el control del proceso .....	207
11.7. TÉCNICAS DE LABORATORIO .....	207
11.7.1. T-001: Determinación de contenidos totales de C, N, H, S .....	207
11.7.2. T-002: Directrices de ensayo 109 del OECD .....	208
11.7.3. T-003: Espectrometría de absorción atómica .....	209
11.7.4. T-004: Titulación para determinación de pureza en ácido sulfúrico .....	209
<b>12. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS .....</b>	<b>212</b>
12.1. INTRODUCCIÓN .....	212
12.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS.....	212

---

12.3. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DILUCIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO.....	213
12.4. HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS .....	215
<b>13. TRATAMIENTO DE EFLUENTES .....</b>	<b>223</b>
13.1. INTRODUCCIÓN .....	223
13.2. ASPECTOS LEGALES .....	223
13.2.1. Legislación Nacional.....	223
13.2.1.1. Constitución Nacional: Artículos: 41, 43 y 124 .....	223
13.2.1.2. Ley 25.675: Ley General del Ambiente .....	224
13.2.1.3. Ley 25.612: Gestión Integral de Residuos Industriales y Ley 24.051: Residuos peligroso.....	225
13.2.1.4. Ley 25.688. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas .....	226
13.2.1.5. Ley 5.956: Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera.....	226
13.2.2. Legislación Provincial.....	226
13.2.2.1. Ley 1.356: Preservación recurso aire y prevención y control de la contaminación atmosférica .....	226
13.2.2.2. Decreto 3.395/96 .....	226
13.2.2.3. Decreto 1.074/18 .....	227
13.2.2.4. Ley 11.720: Ley de Generación, Manipulación, Almacenamiento, Transporte, Tratamiento y Disposición final de Residuos Especiales.....	227
13.3. EMISIONES DE GASES.....	227
13.4. RESIDUOS SÓLIDOS .....	228
13.4.1. Lodos de azufre .....	228
13.4.2. Residuos de catalizador .....	228
13.5. DISEÑO .....	228
13.5.1. Emisiones de gases.....	228
13.5.2. Residuos sólidos.....	229
<b>14. OBRAS CIVILES.....</b>	<b>231</b>
14.1. INTRODUCCIÓN .....	231

---

---

14.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA.....	231
14.3. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA.....	234
14.3.1. Portería .....	234
14.3.2. Estacionamiento .....	235
14.3.3. Comedor .....	235
14.3.4. Baños y vestuarios.....	235
14.3.5. Puesto de control .....	236
14.3.6. Administración .....	236
14.3.7. Almacenamiento de azufre.....	236
14.3.8. Sector de producción.....	237
14.3.9. Taller de mantenimiento y depósito .....	237
14.3.10. Sala de compresores .....	238
14.3.11. Laboratorio .....	238
14.3.12. Almacenamiento de producto terminado .....	238
<b>15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....</b>	<b>240</b>
15.1. INTRODUCCIÓN .....	240
15.2. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	240
15.2.1. Transformador.....	240
15.2.2. Tableros.....	241
15.2.3. Generador de emergencia.....	242
15.2.4. Conductores eléctricos .....	242
15.2.5. Iluminación.....	242
15.2.6. Tomacorrientes.....	243
15.2.7. Puesta a tierra .....	244
15.3. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	244
15.3.1. Cálculo de la iluminación.....	245
15.3.2. Iluminación interior.....	247
15.3.3. Iluminación exterior .....	250

---

15.3.4. Consumo por iluminación .....	251
15.3.5. Fuerza motriz.....	252
<b>16. HIGIENE Y SEGURIDAD .....</b>	<b>254</b>
16.1. INTRODUCCIÓN .....	254
16.2. MARCO LEGAL .....	254
16.3. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL ESTABLECIMIENTO.....	254
16.3.1. Sanidad industrial .....	254
16.3.2. Seguridad en el proceso.....	256
16.3.3. Plan de emergencia y evacuación.....	261
16.3.4. Medicina del trabajo.....	262
16.3.5. Máquinas y herramientas.....	263
16.3.6. Instalaciones eléctricas .....	263
16.3.7. Ventilación .....	264
16.3.8. Seguridad contra incendios .....	264
16.3.9. Protección personal .....	265
16.3.10. Manipulación de sustancias químicas .....	266
<b>17. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>279</b>
17.1. INTRODUCCIÓN .....	279
17.2. NATURALEZA JURÍDICA.....	279
17.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....	280
17.4. PUESTOS DE TRABAJO .....	282
17.4.1. Gerencia general.....	282
17.4.2. Área de producción .....	283
17.4.3. Mantenimiento .....	284
17.4.4. Administración.....	285
17.4.5. Ventas y logística .....	286
17.4.6. Calidad .....	287
17.4.7. Responsable de higiene y seguridad.....	288

---

17.5. PLAN DE TRABAJO .....	289
<b>18. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO .....</b>	<b>291</b>
18.1. INTRODUCCIÓN .....	291
18.2. INVERSIÓN .....	291
18.2.1. Activos fijos .....	292
18.2.1.1. Terreno y obras civiles .....	293
18.2.1.2. Equipos industriales, auxiliares y accesorios .....	294
18.2.1.3. Muebles y útiles .....	296
18.2.1.4. Rodados .....	297
18.2.1.5. Resumen de activos fijos .....	297
18.2.2. Activos nominales .....	298
18.2.3. Capital de trabajo .....	300
18.2.4. Inversión total del proyecto .....	301
18.3. COSTO DE PRODUCCIÓN .....	302
18.3.1. Costos variables o directos .....	303
18.3.1.1. Materias primas e insumos .....	303
18.3.1.2. Servicios auxiliares .....	304
18.3.1.3. Mano de obra directa .....	304
18.3.1.4. Resumen de costos variables o directos .....	305
18.3.2. Costos fijos o indirectos .....	306
18.3.2.1. Mano de obra indirecta .....	306
18.3.2.2. Seguros e impuestos .....	307
18.3.2.3. Mantenimiento .....	307
18.3.2.4. Gastos de administración y comercialización .....	307
18.3.2.5. Financiación de proyecto .....	308
18.3.2.6. Depreciaciones y amortizaciones .....	309
18.3.2.7. Resumen de costos fijos o indirectos .....	310
18.3.3. Costo de producción unitario para el ácido sulfúrico .....	311

---

18.4. INGRESO TOTAL POR VENTAS .....	311
18.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	313
18.5.1. Estado de resultados .....	313
18.5.2. Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).....	316
18.5.3. Valor Actual Neto (VAN).....	316
18.5.4. Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	316
18.5.5. Periodo de Recupero de la Inversión (PRI).....	317
18.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	317
18.7. CONCLUSIÓN .....	319
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	321
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	323
<b>ANEXO PLANOS</b> .....	336

# **CAPÍTULO 1**

# **FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS**

## 1. FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

### 1.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

En el presente proyecto se describe y evalúa la posibilidad de llevar a cabo la producción de ácido sulfúrico a nivel industrial en una planta ubicada en Parque Industrial Comirsa, en las mediaciones de San Nicolás de los Arroyos y Ramallo (Buenos Aires).

La producción de ácido sulfúrico ha venido aceptándose a través del mundo como un barómetro confiable de la actividad industrial. Su amplio uso lo ha hecho indispensable en las industrias químicas y de procesos. El ácido sulfúrico es un ácido fuerte, que cuando se encuentra en solución acuosa, se disocia en un par de iones hidrógeno y un ion sulfato, siendo por esto un ácido dibásico.

El ácido sulfúrico es un producto multipropósito, y encuentra su aplicación como agente deshidratante, catalizador, reactivo activo en procesos químicos, solvente, absorbente, entre otros. En los procesos industriales puede emplearse desde concentraciones muy diluidas para control de pH en soluciones salinas hasta ácidos fumantes concentrados utilizados en las industrias de colorantes, explosivos y farmacéutica, en grados de especificaciones menos exigentes para uso en industrias del acero, productos químicos pesados y superfosfatos. (Sevas Educational Society, 2007)

### 1.2. OBJETIVOS GENERALES

El presente proyecto presenta dos objetivos generales:

- Determinar la factibilidad técnica y económica-financiera de producir el ácido sulfúrico en Argentina.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de ingeniería química para el desarrollo del proyecto, así como definir adecuadamente los procesos productivos involucrados.

### 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar una descripción detallada del producto a elaborar, resaltando las características fisicoquímicas del mismo, su aplicación en las industrias de interés y usos generales.
- Definir a través de un estudio de mercado, aspectos geográficos y económicos relacionados a los proveedores de materias primas e insumos tanto nacionales como internacionales, el consumo final del producto y los mercados que lo integran, con el fin de tomar decisiones referidas a la localización de la planta y la capacidad de producción.
- Seleccionar el proceso más conveniente de elaboración del ácido sulfúrico.

- 
- Diseñar equipos e instalaciones industriales para el proceso de producción seleccionado mediante la ayuda de un software de simulación, con sus respectivos balances de masa y energía.
  - Garantizar seguridad en el proceso y calidad del producto desarrollando un programa de automatización para la planta como así también un sistema de calidad y la implementación de medidas de seguridad adecuadas.
  - Detallar la planimetría correspondientes ubicaciones de los equipos y especificar, de esta forma, las diferentes áreas del proceso junto con la distribución de las instalaciones de la planta.
  - Analizar la factibilidad técnica económica financiera del proyecto estableciendo la inversión inicial necesaria y los indicadores económicos del proyecto: TIR, PRI y VAN.

# **CAPÍTULO 2**

## **DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS**

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

### 2.1. AZUFRE

#### 2.1.1. Generalidades

El azufre elemental es la principal materia prima para el proceso de obtención de ácido sulfúrico, este es un elemento químico ampliamente distribuido en la naturaleza, que constituye el 14° elemento en abundancia en la corteza terrestre. Es un recurso minero de fundamental relevancia industrial y un constituyente esencial para todos los organismos y necesario para muchos aminoácidos y por consiguiente también para las proteínas.

El azufre se encuentra en la naturaleza en estado nativo sólido, asociado con el hidrógeno en forma de gas sulfhídrico, o con el oxígeno en el gas sulfuroso, combinado con diferentes metales como el hierro, cobre, plomo, antimonio, mercurio y plata, formando muy variados minerales, en los que también en algunos puede estar el arsénico, y con otros metales y oxígeno en forma de sulfatos con calcio, sodio, potasio, magnesio, estroncio y bario (Katz, Azufre, 2011).

#### 2.1.2. Propiedades

El azufre es insoluble en agua y soluble en sulfuro de carbono. Se trata de una sustancia combustible que puede incendiarse por calor, fricción, chispas o llamas. Quema con llama azul pálido produciendo dióxido de azufre. Su temperatura de inflamación varía entre 168 y 180 °C, dependiendo del tamaño de las partículas. Si, al menos, el 10% de las partículas dispersas en el aire tienen un diámetro menor a los 500  $\mu$ , forma una mezcla explosiva a la cual contribuyen las partículas de tamaño mayor (Katz, Azufre, 2011).

La Tabla 2.1 resume las principales propiedades del azufre.

Tabla 2.1. Propiedades del azufre.

Número atómico	16
Masa molecular	32,064 g/mol
Forma estable a temperatura ambiente	Sólido rómbico
Color	Amarillo
Densidad	2,07 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor	0,001 torr
Punto de fusión	112,8°C 119,0°C (forma monoclinica)
Punto de ebullición	444,6°C
Punto crítico	1314 K (1041°C) (20,7 MPa)

Calor específico	$0,175 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$
Calor latente de fusión	$9,3 \frac{cal}{g}$ (forma rómbica a 112,8 °C)

Elaboración propia. Fuente: Ministerio de Educación.

### 2.1.3. Aplicaciones

El azufre se usa en multitud de procesos industriales, se estima que el 90% del azufre elemental se destina a la fabricación de SO<sub>2</sub> que a su vez se destina mayoritariamente a la síntesis de ácido sulfúrico, materia prima en la elaboración de fertilizantes (SO<sub>2</sub> → SO<sub>3</sub> → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → fertilizantes). El resto (10%) del azufre elemental se destina a la síntesis de CS<sub>2</sub>, a la vulcanización del caucho, a la obtención de fungicidas, insecticidas, fertilizantes, pólvora y productos farmacéuticos.

En diversas industrias se lo utiliza formando el tiosulfato de sodio o amonio el cual se emplea en la industria fotográfica como fijador ya que disuelve el bromuro de plata; y el sulfato de magnesio (sal Epsom) tiene usos diversos como laxante, exfoliante, o suplemento nutritivo para plantas. Los sulfitos se usan para blanquear el papel y en cerillas.

## 2.2. CATALIZADOR

### 2.2.1. Generalidades

El primer catalizador empleado para la conversión del SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> fue el platino dispuesto sobre un soporte de amianto, gel de sílice o sulfato de magnesio. A mediados de la década de 1940, el platino, metal de muy alto precio, comenzó a ser sustituido por óxido de vanadio V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Hoy en día, si bien estos catalizadores se siguen llamando “de pentóxido de vanadio”, en ellos el vanadio no se encuentra como óxido sino como una mezcla de sulfatos complejos de vanadio y otros metales. Los catalizadores de vanadio están soportados sobre tierra de diatomeas, cristobalita (sílice cristalina) y/o cuarzo, y están promovidos con sulfatos de metales alcalinos como el potasio y el cesio. El sulfato de cesio disminuye la temperatura de fusión de la masa catalizadora permitiendo que la torre de conversión opere a temperaturas más bajas (Katz, Azufre, 2011).

Se expenden como gránulos cilíndricos, anillos de distintos diámetros, anillos estrellados o como pellets de distintas dimensiones. La utilidad promedio de un catalizador de vanadio promovido es del orden de los 10 años.

Tanto la tierra de diatomeas como la cristobalita empleadas en los catalizadores de vanadio son cancerígenos, por lo que se han establecido estrictas normas de seguridad para su manipuleo.

El óxido de vanadio (V) es un compuesto químico de fórmula de  $V_2O_5$ . Comúnmente conocido como pentóxido de vanadio, este polvo cristalino de color marrón/amarillo es el compuesto más estable de vanadio. Debido a su alto estado de oxidación, es tanto un óxido anfótero y un agente oxidante. Al calentar se pierde reversiblemente el oxígeno. Gracias a esta capacidad, el  $V_2O_5$  cataliza varias reacciones útiles de oxidación aeróbica, la mayor escala de las cuales se basa la producción de ácido sulfúrico a partir de dióxido de azufre (OMS, 1995).

### 2.2.2. Propiedades

En la siguiente tabla se detallan las principales características del catalizador de pentóxido de vanadio.

Tabla 2.2. Propiedades del catalizador de pentóxido de vanadio.

Fórmula	$V_2O_5$
Masa molecular	181,9 g/mol
Punto de ebullición	1750°C
Punto de fusión	690°C
Densidad relativa	3,4 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	0,8 g/100ml

Elaboración propia. Fuente: INSST.

### 2.2.3. Aplicaciones

El pentóxido de vanadio y los vanadatos se usan como catalizadores en la producción del ácido sulfúrico, en la oxidación de compuestos orgánicos, en el cracking del petróleo, y en convertidores catalíticos para los gases de escape de motores de combustión interna. Los compuestos de la sustancia se emplean en vidrio, en barnices y esmaltes para porcelana y cerámica, en lacas y pinturas, como mordientes en la tinción de telas, así como en sustancias químicas fotográficas, sustancias químicas luminiscentes, termistores, y tubos de rayos catódicos. Se utilizan también como aditivos para hule sintético y las escorias de vanadio se usan en la fundición para mejorar la calidad de las superficies de vaciado y facilitar la limpieza. Debido a su alto estado de oxidación es tanto un óxido anfótero y un agente oxidante. Además, el pentóxido de vanadio tiene aplicación en la producción de imanes superconductores (OMS, 1995).

### 2.3. ÁCIDO SULFÚRICO

#### 2.3.1. Generalidades

En su forma pura, el ácido sulfúrico es un líquido aceitoso, sin color y sin olor. Es muy corrosivo y en su forma comercial está usualmente impuro con coloración pardusca.

El ácido sulfúrico puede formar soluciones con el agua en cualquier proporción. Las soluciones acuosas de ácido sulfúrico se nombran de acuerdo con el porcentaje en peso de ácido en la solución; el ácido sulfúrico concentrado es entonces H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100%, que se conoce como anhidro o como monohidrato de trióxido de azufre. (Elvers & Hawkins, 1989)

El ácido sulfúrico puede disolver cualquier cantidad de trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>). Al introducir trióxido de azufre sobre ácido sulfúrico concentrado se genera óleum, lo cual se puede observar en la Figura 2.1. Por lo general el óleum se comercializa en soluciones de 10 a 70% de contenido de trióxido de azufre y que se conocen también como ácido sulfúrico fumante (Environmental Protection Agency (EPA), 1985).

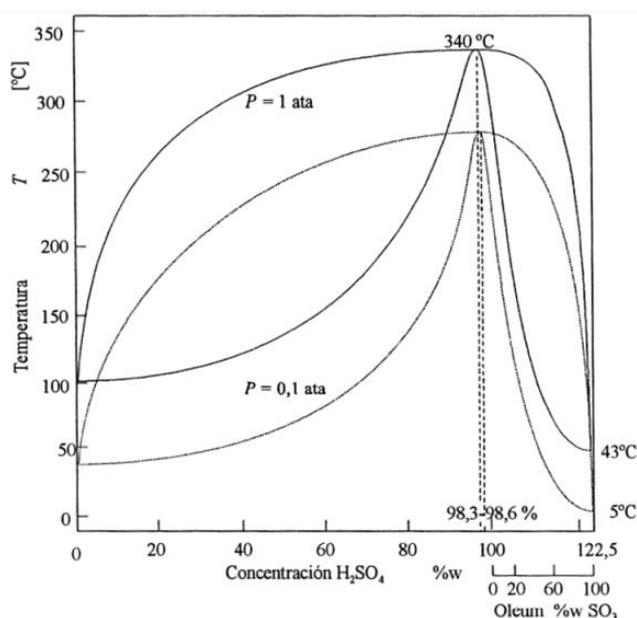


Figura 2.1. Diagrama de equilibrio del ácido sulfúrico a presión constante.

Fuente: Cátedra Integración IV.

#### 2.3.2. Propiedades

En la siguiente tabla se detallan las principales características del ácido sulfúrico.

Tabla 2.3. Propiedades del ácido sulfúrico.

Peso molecular	98,08 g/mol
Punto de fusión	10,5°C

Punto de ebullición	340°C (descomposición)
Calor específico	1,4435 kJ/kg
Gravedad específica	1,8357
Calor de dilución	9,304 kJ/kg agua

Elaboración propia. Fuente: IDEAM.

### 2.3.3. Aplicaciones

El ácido sulfúrico es ampliamente utilizado en la industria debido a sus propiedades químicas y propiedades físicas. Otros ácidos tienen propiedades similares pero el costo relativamente bajo del ácido sulfúrico lo convierte en la opción más económica para una amplia variedad de aplicaciones. Las principales industrias en las cuales se utiliza el ácido sulfúrico son:

- Manufactura de fertilizantes y ácido fosfórico.
- Refinación del petróleo como catalizador para la producción de gasolina de alto octanaje, producción de combustibles, kerosén, aceites blancos, aditivos para aceites y en la preparación de catalizadores para crackeo.
- Manufactura de pigmentos y colorantes.
- Manufactura de explosivos industriales y militares.
- Producción de alcoholes, fenoles y sulfatos inorgánicos.
- Procesamiento de minerales ferrosos; usado en la limpieza de metales y en el plateado; usado en la fabricación de cable galvanizado.
- En la producción de detergentes.
- En la industria del plástico para la manufactura de rayón, celofán, celulosa, acetato caprolactama y otros; usado en baterías de plomo como electrolito.
- En procesamiento de alimentos en la manufactura de azúcares para cerveza; manufactura de celulosa, refinación de aceites minerales y vegetales.
- Preparación de insecticidas; usado en la producción de caucho natural y sintético.
- Secado de gases ácidos y corrosivos; usado en el tratamiento de aguas industriales para control de pH.
- Producción de textiles; usado en la industria del cuero.
- Como reactivo de laboratorio, como solvente o para análisis químico; usado en la síntesis química de ácidos, de intermediarios para medicinas, de ésteres y de ácidos grasos.

Así, los usos del ácido sulfúrico son tan variados que el volumen de su producción proporciona un índice aproximado de la actividad industrial general (Sevas Educational Society, 2007).

# **CAPÍTULO 3**

# **ESTUDIO DE MERCADO**

### 3. ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analiza el mercado nacional e internacional del ácido sulfúrico, su principal materia prima, azufre y el catalizador pentóxido de Vanadio ( $V_2O_5$ ). Se estudian a través del tiempo factores como la demanda, el consumo y la producción, para poder determinar el comportamiento futuro del mercado.

Además, se incorporará un análisis de FODA para evaluar fortalezas, oportunidades, debilidades y alternativas de dicho proyecto.

#### 3.2. ANÁLISIS MUNDIAL DEL PRODUCTO

Para comprender la dinámica global del mercado del producto, se ha extraído la Figura 3.1 del Observatorio de Complejidad Económica (OEC), el cual muestra el comercio neto internacional de ácido sulfúrico. Cada país está coloreado según la diferencia entre sus exportaciones e importaciones durante el 2021, dando un panorama general de aquellos países donde la producción nacional no alcanza a cubrir su demanda interna, por lo que deben importar para cubrirla (países coloreados en azul) y aquellos donde la producción nacional es mayor que la demanda interna, pero dicho exceso se destina a exportación (países coloreados en amarillo).

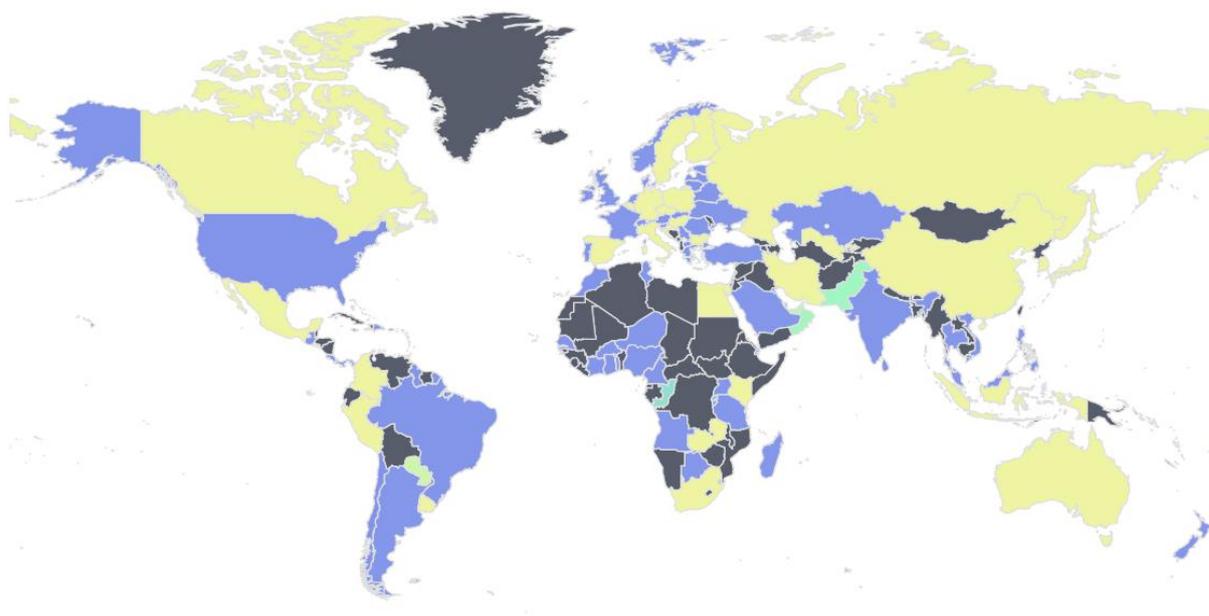


Figura 3.1. Comercio neto internacional de ácido sulfúrico.

Fuente: OEC.

Realizando un análisis más detallado, se recopiló información de la página International Trade Centre (ITC), la cual muestra valores de las cantidades comercializadas de todos los países importadores y exportadores de ácido sulfúrico en el mundo desde el año 2018 a 2022.

### 3.2.1. Importadores

En la Figura 3.2 se presentan los principales importadores de ácido sulfúrico de los últimos 5 años.

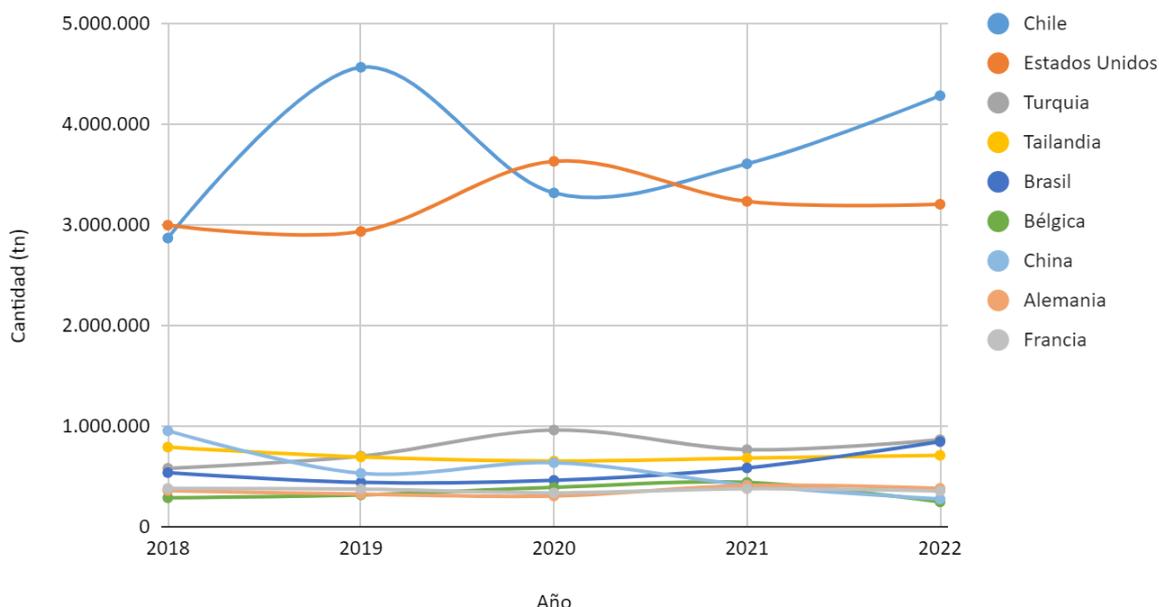


Figura 3.2. Países importadores de ácido sulfúrico vs año.

Elaboración propia. Fuente: ITC.

A continuación, en la Tabla 3.1, se presentan los principales países importadores de cada año, junto con las respectivas cantidades en toneladas.

Tabla 3.1. Principales países importadores de ácido sulfúrico.

2018		2019		2020		2021		2022	
Países	Cantidad [t]	Países	Cantidad [t]	Países	Cantidad [t]	Países	Cantidad [t]	Países	Cantidad [t]
EE. UU.	2.997.241	Chile	4.566.682	EE. UU.	3.631.871	Chile	3.607.285	Chile	4.284.150
Chile	2.868.708	EE. UU.	2.934.953	Chile	3.317.949	EE. UU.	3.233.699	EE. UU.	3.205.255
Marruecos	1.683.805	India	1.663.410	Marruecos	2.023.514	Marruecos	2.109.202	Turquía	865.210
India	1.412.016	Marruecos	1.595.263	Turquía	961.008	India	1.874.113	Brasil	845.627
República Democrática del Congo	996.416	República Democrática del Congo	935.813	Filipinas	783.290	Filipinas	1.521.812	Tailandia	709.781

Elaboración propia. Fuente: ITC.

Se observa que los líderes del mercado de importación de ácido sulfúrico son Chile y EEUU, lejos del tercer puesto. Esto es un dato importante a tener en cuenta debido a la proximidad del primero mencionado con Argentina, siendo un posible punto de venta de nuestro producto.

Ahondando sobre el mercado chileno, en 2021, Chile importó \$284M en Ácido sulfúrico, principalmente de China (\$110M), Perú (\$70,2M), Corea del Sur (\$41,6M), Japón (\$26M), y México (\$25,8M). Esto lo hace un potencial destino a exportación, ya que se podría competir en precio con Corea del Sur, Japón o México, y lograr la venta del ácido allí.

### 3.2.2. Exportadores

En la Figura 3.3 se presentan los principales países exportadores de ácido sulfúrico de los últimos 5 años.

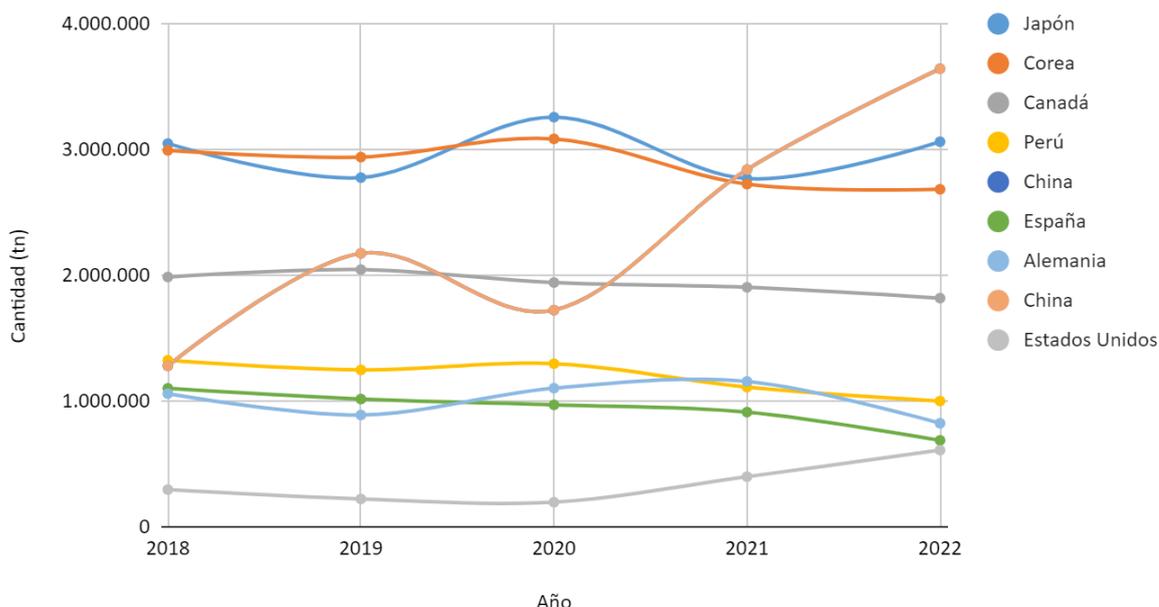


Figura 3.3. Países exportadores de ácido sulfúrico vs año.

Elaboración propia. Fuente: ITC.

Con respecto a los principales países exportadores, se cuenta con la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Principales países exportadores de ácido sulfúrico.

2018		2019		2020		2021		2022	
Países	Cantidad [t]								
Japón	3.047.687	Corea	2.940.116	Japón	3.257.688	China	2.840.301	China	3.642.878
Corea	2.993.588	Japón	2.776.912	Corea	3.085.140	Japón	2.769.327	Japón	3.062.352
Qatar	2.113.955	China	2.174.782	Qatar	2.257.284	Corea	2.725.159	Corea	2.684.135

Canadá	1.986.486	Canadá	2.045.590	Canadá	1.942.581	Canadá	1.904.838	Canadá	1.818.638
Perú	1.324.423	Perú	1.247.668	China	1.722.949	Alemania	1.155.979	Bulgaria	1.138.678

Elaboración propia. Fuente: ITC.

En la Figura 3.4 se observa que los principales destinos que tiene la comercialización de ácido sulfúrico son, en mayor porcentaje, fertilizantes e industria farmacéutica. Luego, en menor porcentaje sigue su uso en industria automotriz, refinерías de petróleo y otros usos como pueden ser la industria del papel y procesos de metales.

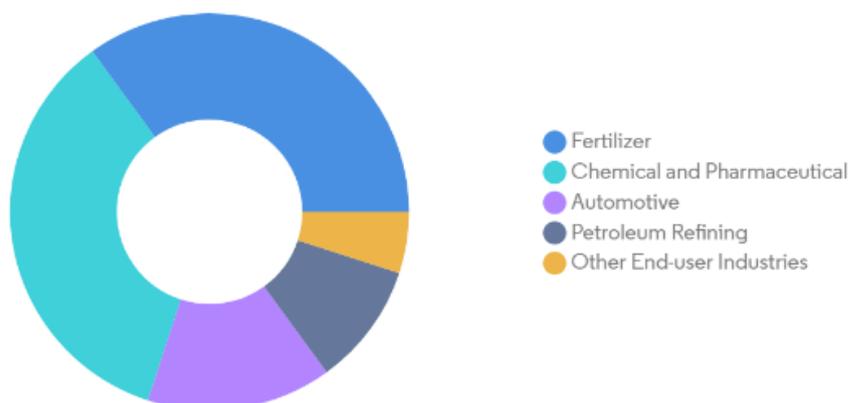


Figura 3.4. Aplicaciones industriales del ácido sulfúrico.

Fuente: Mordor Intelligence.

### 3.3. ANÁLISIS NACIONAL DEL PRODUCTO

Se realiza un análisis a partir de datos extraídos del Sistema de Consulta de Comercio Exterior de Bienes del INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina). En dicha página se utilizó la Nomenclatura Común del Mercosur (NCM) 29151100 para extraer datos de importación y exportación del ácido sulfúrico. Este análisis nos permite determinar el comportamiento del producto en el período 2012-2022 y proyectar el mismo para los próximos años.

#### 3.3.1. Importaciones

En la Tabla 3.3 se muestran los datos extraídos del INDEC en relación con los kilogramos importados en Argentina en el período 2012-2022.

Tabla 3.3. Cantidad anual importada.

Año	Cantidad (kg)
2012	65.131.893,00
2013	29.332.614,00

2014	64.481.506,00
2015	87.410.641,00
2016	134.916.514,00
2017	157.161.236,62
2018	116.447.153,00
2019	109.739.883,92
2020	126.408.446,40
2021	161.386.603,23
2022	167.770.750,90

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

En la siguiente figura se representa las cantidades importadas en función de sus respectivos años:

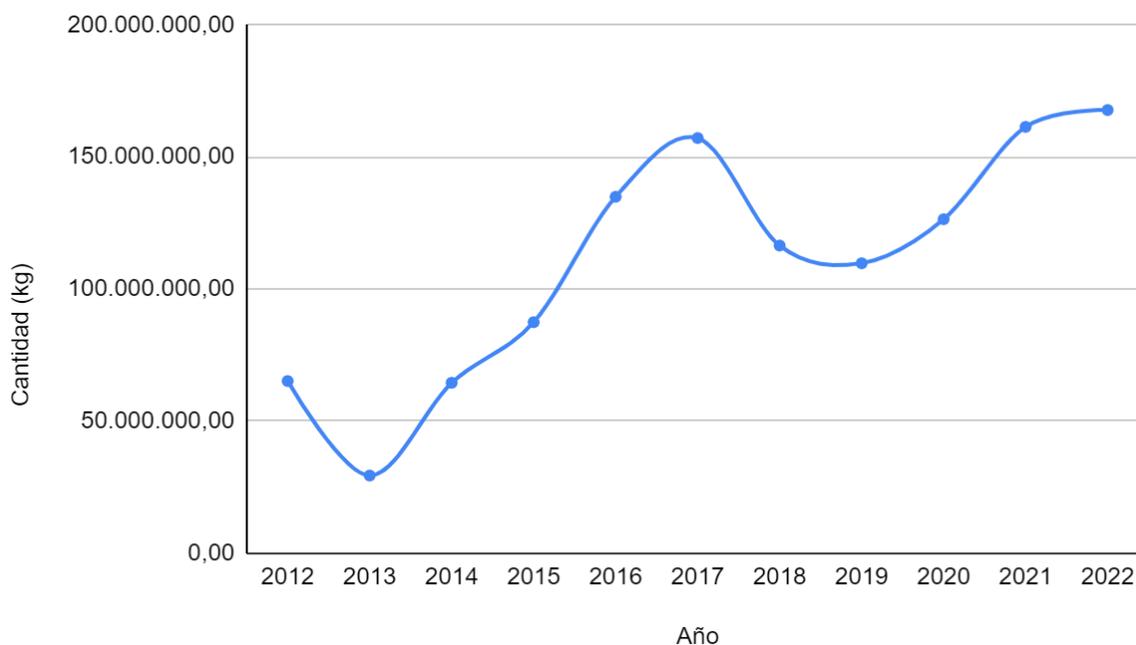


Figura 3.5. Importaciones (kg) vs año.

Elaboración propia.

En la Figura 3.5 se observa un descenso en la cantidad de importaciones del año 2013 del 54,96 % respecto al año anterior. Hasta el año 2017 se puede notar una tendencia positiva en la curva, siendo un incremento del 435,79 % en función del año 2013. En el año 2018 comienza a descender hasta llegar a un pico en 2019, el cual vuelve a aumentar hasta el año 2022 en un 52,88 % en relación al 2019.

Analizando los datos del período en forma general, se observa claramente una tendencia alcista, donde hubo un incremento del 157,59 % desde el año 2012.

En la Figura 3.6 se observa que el país que lideraba las importaciones de Argentina en el año 2022 fue China seguido por Alemania y en menor medida Suecia, Turquía y Bélgica.

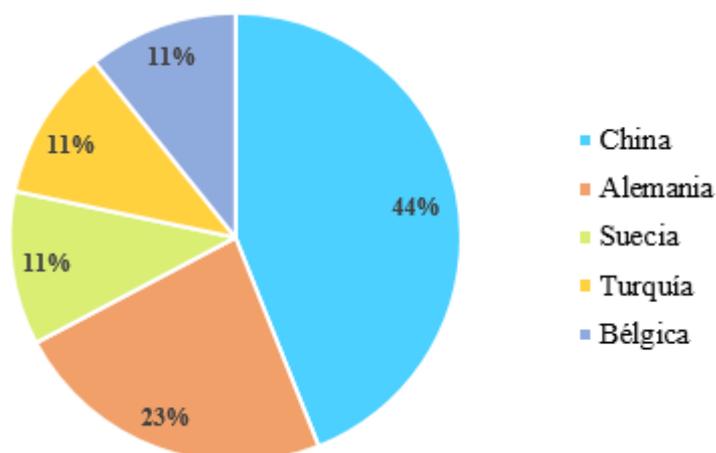


Figura 3.6. Importaciones Argentina.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Exportaciones

En la Tabla 3.4 se muestran los datos extraídos del INDEC en relación con los kilogramos exportados en Argentina en el período 2012-2022.

Tabla 3.4. Cantidad anual exportada.

Año	Cantidad (kg)
2012	280.132,00
2013	85.823,00
2014	3.036,00
2015	2.105,04
2016	30.985,77
2017	54.346,72
2018	79.119,52
2019	76.164,80
2020	95.321,60
2021	754.924,60
2022	395.445,40

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

En la siguiente figura se representa las cantidades exportadas en función de sus respectivos años:

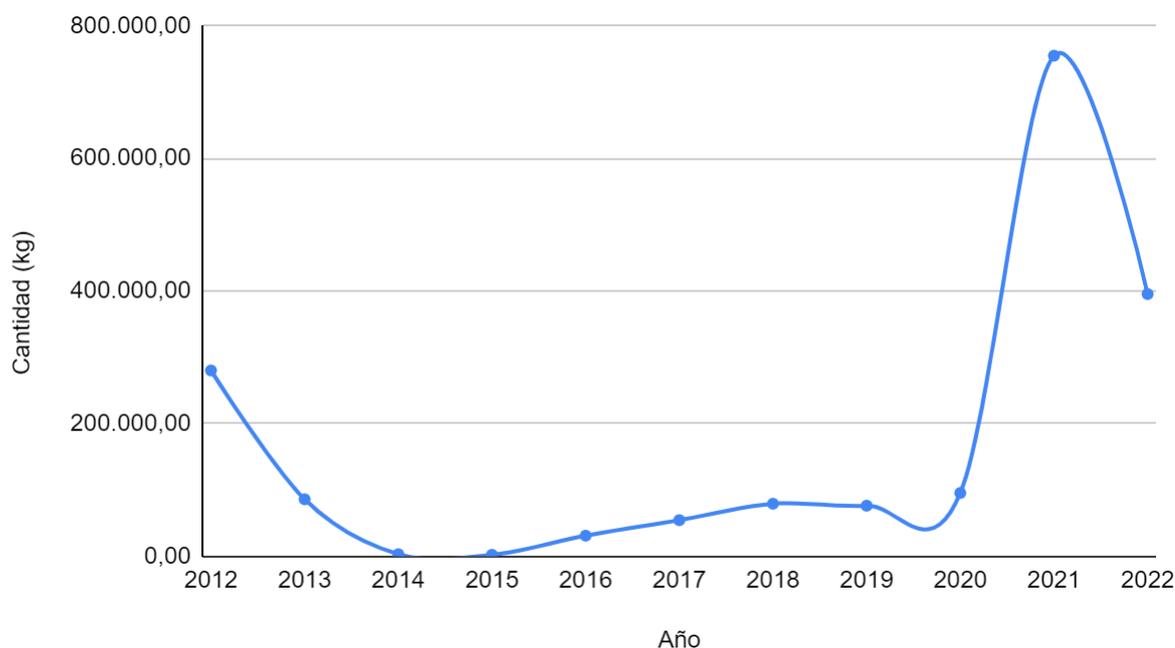


Figura 3.7. Exportaciones (kg) vs año.

Elaboración propia.

En la Figura 3.7 se observa que las exportaciones se mantuvieron relativamente constantes desde el año 2013 hasta el 2020 en valores cercanos a las 70 toneladas, exceptuando los años 2014 y 2015 donde las exportaciones fueron prácticamente nulas.

El aumento de las exportaciones en 2021 se considera que fue circunstancial, ya que en 2022 la curva intenta corregir hacia los 70.000 kg de los años anteriores.

En la Figura 3.8 se observa que el país que lideraba las exportaciones de Argentina en el año 2022 fue Brasil seguido por Chile y en menor medida Paraguay.

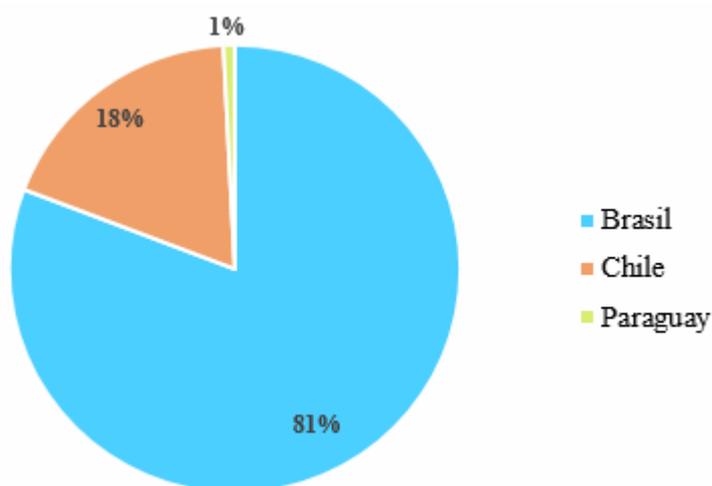


Figura 3.8. Exportaciones Argentina.

Elaboración propia.

### 3.3.3. Producción

En la Tabla 3.5 se muestran los datos extraídos del anuario del Instituto Petroquímico Argentino (IPA) en relación con los kilogramos producidos en Argentina en el período 2011-2021.

Tabla 3.5. Cantidad anual producida.

Año	Cantidad (kg)
2011	307.792.000,00
2012	294.470.000,00
2013	301.340.000,00
2014	281.061.000,00
2015	250.843.000,00
2016	194.561.000,00
2017	180.479.000,00
2018	164.446.000,00
2019	183.437.000,00
2020	168.220.000,00
2021	166.918.000,00

Elaboración propia. Fuente: IPA.

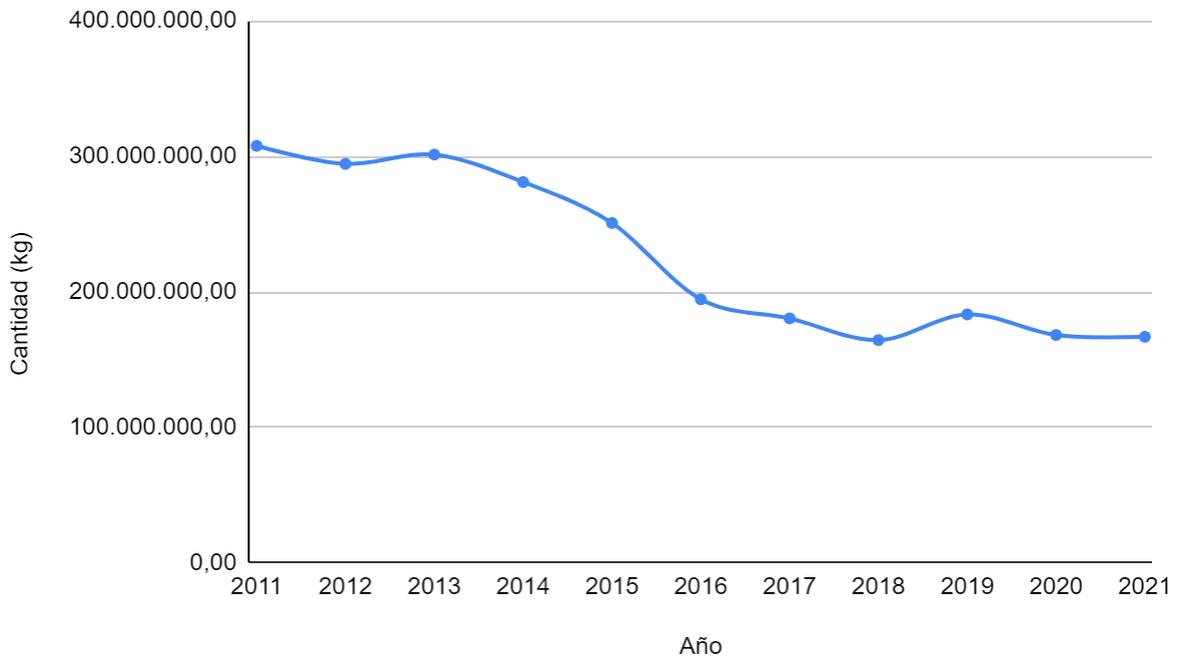


Figura 3.9. Producción (kg) vs año.

Elaboración propia.

En la Tabla 3.6 se detallan los principales productores de ácido sulfúrico que se encuentran ubicados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Salta, siendo Nouryon Chemicals Argentina S.A.U. la de mayor capacidad instalada.

Tabla 3.6. Principales productores en Argentina.

Productor	Localización	Capacidad instalada (t/año) al 31/12/20
Meranol S.A.	Dock Sud (Buenos Aires)	100.000
Fábrica Militar Río Tercero	Río Tercero (Córdoba)	39.600
Nouryon Chemicals Argentina S.A.U.	San Lorenzo (Santa Fe)	145.000
Ar Zinc S.A. <sup>(1)</sup>	Fray Luis Beltrán (Santa Fe)	78.000
Minera Santa Rita S.R.L.	Campo Quijano (Salta)	36.000

Observaciones: (1) Ar Zinc S.A cerró la empresa en febrero de 2016. La planta no funciona desde noviembre de 2015.

### 3.3.4. Demanda insatisfecha

Para determinar el comportamiento de la demanda del ácido sulfúrico, se analiza el Consumo Nacional Aparente (CNA) el cual se calcula mediante la Ecuación 3.1.

$$CNA = Producción Nacional + Importaciones - Exportaciones$$

Ecuación 3.1.

En la Tabla 3.7 se detalla el CNA en el período 2011-2021.

Tabla 3.7. Consumo Nacional Aparente.

Año	Cantidad (kg)
2011	354.807.058,88
2012	359.321.761,00
2013	330.586.791,00
2014	345.539.470,00
2015	338.251.535,96
2016	329.446.528,23
2017	337.585.889,90
2018	280.814.033,48
2019	293.100.719,12
2020	294.533.124,80
2021	327.549.678,63

Elaboración propia. Fuente: IPA.

Luego de analizar los datos del mercado del ácido sulfúrico, se observa que las importaciones del mismo en Argentina son notablemente superiores respecto a las exportaciones. Por ello se toma la decisión de utilizar la demanda insatisfecha como indicador del proyecto, la cual se calcula mediante la Ecuación 3.2.

$$\text{Demanda Insatisfecha} = \text{Consumo Aparente} - \text{Producción Nacional}$$

Ecuación 3.2.

En la Tabla 3.8 se observan los valores obtenidos de la demanda insatisfecha en el período 2011-2021.

Tabla 3.8. Demanda insatisfecha.

Año	Cantidad (kg)
2011	47.015.058,88
2012	64.851.761,00
2013	29.246.791,00
2014	64.478.470,00
2015	87.408.535,96
2016	134.885.528,23
2017	157.106.889,90
2018	116.368.033,48
2019	109.663.719,12
2020	126.313.124,80
2021	160.631.678,63

Elaboración propia.

Con los datos de la Tabla 3.8 se construye la Figura 3.10 de la demanda insatisfecha y se obtiene la recta de regresión para calcular la proyección para los próximos 10 años, valores que se requerirán para estimar la capacidad de producción futura.

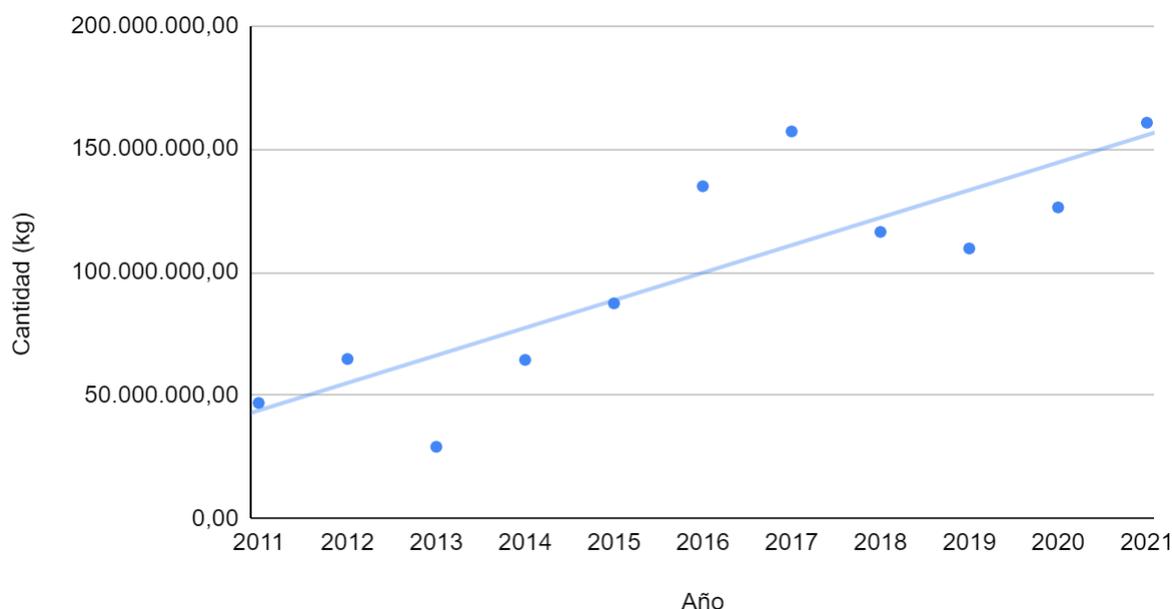


Figura 3.10. Demanda insatisfecha (kg) vs año.

Elaboración propia.

La recta de regresión lineal que representa a los valores de la demanda insatisfecha es la siguiente:

$$y = 1,12 \cdot 10^7 \cdot x - 2,24 \cdot 10^{10}$$

Ecuación 3.3.

El coeficiente de determinación  $R^2$  es un parámetro que varía entre cero y uno que se utiliza para determinar cuán eficiente es el ajuste de la recta con respecto a los datos, siendo óptimo que se encuentre en valores cercanos a uno. En este caso, el valor de  $R^2$  es igual a 0,697. Debido a que el valor obtenido se encuentra alejado de la unidad, se realizó una nueva regresión, detectando desviaciones en las tendencias proyectadas y sustituyendo los valores desviados del año 2013 y 2017 por el promedio de inmediato anterior y posterior. Se seleccionaron estos años por presentar desviaciones considerables, debido a que en 2013 se implementó un sistema de fuertes restricciones a la importación, y en el 2016-2017 disminuyó la producción nacional por causa del cierre de la fábrica Ar Zinc S.A. situada en la provincia de Santa Fe.

En la siguiente tabla se detallan los datos corregidos de la demanda insatisfecha, los cuales se representan gráficamente en la Figura 3.11.

Tabla 3.9. Demanda insatisfecha corregida.

Año	Cantidad (kg)
2011	47.015.058,88
2012	64.851.761,00
2013	64.665.115,50

2014	64.478.470,00
2015	87.408.535,96
2016	134.885.528,23
2017	125.626.780,86
2018	116.368.033,48
2019	109.663.719,12
2020	126.313.124,80
2021	160.631.678,63

Elaboración propia.

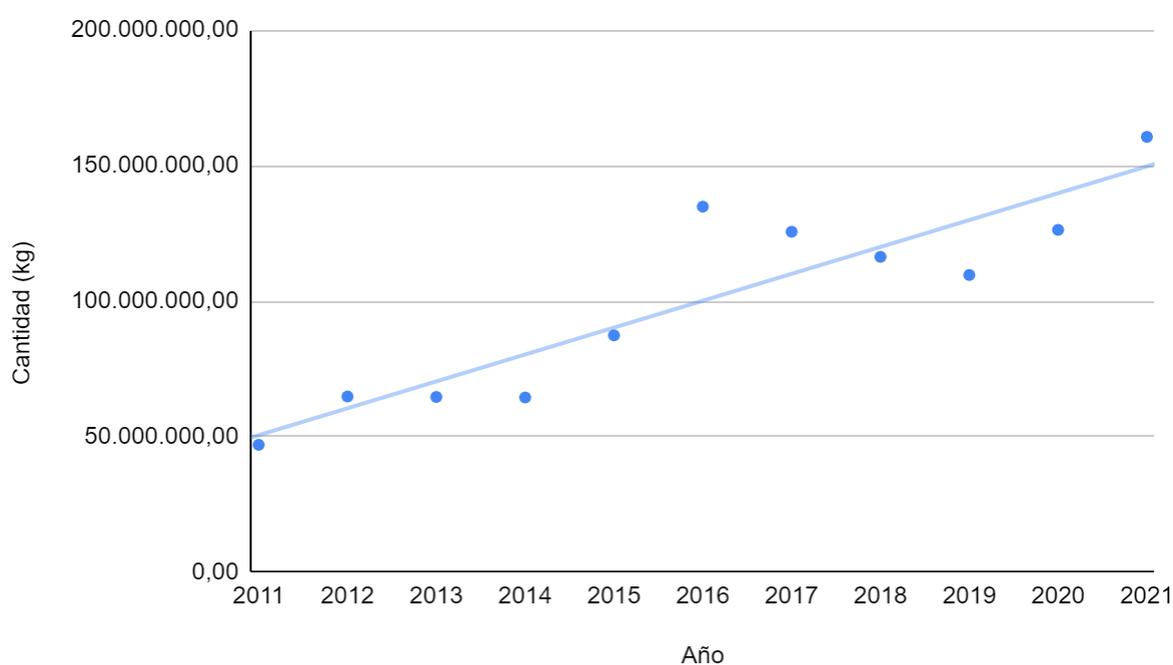


Figura 3.11. Curva suavizada de la demanda insatisfecha (kg) vs año.

Elaboración propia.

En este caso, el valor de  $R^2$  es igual a 0,813, el cual se considera aceptable para el análisis del gráfico considerado. La recta de regresión lineal que representa a los valores de la demanda insatisfecha corregida es la siguiente:

$$y = 9,92 \cdot 10^6 \cdot x - 1,99 \cdot 10^{10}$$

Ecuación 3.4.

### 3.3.5. Precio

Para visualizar y analizar la variabilidad de los precios en los últimos años, se utiliza la base de datos del Sistema de Consulta de Comercio Exterior de Bienes del INDEC. Se estudiará el comportamiento del valor CIF (Costo, Seguro y Flete) a lo largo del tiempo, expresado en dólares por año, como así también del valor FOB (Franco a bordo, Puerto de carga convenido). En la Tabla 3.10, se expresan los valores referidos a la importación, en el período 2012-2022, estos datos además se presentan en la Figura 3.12.

Tabla 3.10. Precio (CIF USD).

Año	Precio (CIF USD)
2012	6.850.799,00
2013	2.244.991,00
2014	5.460.500,00
2015	7.621.856,00
2016	6.218.044,00
2017	9.087.906,47
2018	11.388.128,22
2019	10.533.377,42
2020	7.588.343,07
2021	26.756.682,16
2022	40.955.096,58

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

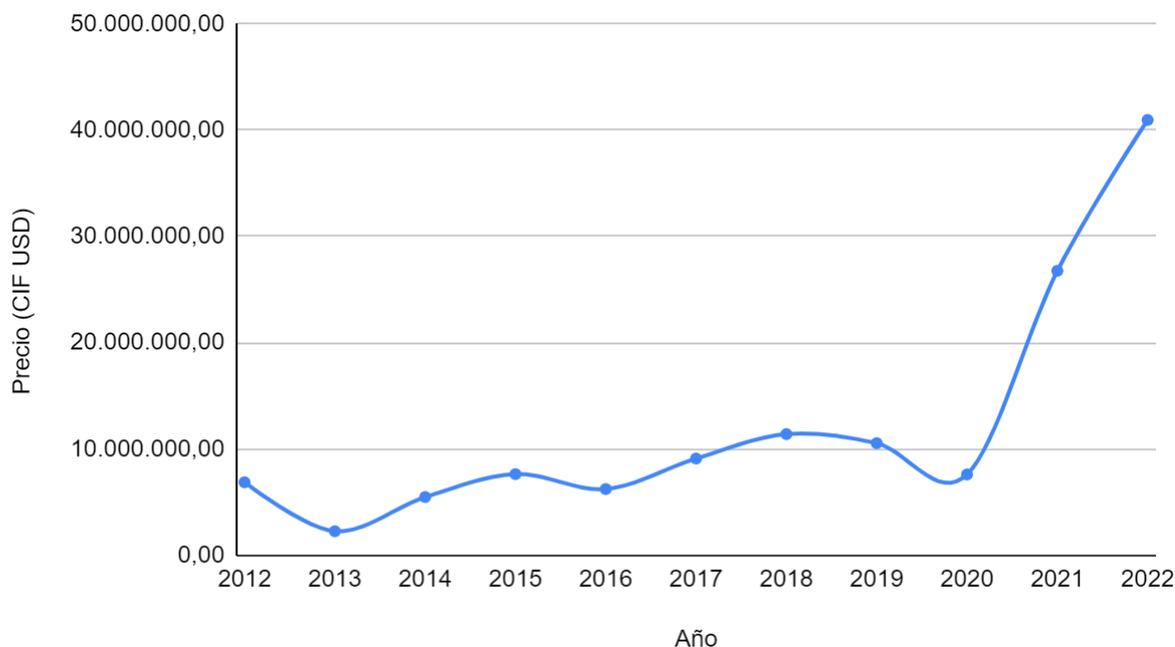


Figura 3.12. Precio (CIF USD) vs año.

Elaboración propia.

Se observa un aumento brusco del valor de las importaciones desde el 2020, debido a que el sector fue afectado por la inflación asociada a la pandemia y las limitaciones de la cadena de suministro, el conflicto bélico y las sanciones de Occidente a Rusia.

En la Tabla 3.11, se expresan los valores referidos a la importación en el período 2012-2022, estos datos además se presentan en la Figura 3.13.

Tabla 3.11. Precio (FOB USD).

Año	Precio (FOB USD)
2012	92.653,00
2013	45.825,00
2014	15.101,00
2015	10.900,00
2016	25.611,00
2017	25.267,79
2018	37.843,53
2019	29.017,56
2020	36.968,68
2021	155.130,28
2022	146.816,92

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

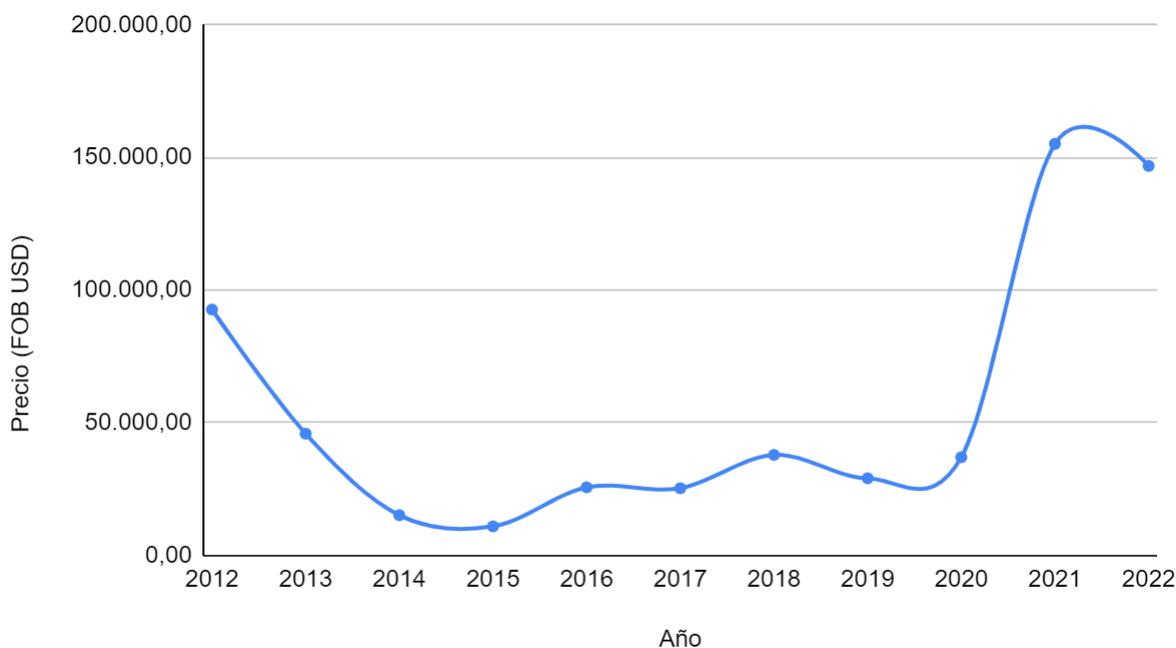


Figura 3.13. Precio (FOB USD) vs año.

Elaboración propia.

### 3.4. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS

#### 3.4.1. Azufre y minerales sulfurados

Las reservas de azufre elemental en evaporitas y depósitos volcánicos, y azufre asociado con gas natural, petróleo y sulfuros metálicos son de alrededor de 5.000 millones de toneladas. En la República Argentina, existen yacimientos de azufre que están relacionados con erupciones volcánicas en la época glacial y postglacial, por lo general, vinculados a rocas efusivas como las andesitas y los basaltos. Principalmente, se encuentran en Salta, como en el volcán Tuzgle; en Neuquén, uno de cuyos yacimientos más extensos está en el cráter del volcán Tromen, y en el sudoeste de Mendoza, como el Cerro Overo que fue explotado entre 1941 y 1978. La posición geográfica de los mismos, unida a la gran altitud a la que se encuentran hace que, en muchos casos, los costos de capital y explotación superen los precios de importación.

El azufre puede conseguirse de la piritas que corresponde al disulfuro de hierro II ( $\text{FeS}_2$ ), el uso del término “piritas” se extiende a una variedad de sulfuros inorgánicos que contienen, además de hierro, otros elementos. La piritas contiene teóricamente 46,6% de hierro y 53,1% de azufre.

La cantidad de azufre que queda retenida en las cenizas contenidas en las piritas depende de las impurezas que contiene. Las piritas se tratan mediante procesos de flotación lo cual implica que el concentrado se encuentra molido a un tamaño muy fino con un contenido de humedad que depende de la energía gastada en la etapa del secado.

Los análisis varían dentro de los siguientes rangos de porcentaje en peso.

- Azufre: 30 - 52
- Hierro: 26 - 46
- Cobre: Hasta 2,7
- Cinc: Hasta 3,0
- Arsénico: Hasta 10
- Agua: 5 - 9

Como alrededor del 85% del cobre se produce a partir de sulfuros, el dióxido de azufre es un subproducto de la mayoría de los procesos de obtención de este metal. Los concentrados de mineral de cobre se producen mediante procesos de flotación. Estos minerales son calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) pero también pueden ser calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), covelina ( $\text{CuS}$ ) u otros minerales. Una composición típica es Cu: 25 - 30%, Fe: 27 - 29% S: 28 - 32%.

Los minerales y los concentrados se envían a las plantas por camión, tren o barco. El almacenamiento en la planta puede ser a cielo abierto o en locales cerrados dependiendo de las condiciones climáticas locales. En todos los casos, para el manejo y almacenamiento deben usarse filtros para evitar la propagación de polvo (Katz, Azufre, 2011).

#### 3.4.1.1. Importaciones y exportaciones

Se realiza un análisis a partir de datos extraídos del Sistema de Consulta de Comercio Exterior de Bienes del INDEC. En dicha página se utilizó la Nomenclatura Común del Mercosur (NCM) 25030010 para extraer datos de importación y exportación del azufre. Esta partida comprende:

- 1) El azufre mineral en bruto en estado natural (azufre nativo), incluso enriquecido por procedimientos mecánicos destinados a separarlo más o menos de su ganga.
- 2) El azufre sin refinar obtenido por fusión de azufre natural. Esta fusión se realiza en muflas (calcaroni), en hornos (hornos Gill) o en el propio seno del yacimiento mediante vapor de agua recalentado, inyectado a través de tubos introducidos en la perforación del pozo (procedimiento Frasch), entre otros.
- 3) El azufre sin refinar obtenido por tostación de piritas u otros productos minerales sulfurados.
- 4) El azufre sin refinar recuperado como subproducto en la purificación de gas de hulla, gases industriales, gas natural y del refinado de los aceites crudos de petróleo, etc. No debe confundirse este azufre de recuperación, llamado a veces azufre purificado o azufre precipitado, con el azufre precipitado definido en la partida 28.02.

El azufre sin refinar de estas tres últimas categorías suele ser bastante puro. Así, el azufre obtenido por el procedimiento Frasch contiene cantidades muy pequeñas de impurezas, por lo que prácticamente no se refina nunca; se importa generalmente en trozos irregulares o en polvo.

- 5) El azufre refinado, que se obtiene por destilación rápida de azufre impuro seguida de una condensación en forma líquida; el azufre así obtenido puede luego moldearse en cilindros o panes o triturarse previa solidificación.
- 6) El azufre triturado, que es azufre (impuro o refinado) transformado en polvo finamente dividido por molido, seguido de un cernido realizado por tamizado mecánico o por arrastre gaseoso. Según el sistema de tratamiento o la finura de sus granos, este producto se denomina: azufre tamizado, azufre ventilado, azufre micronizado, entre otros.
- 7) El azufre obtenido por enfriamiento brusco de vapores de azufre sin pasar por la fase líquida, que es insoluble particularmente en disulfuro de carbono (azufre " $\mu$ ").

Las diferentes variedades de azufre comprendidas en esta partida se utilizan en la industria química (preparación de numerosos compuestos sulfurados, etc.), en la vulcanización del caucho, en viticultura como fungicida, en la fabricación de fósforos (cerillas) y mechas azufradas, en la preparación de dióxido de azufre, en la industria de blanqueo, etc. Se excluye de esta partida el azufre sublimado, precipitado y el coloidal (partida 28.02). El azufre presentado en formas o envases para la venta al por menor como fungicida, etc., se clasifica en la partida 38.08. (Mise, 2023).

Los principales factores que impulsan el crecimiento del mercado del azufre son la creciente demanda del sector de fabricación de fertilizantes y el uso cada vez mayor de azufre para la vulcanización del caucho.

En la Tabla 3.12 se muestran los datos extraídos del INDEC en relación con los kilogramos importados en Argentina en el período 2012-2022.

Tabla 3.12. Cantidad anual importada.

Año	Cantidad (kg)
2012	126.262.960,00
2013	106.874.010,00
2014	116.043.568,00
2015	96.019.420,00
2016	95.487.650,00
2017	102.971.860,00
2018	59.737.290,00
2019	88.548.124,00

2020	100.308.031,00
2021	97.121.628,89
2022	108.331.098,46

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

En la siguiente figura se representa las cantidades importadas en función de sus respectivos años:

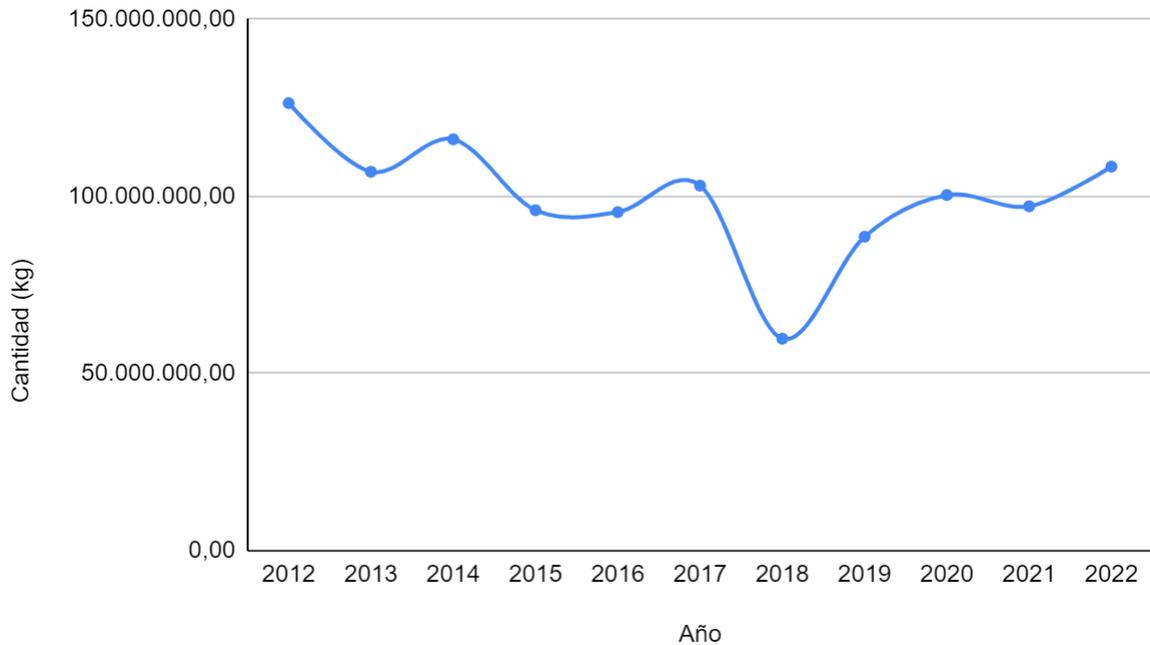


Figura 3.14. Importaciones (kg) vs año.

Elaboración propia.

El gráfico de la Figura 3.14 presenta una tendencia constante a lo largo del período analizado, a excepción del año 2018 en el cual hubo una disminución notable.

En la Figura 3.15 se observa que el país que lideraba las importaciones de Argentina en el año 2022 fue Estados Unidos seguido por Emiratos Árabes, Rusia y en menor medida Arabia Saudita y Kazajstán.

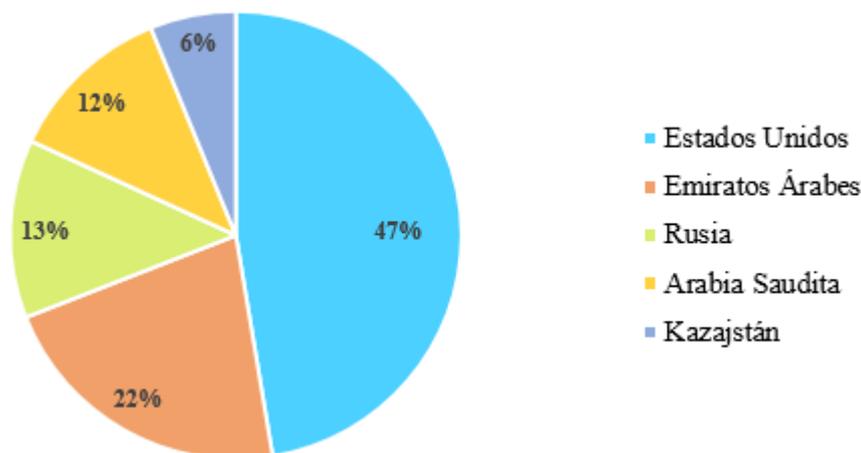


Figura 3.15. Importaciones Argentina.

Elaboración propia.

No se encontraron datos respecto a exportación debido a que las empresas argentinas sólo abastecen azufre a nivel nacional, entre ellas se encuentran:

- Carfos (Santa Fe, Argentina).
- Meranol (Buenos Aires, Argentina).
- YPF (Argentina).
- Manufacturas Químicas Juan Messina S.A. (San Juan, Argentina).
- Quimicauch (Buenos Aires, Argentina).
- INMOBAL-NUTRER (QUIMTIA) (Buenos Aires, Argentina).
- ICI (Buenos Aires, Argentina).
- Sulphur06 (Córdoba, Argentina).
- SIMKO-SIMMEX (Buenos Aires, Argentina).
- Marpaq (Buenos Aires).
- GTM Oil & Gas (Buenos Aires, Argentina).
- JP Diatomeas (Santa Fe, Argentina).

Algunas empresas argentinas que proveen minerales sulfurados:

- LA ELCHA M.I. S.A. (Mendoza, Argentina).
- Biominerales (Buenos Aires, Argentina).
- Gypsum fértil yeso agrícola (Córdoba, Argentina).
- Agrominera yeso agrícola granulado y pelletizado (Mendoza, Argentina).
- Química Carabelli (Buenos Aires, Argentina).

3.4.1.2. Precio

En la Tabla 3.13, se expresan los valores referidos a la importación, en el período 2012-2022, estos datos además se presentan en la Figura 3.16.

Tabla 3.13. Precio (CIF USD).

Año	Precio (CIF USD)
2012	29.436.438,00
2013	17.987.169,00
2014	23.406.321,00
2015	18.369.386,00
2016	10.334.868,00
2017	11.214.814,36
2018	10.197.378,03
2019	12.965.430,92
2020	9.476.926,43
2021	20.829.397,35
2022	38.280.644,63

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

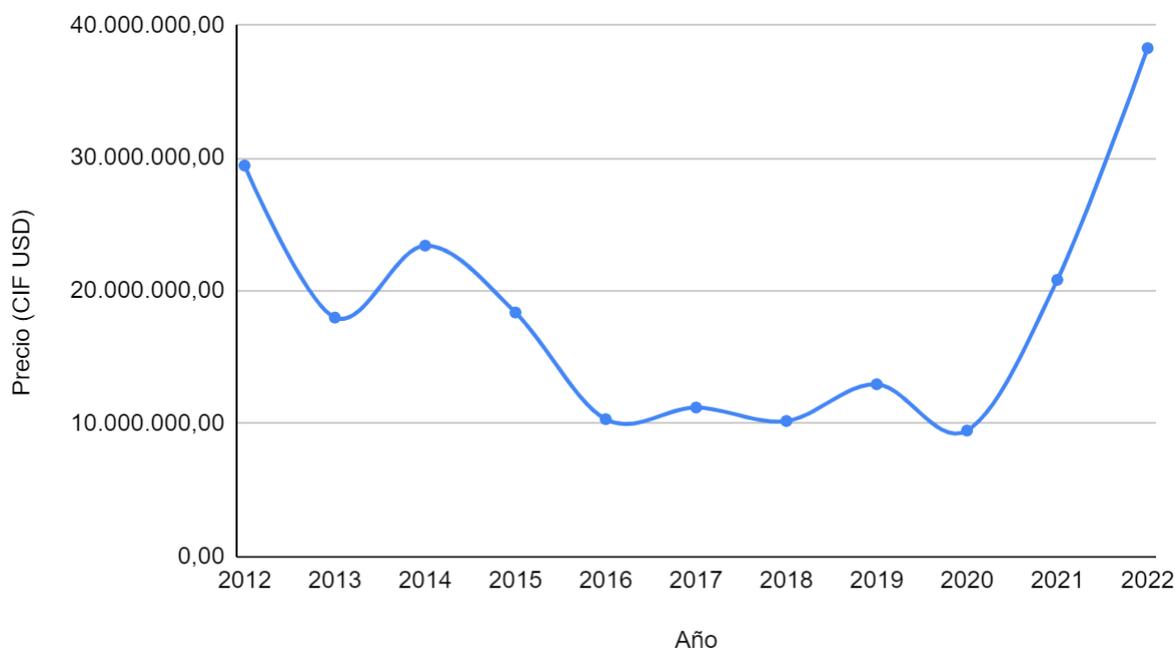


Figura 3.16. Precio (CIF USD) vs año.

Elaboración propia.

Se observa un aumento brusco del valor de las importaciones desde el 2020, debido a que las grandes mineras que operan en América Latina enfrentan una espiral de presiones de costos a raíz de la invasión rusa en Ucrania, que ha generado significativas alzas de precios en insumos clave.

### 3.5. MERCADO DEL CATALIZADOR

#### 3.5.1. Catalizador (pentóxido de vanadio)

Los principales productores de vanadio son China, Rusia y Sudáfrica y la producción de estos países da cuenta de aproximadamente el 93% de la producción mundial. Canadá, Japón, EEUU, así como Alemania y otros países europeos, trabajan actualmente también en forma muy activa en la recuperación de vanadio a partir de petróleo.

Varios de los minerales que contienen vanadio, han sido descritos en diferentes locaciones mineras de nuestro país.

La presencia de vanadinita,  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ , ha sido reportada en la Mina Venus, distrito El Guaico (provincia de Córdoba), junto con formaciones de brackebuschita,  $Pb_2Mn(VO_4)_2(OH)$ , en las canteras de Mal Paso y el Sauce, departamento Colón, de la misma provincia; en las Minas Nelly, Fortuna y Sala del distrito las Aguadas, departamento de San Martín (provincia de San Luis), en la Mina Santa Elena, departamento de San Rafael (provincia de Mendoza) y en Mina Gonzalito, departamento San Antonio (provincia de Río Negro).

Muy pocos de los minerales de vanadio descritos resultan aptos para la extracción del elemento. Los dos más adecuados son la vanadinita y la carnotita, también utilizada para la simultánea obtención de uranio. En la actualidad, una importante cantidad de vanadio se obtiene procesando residuos generados de la producción de hierro y titanio. En los procedimientos comerciales habituales la vanadinita o los residuos de vanadio son transformados en vanadato de sodio por tratamiento con NaCl. Este vanadato es extraído con agua y al ser acidificado precipita una masa rojiza de polivanadatos. Esta masa, fundida a unos 700°C, genera  $V_2O_5$  de grado técnico. (Katz, Azufre, 2011).

##### 3.5.1.1. Importaciones

En la Tabla 3.14 se muestran los datos extraídos del INDEC en relación con los kilogramos importados en Argentina en el período 2013-2022.

Tabla 3.14. Cantidad anual importada.

Año	Cantidad (kg)
2013	150,00

2014	900,00
2015	100,00
2016	1.300,00
2017	701,00
2018	3.900,63
2019	1.001,10
2020	2.001,10
2021	2.600,45
2022	5.301,26

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

En la siguiente figura se representa las cantidades importadas en función de sus respectivos años:

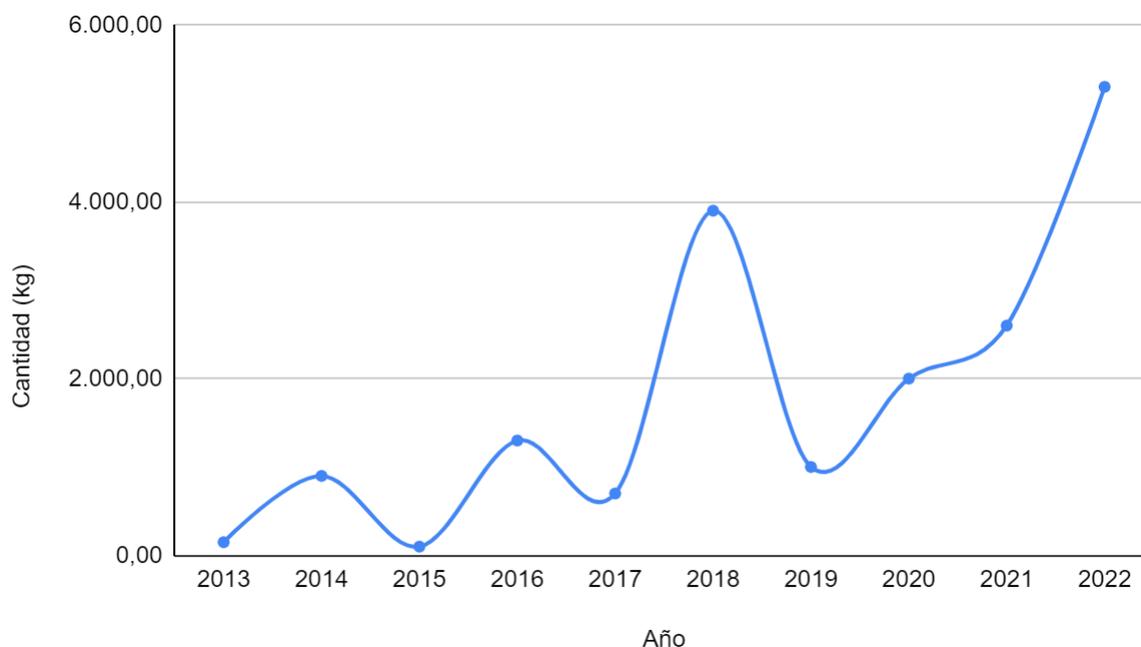


Figura 3.17. Importaciones (kg) vs año.

Elaboración propia.

El gráfico de la Figura 3.17 presenta una tendencia creciente constante a lo largo del período analizado, a excepción del año 2018 en el cual hubo un pico en el gráfico, el cual corrigió en el siguiente año.

No se encontraron datos respecto a exportación debido a que las empresas argentinas sólo abastecen pentóxido de vanadio a nivel nacional, como puede ser Laquimar. Algunas empresas internacionales que podrían abastecer son:

- Pentachem (México).
- Química Especializada del Noroeste (México).
- Avantor™ Performance Materials (México).
- Distribuidora G.M. S.A. DE C.V. (México).
- Todini chemicals (la filial más cercana está en Brasil).
- Pingxiang Hualian Chemical Ceramic CO. (China, contacto por Alibaba).
- Enviro-Chem® de Monsanto (Estados Unidos).

### 3.5.1.2. Precio

En la Tabla 3.15, se expresan los valores referidos a la importación, en el período 2013-2022, estos datos además se presentan en la Figura 3.18.

Tabla 3.15. Precio (CIF USD).

Año	Precio (CIF USD)
2013	10.193,00
2014	32.270,00
2015	6.602,00
2016	22.868,00
2017	18.842,60
2018	232.673,89
2019	47.177,09
2020	62.288,52
2021	81.915,03
2022	167.544,41

Elaboración propia. Fuente: INDEC.

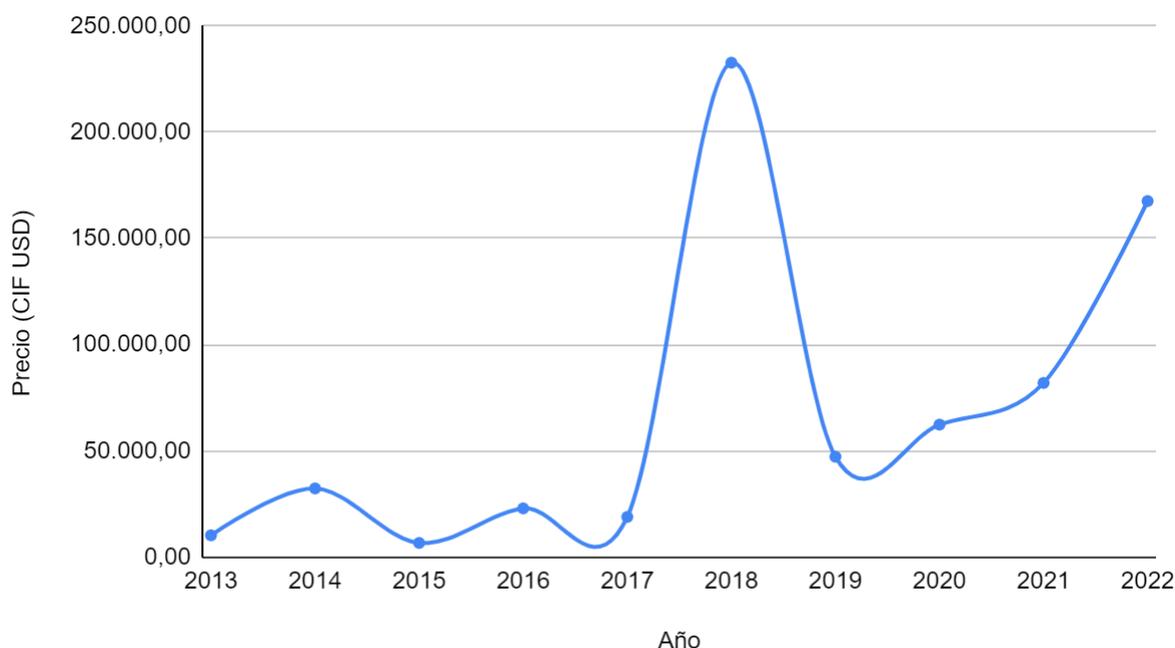


Figura 3.18. Precio (CIF USD) vs año.

Elaboración propia.

Se observa que, en la Figura 3.18, hubo un aumento brusco en el año del 2018 debido a que en el mismo se importó una mayor cantidad de pentóxido de vanadio con respecto a los años anteriores.

### 3.6. ANÁLISIS FODA

#### ANÁLISIS INTERNO

**Debilidades:** Puntos débiles, aspectos que pueden limitar o reducir la capacidad del desarrollo efectivo de la estrategia de la organización, constituyen una amenaza para la organización y deben, por tanto, ser controladas y superadas

**Fortalezas:** Puntos fuertes, capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas competitivas que deben y pueden servir para explotar oportunidades en la organización.

#### ANÁLISIS EXTERNO

**Amenazas:** Fuerza y situaciones del entorno en que realiza la actividad la organización que puede impedir la implantación de una estrategia efectiva, o bien reducir su efectividad, o incrementar los riesgos de esta, o los recursos que se requieren para su implantación.

**Oportunidades:** Todo aquello que pueda suponer una ventaja competitiva para la organización, o bien representar una posibilidad para mejorar la rentabilidad, reputación, negocio, etc.

ANÁLISIS INTERNO	
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Químico industrial de mayor volumen en todo el mundo.</li><li>• Producto altamente requerido principalmente para la industria minera, pero también lo es en las industrias petroquímica, química y agrícola para la obtención de ácidos y sulfatos utilizados en la producción de fertilizantes.</li><li>• Tiene gran significado debido a que el uso per cápita de ácido sulfúrico es un índice del desarrollo técnico de una nación.</li><li>• Aún no existe un sustituto para el ácido sulfúrico en la industria minera.</li></ul>
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente altamente peligroso.</li><li>• Las propiedades altamente tóxicas y corrosivas de este compuesto generan altos costos en su transporte y almacenamiento.</li><li>• La inestabilidad económica-financiera existente en Argentina podría perjudicar a la industria.</li><li>• Gran inversión inicial.</li><li>• La disponibilidad de la materia prima a nivel nacional es escasa.</li></ul>
ANÁLISIS EXTERNO	
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Posibilidad de asociación con proveedores de materia prima.</li><li>• Posibilidad de asociación con empresas que tomen como materia prima nuestro producto.</li><li>• Marcado crecimiento en el consumo de este producto.</li></ul>
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requisitos y normas establecidas por la Aduana y el Ministerio de Transporte necesarios para exportar y transportar.</li><li>• El catalizador está sujeto a políticas de importación.</li><li>• Gran cantidad de productores a nivel mundial, siendo difícil competir con China, Corea, entre otros; si el producto se destina a exportación.</li></ul>

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 4**

## **CAPACIDAD DE LA PLANTA**

---

## **4. CAPACIDAD DE LA PLANTA**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como objetivo determinar el tamaño que tendrá la planta, uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo del proyecto. El estudio de mercado permite analizar la disponibilidad de la materia prima y la demanda insatisfecha del mercado del ácido sulfúrico que se utilizan como base para establecer la capacidad.

A la hora de evaluar los factores determinantes para la instalación de una planta, es necesario calcular el tamaño óptimo de la misma con el fin de saber la capacidad de producción que tendrá y así realizar el análisis económico. El tamaño óptimo de un proyecto es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

Dentro de los factores que influyen en la determinación del tamaño del proyecto, se encuentra la cantidad demandada proyectada a futuro y es el factor condicionante más importante. Aunque el tamaño puede ir posteriormente adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder oportunamente a una demanda creciente en el tiempo.

### **4.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DE LA PLANTA**

Generalmente la variable más importante y que define la dimensión del proyecto es el mercado, aunque no es posible tomar una decisión basada exclusivamente en este factor.

Complementariamente debe evaluarse la tecnología, la disponibilidad de materia prima, la localización y el financiamiento del proyecto, entre otros factores.

➤ **Demanda del producto**

Para medir la influencia del mercado se define la función demanda del producto y se analizan sus proyecciones futuras. El tamaño no debe responder a una situación de corto plazo, sino que debe optimizarse frente al dinamismo de la demanda, esto hace recomendable definir un tamaño superior al necesario para cubrir la demanda futura, pero adecuado a las expectativas de crecimiento.

➤ **Materia prima**

La capacidad elegida debe ser respaldada por el conocimiento de que se puede contar con el abasto de insumos y materias primas que sean suficientes para poder desarrollar el proceso. Para esto es necesario conocer los proveedores y los alcances de cada uno de ellos.

Además, en cuanto a los costos, si bien el volumen de materia prima consumida varía proporcionalmente con la producción, los requerimientos de mano de obra y capital no; de manera que puede resultar más barato producir mayores cantidades de producto. Lo mismo ocurre con los gastos de distribución y ventas.

➤ Tecnología y financiamiento

Otra variable que condiciona el tamaño del proyecto es el proceso tecnológico, que muchas veces impone una escala de producción mínima, que en algunos casos puede ser mayor a la capacidad de uso planeada y que por lo tanto eleva los costos de operación a niveles que pueden hacer recomendable el abandono del proyecto.

A largo plazo, el uso de la tecnología llevará a conseguir mejoras en la eficiencia y productividad, y en muchos casos a reducir los costos. En el corto plazo, la adquisición e instrumentación de la tecnología resultan en un incremento significativo en los costos.

### 4.3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA INSATISFECHA DE ÁCIDO SULFÚRICO

A partir de la Ecuación 4.1. obtenida a través de la línea de tendencia de la figura 3.11 “curva suavizada de la demanda insatisfecha (kg) vs año”. Se deducen los valores de la demanda insatisfecha proyectados hasta el año 2032, los cuales se encuentran en la Tabla 4.1, que determina la Figura 4.1.

$$y = 9,9175 \cdot 10^6 \cdot x - 1,9893 \cdot 10^{10}$$

Ecuación 4.1.

Siendo:

$y$ : demanda insatisfecha.

$x$ : año proyectado.

Tabla 4.1. Proyección de la demanda insatisfecha de ácido sulfúrico.

Año	Cantidad (kg)
2021	160.631.679
2022	160.185.000
2023	170.102.500
2024	180.020.000
2025	189.937.500
2026	199.855.000
2027	209.772.500
2028	219.690.000

2029	229.607.500
2030	239.525.000
2031	249.442.500
2032	259.360.000

Elaboración propia.

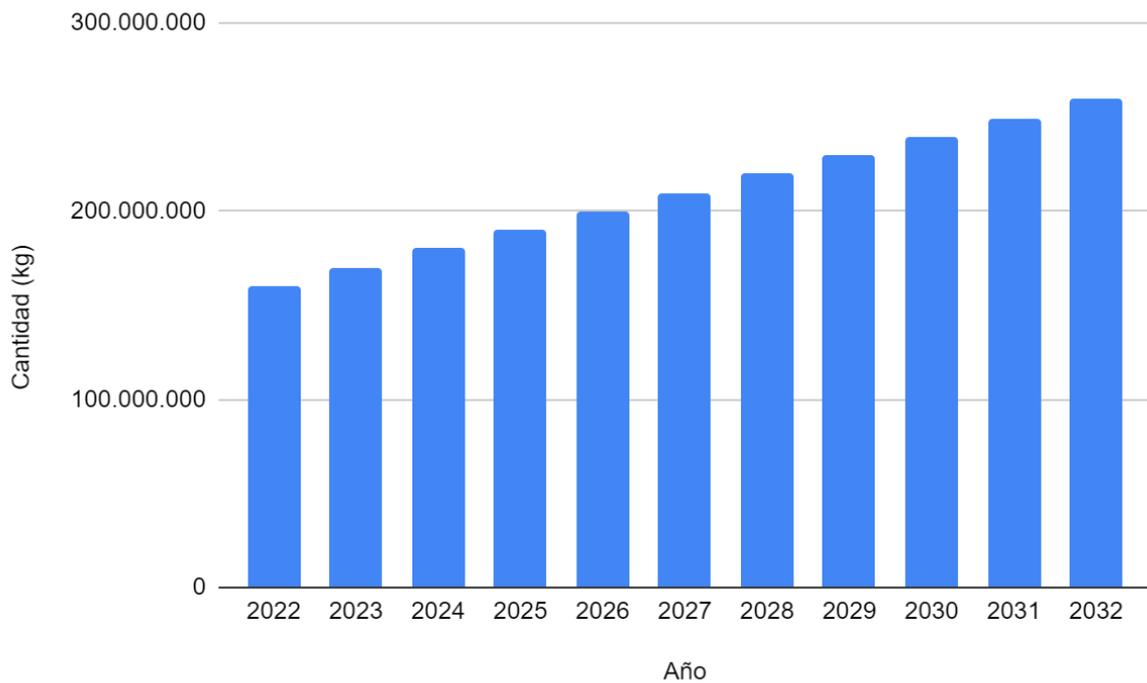


Figura 4.1. Proyección de la demanda insatisfecha de ácido sulfúrico.

Elaboración propia.

En la Figura 4.1 se observa una tendencia positiva a lo largo de los años, presentando un incremento del 61,92 % en el año 2032 con respecto al 2022. Esto da pie a establecer la capacidad de la planta teniendo en cuenta la demanda insatisfecha futura, planificando un aumento gradual en la producción, hasta alcanzar la capacidad máxima productiva en un periodo de tiempo determinado.

#### 4.4. PRODUCCIÓN ÓPTIMA EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA

Para establecer la capacidad se dispone de un método de aproximación el cual examina diferentes factores que hacen variar el tamaño óptimo de la producción, así como la demanda futura, disponibilidad de insumos, capacidad financiera del inversionista, crecimiento de la competencia, entre otros.

El exponente del factor de escala ( $\alpha$ ) se tomó del Boletín N°20 de la Organización de las Naciones Unidas “Industrialización y Productividad”, cuyo valor para las industrias químicas, alimenticias, farmacéuticas, petroquímicas y automovilísticas es 0,65.

En aquellos mercados en los que el consumo del producto presenta una tendencia creciente, como es en este caso, se estima el periodo óptimo ( $n$ ), correspondiente al tamaño del proyecto, empleando la Ecuación 4.2.

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

Ecuación 4.2

Donde:

$N$ : vida útil de la maquinaria y equipos, 10 años por convenio.

$\alpha$ : exponente del factor de escala.

$n$ : período óptimo de desarrollo del mercado.

$R$ : desarrollo porcentual de la demanda, lo cual se deduce por la Ecuación 4.3

$$R = 1 + r$$

Ecuación 4.3

Donde:

$r$ : tasa de crecimiento estimada de mercado.

Para establecer la tasa de crecimiento estimada de mercado ( $r$ ) se emplearon los datos obtenidos en la Tabla 4.1 y la Ecuación 4.4 que se encuentra a continuación, resultando 0,0494.

$$r = \left(\frac{V_f}{V_i}\right)^{\frac{1}{x}} - 1$$

Ecuación 4.4

Donde:

$V_f$ : valor final.

$V_i$ : valor inicial.

$x$ : cantidad de años.

A partir de estos datos se obtienen los valores de 1,0494 para  $R$  y 9,7158 para  $n$ .

Una vez hallados dichos parámetros, se procede a calcular el tamaño óptimo aconsejable del proyecto ( $D_n$ ) utilizando la Ecuación 4.5.

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

Ecuación 4.5

Donde:

$D_n$ : capacidad óptima de proyección futura.

$D_0$ : magnitud de la demanda actual que satisface el proyecto.

Las ecuaciones utilizadas se extrajeron del libro “Preparación y evaluación de proyectos” (Sapag, y otros, 1989).

Del estudio de mercado se tiene que el valor de la demanda insatisfecha para el año 2021 es de 160.632 toneladas de ácido sulfúrico, del cual se planea cubrir el 50% que serían 80.316 toneladas y posicionarnos como la tercera productora más grande de ácido sulfúrico del país.

La resolución de la Ecuación 4.5 arroja un resultado de 128.300 toneladas anuales. Se adopta, en consecuencia, una capacidad de 130.000 t/año, el cual será el nivel de operación máximo para el año 2032 con un crecimiento promedio de 4,94% anual para el periodo establecido. Este valor de producción se mantendrá constante por los siguientes 10 años, tal como se muestra en la Figura 4.2.

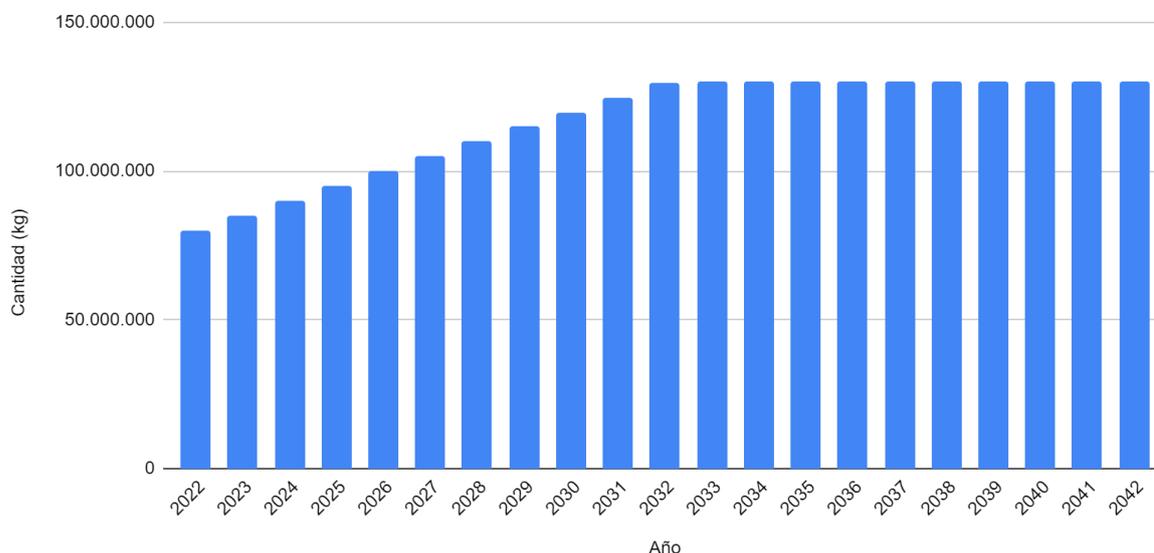


Figura 4.2. Proyección de la producción anual.

Elaboración propia.

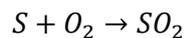
---

#### 4.5. REQUERIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

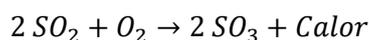
La materia prima es un aspecto fundamental en el proyecto ya que condiciona el tamaño del mismo.

Según la vía de proceso elegida en el capítulo 6, el mismo se lleva a cabo en tres partes:

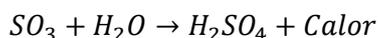
- a) Reacción de oxidación del azufre (conversión molar: 94,5%)



- b) Reacción de oxidación del  $SO_2$  (conversión molar: 99,7%)



- c) Reacción de absorción del  $SO_3$  (conversión molar: 99,7%)



Teniendo en cuenta que el primer año operativo, la planta trabajará produciendo 80.316 toneladas/año de ácido sulfúrico. Se estima la cantidad de azufre necesario con las conversiones recabadas de diferentes bibliografías, obteniendo un valor de 27.919 toneladas de azufre, y por consiguiente, 45.190 toneladas en el décimo año de producción.

# **CAPÍTULO 5**

# **LOCALIZACIÓN**

## 5. LOCALIZACIÓN

### 5.1. INTRODUCCIÓN

La localización adecuada de la planta industrial es un factor determinante para el éxito del proyecto, por lo que, la decisión acerca de la ubicación de la planta obedecerá a criterios económicos y estratégicos con el fin de elegir el lugar que permitiría reunir la materia prima necesaria, realizar los procesos de fabricación y entregar el producto a los clientes con el costo más bajo posible.

Para realizar el análisis de la localización se acude primero a un paso previo a seleccionar, con el fin de que las comparaciones finales minuciosas se hagan entre un número reducido de los sitios más prometedores. En este primer paso, el método utilizado para acortar el número de lugares posibles de ubicación de la planta, sobre los cuales se hizo un estudio final intenso, es el denominado procedimiento de cribado. Con este método se seleccionan las regiones sobre las cuales se aplicó un segundo método lógicamente semejante, para evaluar comparativamente las diferentes zonas y determinar el sitio más adecuado, este es el método de puntuaciones ponderadas, el cual se basa en el relevamiento de diversos factores críticos que influyen de forma significativa en la localización haciendo uso de la Ecuación 5.1

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

Ecuación 5.1

Donde

$S_j$ : Puntuación global alternativa  $j$ .

$W_i$ : Peso ponderado de cada factor  $i$ .

$F_{ij}$ : Puntuación alternativa  $j$  de cada factor  $i$ .

### 5.2. MACROLOCALIZACIÓN

El proyecto para el desarrollo de obtención de ácido sulfúrico está ideado para localizarse en el territorio argentino, por lo que el fin de este punto es encontrar la provincia o región óptima para establecer la planta productora de ácido sulfúrico. Para ello, se desarrolla un análisis de distintos factores relevantes:

- Disponibilidad de materia prima.
- Disponibilidad de mercados o zonas de consumo.
- Disponibilidad de transporte.
- Disponibilidad de parques industriales.

- Disponibilidad de mano de obra.
- Calidad de vida (servicios educativos, de salud, culturales).

### 5.2.1. Disponibilidad de materia prima

La cercanía a la materia prima es uno de los puntos más importantes. La materia prima fundamental para la producción de ácido sulfúrico es el azufre. Es importante realizar un análisis de las empresas que dispongan del producto en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de la planta. Además, se tendrá en cuenta la distancia a la empresa proveedora, y de la disposición de medios de transporte para el abastecimiento.

En Argentina, las empresas proveedoras de azufre son aquellas que a su vez producen ácido sulfúrico correspondiendo a un mercado monopólico, por lo cual el precio de venta del mineral establecido por las mismas se encuentra en un valor que impide que nuestro producto sea competitivo en el mercado nacional. Debido a esto, la materia prima se importará, por lo que su costo se encuentra influenciado por el transporte internacional, seguros y el transporte nacional hacia la fábrica. El único de estos factores que se puede reducir en el estudio de la localización es el flete nacional, que depende directamente de la cercanía a puertos.

### 5.2.2. Disponibilidad de mercados o zonas de consumo

Se debe considerar la ubicación de los posibles clientes, ya que el costo de transporte influye de manera significativa en el precio final del producto.

El ácido sulfúrico puede ser comercializado en todo el país, debido a que es utilizado para diversos fines, que incluyen la producción de fertilizantes, ácido fosfórico, explosivos industriales y militares, refinación del petróleo, productos farmacéuticos, entre otros.

La Figura 5.1 se extrajo del repositorio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en la cual se representan los complejos productivos de base industrial y agropecuaria que, como se mencionó en el párrafo anterior, gran parte de los procesos productivos emplean ácido sulfúrico como materia prima. Por lo que en las zonas de mayor concentración de los mismos, coloreadas en un tono más oscuro, existirá un amplio mercado para este producto.

Se destacan las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos debido a que cuentan con un mayor desarrollo industrial que las demás.

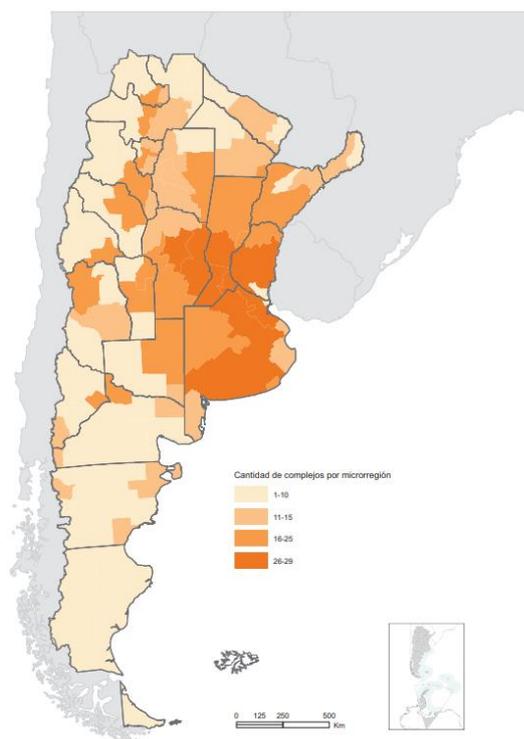


Figura 5.1. Complejos productivos de base industrial y agropecuaria.

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

### 5.2.3. Disponibilidad de transporte

En general, la densidad en las redes de transporte del territorio y su nivel tecnológico son una expresión del desarrollo económico, por lo tanto, las posibilidades de crecimiento de un territorio tienen relación directa con este componente. Estos sostienen el flujo de personas, bienes y servicios del territorio, su desempeño determina las posibilidades de todo tipo de intercambios entre ciudades y regiones; induce los patrones de asentamiento de la población, directamente asociados con sus posibilidades de acceso a los equipamientos y servicios, y aporta competitividad a las economías regionales, en la medida en que posibilita su inclusión en los mercados nacionales e internacionales, jugando un papel clave a la hora de la localización de inversiones productivas. (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008)

#### Vial

El sistema vial predomina como el principal soporte físico del movimiento de cargas y pasajeros en el territorio nacional. El Tránsito Medio Diario Anual de la red vial nacional –expresión del volumen de vehículos que circula para cada tramo de la red– muestra la distribución territorial de los viajes en el territorio, evidenciando en la Figura 5.2 que el movimiento principal de cargas y pasajeros se da sobre

el corredor que une Buenos Aires con Córdoba y Rosario, en tanto el resto presenta volúmenes de tráfico significativamente menores. Esto tiene correlación directa con la concentración en dichas regiones de gran parte de la población y de las principales actividades económicas del país (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008).

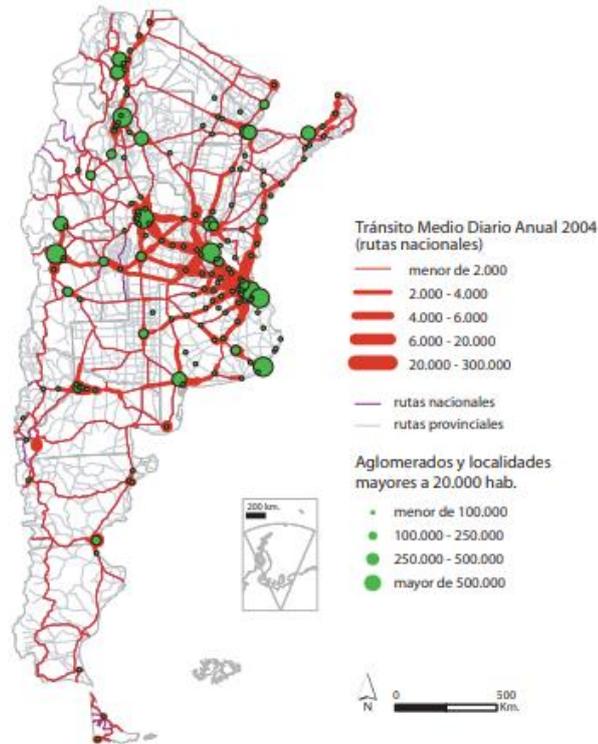


Figura 5.2. Red vial de Argentina.

Fuente: INDEC 2001 y Dirección Nacional de Vialidad 2004.

### Líneas ferroviarias

La red ferroviaria tiene actualmente una extensión de 28.841 km. En la Figura 5.3 se pueden observar gráficamente las diversas redes ferroviarias disponibles en el país (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008).

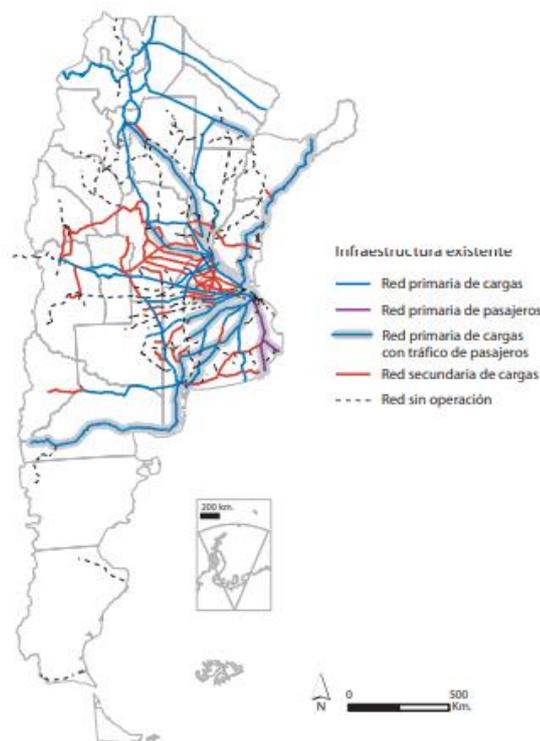


Figura 5.3. Líneas ferroviarias de Argentina.

Fuente: Plan estratégico territorial, 2008.

## Puertos

El sistema portuario nacional, representado en la Figura 5.4, está conformado por un total de 118 puertos, de los cuales 25 son marítimos y 70 son fluviales. De estos últimos, 11 se distribuyen sobre el Río de la Plata, 38 sobre el Río Paraná, 17 sobre el Río Uruguay y 4 sobre el Río Paraguay, a los que se suman otros 23 puertos que se ubican sobre lagos en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut.

Dentro del sistema de puertos, se destacan los puertos del Gran Rosario como principal nodo de exportación, tanto en términos de volumen como de valor. Los puertos de Coronel Rosales/Bahía Blanca, Buenos Aires y Zárate/Campana le siguen en términos de volumen, mientras que los nodos de San Nicolás, Buenos Aires (Dock Sud), Campana, y Villa Constitución y Quequén son los puertos por los que ingresan el 70% de las importaciones nacionales.

Desde el punto de vista de la distribución territorial de la demanda de servicios portuarios y fluvio-marítimos, se identifican tres regiones diferenciadas:

- La región patagónica, caracterizada por su fácil acceso al litoral marítimo, con profundidades aptas para instalaciones portuarias. Predominan las economías regionales muy especializadas, dedicadas casi exclusivamente a la producción de bienes específicos -pesca, petróleo, minería,

- frutas-, que demandan servicios portuarios especialmente desarrollados para ellos, los que se satisfacen en forma horizontal a través de los puertos del litoral atlántico.
- B) La región norte, sin acceso directo a las salidas marítimas, con una importante producción agropecuaria y una desarrollada explotación minera. Esta zona debe obligadamente recurrir, por vía terrestre caminera o ferroviaria al sistema fluvio-marítimo de la cuenca del Plata o a los puertos del Pacífico, razón por la cual, los costos de exportación se ven altamente influidos por los fletes nacionales.
- C) La región centro, con salida directa a los puertos fluviales y marítimos, abarca la producción cerealera de la “pampa húmeda” y el cinturón industrial que se extiende desde Buenos Aires hasta Cuyo, donde se encuentra radicado más del 90% de la industria argentina. Incluyendo a la Región Metropolitana de Buenos Aires y las ciudades de Rosario y Córdoba, genera casi la totalidad de la demanda de importaciones (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008).

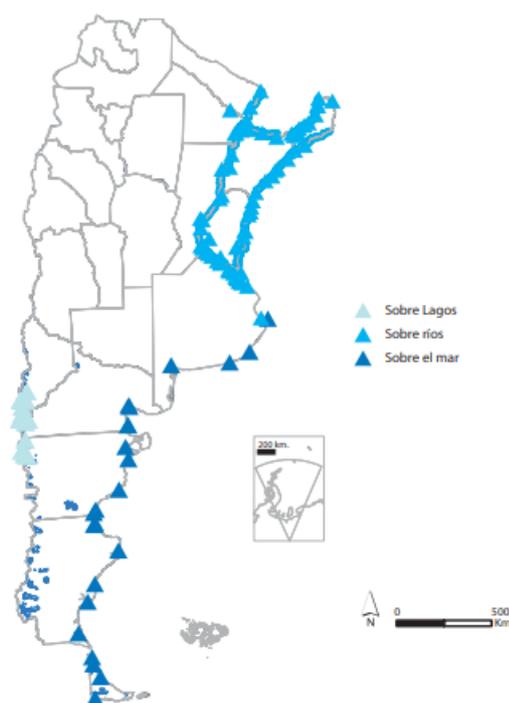


Figura 5.4. Vías navegables de Argentina.

Fuente: Plan estratégico territorial, 2008.

#### 5.2.4. Disponibilidad de parques industriales

En los complejos productivos de base industrial, representados en la Figura 5.5, se distingue un núcleo extenso que abarca microrregiones de las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, formada en torno a los principales nodos del sistema urbano. En un segundo nivel se



encuentran los oasis cuyanos y patagónicos y las áreas de promoción industrial de La Rioja, Catamarca y San Luis. Extensas zonas del país, especialmente en la Patagonia, el noroeste y el chaco seco, registran muy poca presencia de complejos productivos de base industrial (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015).

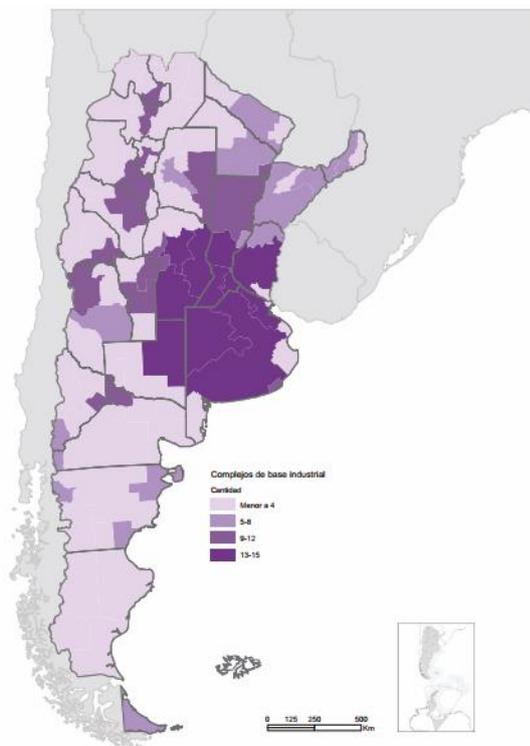


Figura 5.5. Complejos productivos de base industrial.

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

## 5.2.5. Disponibilidad de mano de obra

Según el informe técnico de INDEC, año 2022, Argentina cuenta con una población de 46,2 millones de personas, distribuidas según la Figura 5.6, dentro de las cuales 22 millones (47,6%) pertenecen a la población económicamente activa (PEA) que a su vez se subdividen en ocupados, 20,6 millones (93,7%) y desocupados, 1,4 millones (6,3%).

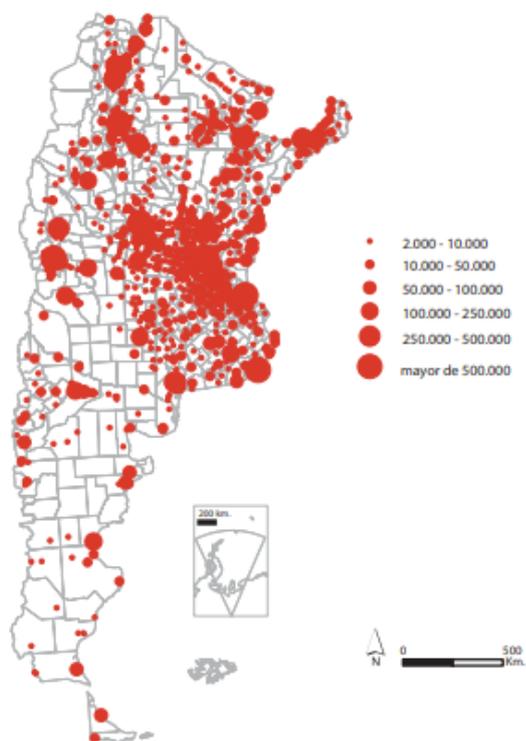


Figura 5.6. Distribución de la población urbana.

Fuente: Plan estratégico territorial, 2008.

Al analizar la población ocupada por nivel educativo, más de la mitad de las personas ocupadas (60,3%) cuenta con hasta secundario completo, mientras que el 39,7% posee estudio superior y universitario (completo o incompleto).

En referencia al nivel educativo de las personas desocupadas, el 71,0% cuentan con hasta secundario completo, y el 29,0% presentan nivel superior y universitario, completo o incompleto (INDEC, 2023),

Para sectorizar dichos porcentajes, se extrajo la Figura 5.7 del plan estratégico territorial del 2018, el cual refleja el índice de capacitación poblacional por departamentos en el país. Además, en la Figura 5.8 se pueden apreciar las dependencias académicas de las instituciones universitarias por provincia del territorio argentino.

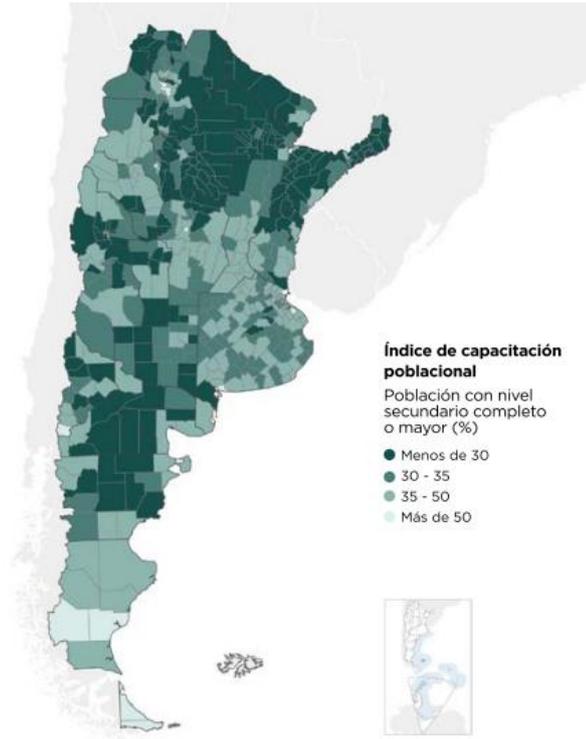


Figura 5.7. Índice de capacitación poblacional.

Fuente: Plan estratégico territorial, 2018.



Figura 5.8. Cobertura territorial de las instituciones universitarias.

Fuente: Síntesis de Información Estadísticas Universitarias, 2020-2021.

### 5.2.6. Infraestructura básica

El rol de la infraestructura básica y el equipamiento social tiene una incidencia significativa en el crecimiento económico de las regiones y en la mejora en las condiciones de vida de su población, constituyendo una plataforma fundamental de la salud y la equidad social. (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008). De la Figura 5.9 a la Figura 5.12, se observa la distribución de los servicios básicos en el país.

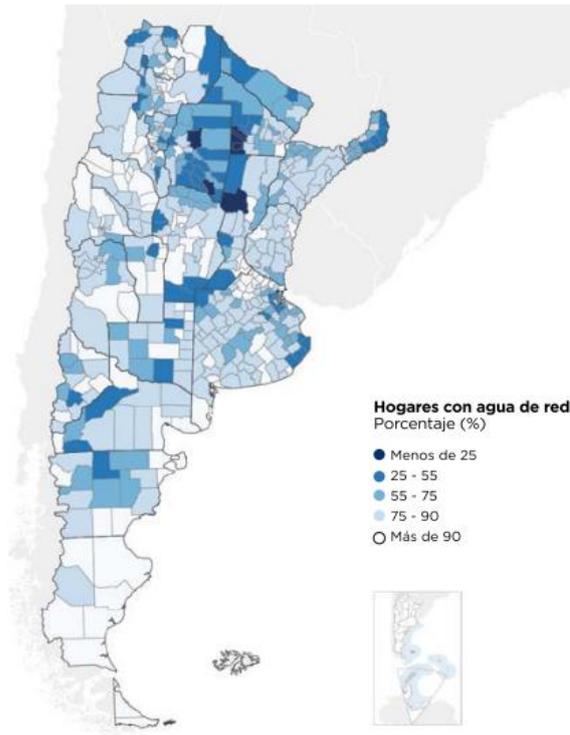


Figura 5.9. Cobertura de red de agua.  
Fuente: Plan estratégico territorial, 2018.

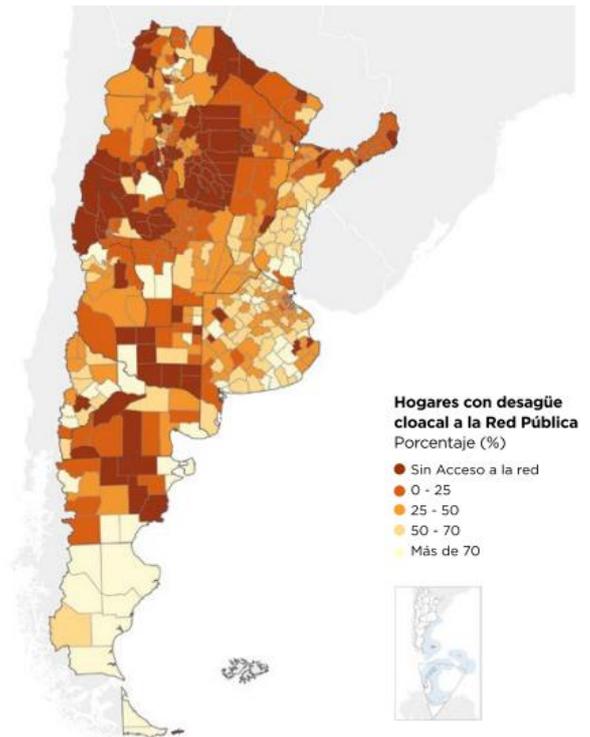


Figura 5.10. Cobertura de red de cloacas.  
Fuente: Plan estratégico territorial, 2018.

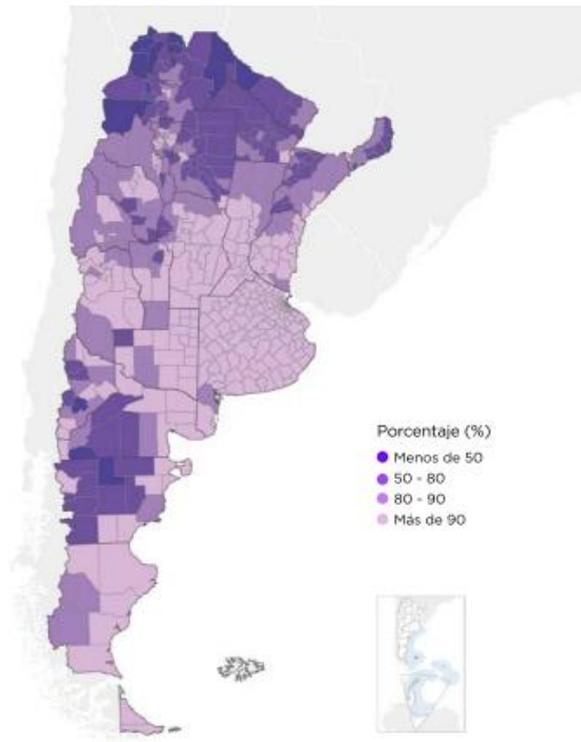


Figura 5.11. Cobertura de red eléctrica.  
Fuente: Plan estratégico territorial, 2018.

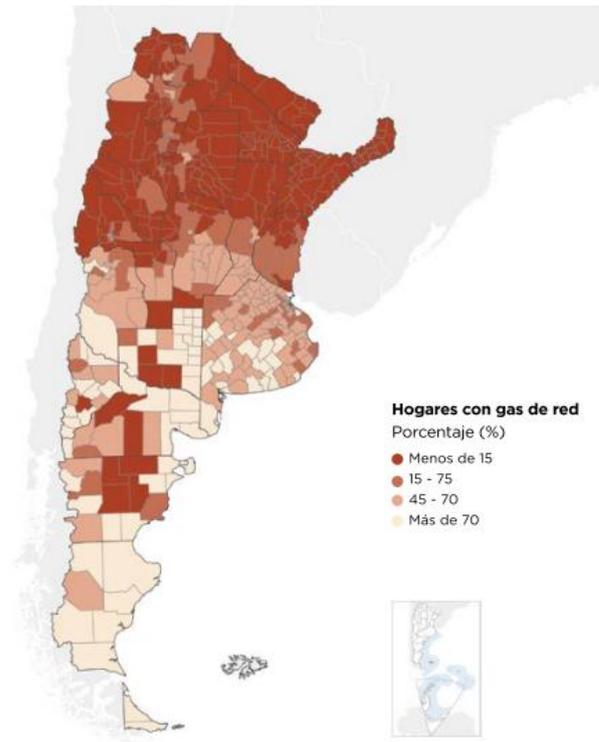


Figura 5.12. Cobertura de red de gas.  
Fuente: Plan estratégico territorial, 2018.

### 5.2.7. Conclusión macrolocalización

Según lo expuesto, se destacan las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos debido a su proximidad con los principales puertos. Las mismas reúnen las características de mano de obra disponible y calificada y, además, poseen un mayor desarrollo industrial que las demás, lo cual las convierte en zonas potenciales de consumo del ácido.

Entre las provincias mencionadas, se opta por la zona portuaria comprendida por el Sur de Santa Fe y el Norte de Buenos Aires, debido a su ubicación central en dicha zona de consumo, resultando ser estratégica como punto de venta dentro del país, tal como se representa en la Figura 5.13.



Figura 5.13. Región de la Macrolocalización.

Fuente: Google Maps.

### 5.3. MICROLOCALIZACIÓN

La microlocalización es el estudio que se hace con propósito de seleccionar la comunidad y lugar exacto para elaborar el proyecto, se elige el punto preciso dentro de la región seleccionada en la macrolocalización donde se ubicará la empresa.

Para la toma de decisión de la localización de la planta se tendrán en cuenta varios aspectos importantes como localización urbana, suburbana o rural para el transporte del personal, disponibilidad de servicios, restricciones locales, los costos de los terrenos, cercanía al centro de la ciudad, impuestos, tamaño del sitio, entre otras cuestiones.

## 5.3.1. Disponibilidad de parques y áreas industriales

En una preselección de la localización se tendrán en consideración los distintos parques y áreas industriales comprendidos en la región seleccionada, detallados en las Tabla 5.1 y Tabla 5.2. La diferencia de un parque con un área industrial está en que en estos existe la provisión, por parte del consorcio de administración, de servicios de uso común. Las instalaciones o servicios comunes pueden estar relacionados con la mejora de la productividad de las empresas ocupantes, con el suministro de servicios técnicos y sociales o con el mejoramiento de la infraestructura.

Tabla 5.1. Parques y áreas industriales en el sur de Santa Fe.

Denominación	Ubicación
Parque Industrial Oficial de Sauce Viejo	Ruta Nacional 11, Sauce Viejo
Parque Industrial Oficial de Alvear	Ruta Provincial 21, Alvear
Parque Industrial Oficial Venado Tuerto	Ruta Nacional 8, Venado Tuerto
Parque Industrial Privado de San Lorenzo	San Lorenzo
Área Industrial Oficial de Villa Gobernador Gálvez	Gálvez
Área Industrial Privada de Pérez	Pérez
Área Industrial Oficial de Villa Constitución	Villa Constitución
Área Industrial Privada de Rosario I	Rosario
Área Industrial Privada de Coronel Domínguez	Coronel Domínguez
Área Industrial Oficial de Firmat	Firmat
Área Industrial Oficial de Roldán	Roldán
Área Industrial Oficial de Puerto General San Martín	Puerto General San Martín

Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Santa Fe.

Tabla 5.2. Parques industriales en el norte de Buenos Aires.

Denominación	Ubicación
Parque Industrial Oficial Comirsa	San Nicolás de los Arroyos
Parque Industrial Norte	San Nicolás de los Arroyos

Elaboración propia. Fuente: Gobierno de Buenos Aires.

En base a los parques y áreas industriales mencionados, se descartan aquellos que no cuentan con lotes disponibles o que estén ubicados en zonas urbanas. Teniendo en cuenta esto, los seleccionados para realizar el método de puntuaciones ponderadas son los siguientes: Parque Industrial Oficial Comirsa, Parque Industrial Norte y Parque Industrial Privado de San Lorenzo.

### 5.3.1.1. Parque Industrial Oficial Comirsa

#### Disponibilidad de servicios

- Energía eléctrica: Línea de alta, media y baja tensión.
- Red de agua para producción y sanitarios.
- Desagüe pluvial y de líquidos tratados.
- Gas natural para la producción.
- Pavimento.
- Cajero automático del Banco Provincia de Buenos Aires para asesoramiento personalizado del empresario, para uso y comodidad de todo el parque.
- Seguridad jurídica, posesión inmediata.
- Fácil acceso por Ruta Nacional N°9, línea ferroviaria, aeródromo, helipuerto, transporte público y privado de pasajeros.

#### Distancia al puerto más cercano

- A 5,6 km se encuentra el Puerto San Nicolás.

#### Capacidad disponible

- Zona industrial exclusiva, donde se pueden radicar empresas de categorías 1, 2 y 3 prevista por la Ley 11.459 y el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).
- Área zonificada: PyMEs I, PyMEs II y Grandes Industrias.
- Los lotes van desde 2.000 hasta 50.000 m<sup>2</sup>.
- Cuenta con 485 hectáreas con todos los servicios de las cuales 80 están disponibles.

#### Costo del terreno

- 47 USD/m<sup>2</sup>, el dólar está cotizado al precio oficial.

#### Disponibilidad de la mano de obra

- La ciudad de San Nicolás tiene 165.375 habitantes.

### 5.3.1.2. Parque Industrial Norte

#### Disponibilidad de servicios

- Red de telefonía, 4G y fibra óptica.
- Pórtico de ingreso con guardia de 24 horas, control de acceso, cámaras de seguridad y cerco perimetral.
- Energía eléctrica: Red de media y baja tensión. Iluminación LED.

- Red de agua corriente, red de cloacas, red pluvial, reservorio hídrico.
- Planta de tratamiento de efluentes cloacales.
- Salón de usos múltiples, sala de capacitación, sala de reuniones y coworking de uso común. Infraestructura y servicios de soporte.
- Situado sobre la autopista Buenos Aires – Rosario, con excelentes accesos. Cercano a la línea de ferrocarril y aeroclub.

Distancia al puerto más cercano

- A 13 km se encuentra el Puerto San Nicolás.

Capacidad disponible

- Los lotes van desde 2.000 a 7.000 m<sup>2</sup>.
- El 5% de los lotes están disponibles.

Costo del terreno

- 42 USD/m<sup>2</sup>, el dólar está cotizado al precio oficial.

Disponibilidad de la mano de obra

- La ciudad de San Nicolás tiene 165.375 habitantes.

### 5.3.1.3. Parque Industrial Privado de San Lorenzo

Disponibilidad de servicios

- Red Eléctrica de Baja y Media Tensión. Iluminación Interior y Alumbrado Público exterior.
- Red de Agua Corriente.
- Red de Gas Natural.
- Red de Cloacas.
- Sistema desagües pluviales.
- Red de Telefonía, Servicio de Internet / Wi-Fi.
- Balanza y Depósito común.
- Salón de Usos Múltiples (SUM).
- Centro de Emergencias Médicas y Primeros Auxilios.
- Doble Cerco Perimetral, Seguridad Privada las 24 hs y Sistema Integrado de Monitoreo.
- Banco.
- Acceso directo a la Ruta Provincial N° 10, la Autopista Rosario–Santa Fe y las vías del Ferrocarril G. Mitre (NCA).

Distancia al puerto más cercano

- A 5,9 km se encuentra el Puerto San Lorenzo.

Capacidad disponible

- Los lotes van desde 1.250 a 20.000 m<sup>2</sup>.
- No posee con capacidad disponible a excepción de revendedores particulares.

Costo del terreno

- 65 USD/m<sup>2</sup>, el dólar está cotizado al precio oficial.

Disponibilidad de la mano de obra

- La ciudad de San Lorenzo tiene 49.388 habitantes.

### 5.3.2. Método de puntuaciones ponderadas

Este método se basa en ponderar a diferentes factores que se deben considerar para la ubicación de la planta, según su importancia, de manera que la sumatoria de todas las ponderaciones sea igual a 100. Posteriormente, se le asigna un puntaje (%) a los factores por región, representando 100% la perfección para el factor en cuestión.

Luego, esos porcentajes se multiplican por las ponderaciones correspondientes, obteniendo el grado de perfección. Como último paso, se realiza la sumatoria de los mismos para poder compararlos. El mayor valor obtenido indica la región más adecuada para establecer la fábrica.

A continuación, en la Tabla 5.3, se realiza el análisis para el presente proyecto.

Tabla 5.3. Método de ponderación.

Factor	Ponderación	Parque Industrial Oficial Comirsa		Parque Industrial Norte		Parque Industrial Privado de San Lorenzo	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado
Disponibilidad de servicios	25	80	20	70	17,5	100	25
Valor del terreno \$/m <sup>2</sup>	10	90	9	100	10	50	5
Beneficios impositivos	10	100	10	100	10	90	9
Capacidad disponible	20	100	20	70	14	10	2
Costo de flete de materia prima	25	100	25	90	22,5	100	25

Disponibilidad de la mano de obra	10	100	10	100	10	70	7
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>94</b>		<b>84</b>		<b>73</b>

Elaboración propia.

Mediante la implementación de este método se logra identificar que la ubicación más adecuada es el Parque Industrial Oficial Comirsa. A continuación, en la Figura 5.14, se detalla el plano del área para PyMEs II y Grandes Industrias, donde estaría localizada la planta de ácido sulfúrico debido a su dimensión.



Figura 5.14. Plano Parque Industrial Oficial Comirsa de la zona de PyMEs II y grandes industrias.

Fuente: Comirsa.

### 5.3.3. Legislación provincial

#### Programas de promoción

Las empresas comprendidas por los alcances de la Ley 13.646 podrán gozar de los siguientes beneficios y franquicias:

- Acceso a inmuebles de dominio privado del Estado en condiciones preferenciales;
- Exención de impuestos provinciales;
- Accesos a financiamiento con condiciones preferenciales;

- d) Preferencia en las licitaciones del Estado Provincial en caso de que exista una diferencia igual o menor del 5% en las condiciones y precios con otras empresas no comprendidas en la presente ley. Dicho porcentaje se ampliará hasta el 10% para las empresas con certificación de calidad de reconocimiento internacional;
- e) Los beneficios sobre tasas y derechos municipales que cada comuna establezca en adhesión a la presente ley.
- f) Acceso a los beneficios del Fondo de Garantías Buenos Aires.
- g) Participación en los sistemas provinciales de desarrollo de proveedores y de promoción de la oferta y subcontratación interindustrial e intraindustrial.
- h) Apoyo en la obtención de las certificaciones de calidad, que sean definidas por la Autoridad de Aplicación.
- i) Descuentos en las prestaciones de servicio de: energía eléctrica, gas, agua y comunicaciones de acuerdo a los convenios que establezcan los Municipios adherentes a la presente Ley y la Provincia con las empresas prestatarias.
- j) Asistencia gubernamental en la gestión de los recursos humanos (Ley 13.656 - B.O. 25644, 2007)

### Créditos, garantías y avales

El Poder Ejecutivo podrá otorgar o promover el otorgamiento de financiamiento destinado a la construcción y/o equipamiento de las plantas industriales con sumas provenientes del Fondo Permanente de Promoción Industrial. En el caso de créditos de otorgamiento directo, tal financiamiento deberá estar respaldado mediante la constitución de garantías a favor del Estado Provincial (Ley 13.656 - B.O. 25644, 2007).

### Exenciones impositivas

Las empresas beneficiadas podrán gozar de una exención total de hasta diez (10) años según el Plan de Desarrollo Industrial de los Impuestos de los Ingresos Brutos e Impuesto Inmobiliario: Inmobiliario, sobre los ingresos brutos (o el que en el futuro lo sustituya), sellos, automotores, sobre los consumos energéticos, y otros servicios públicos, de acuerdo a lo que determine la reglamentación (Ley 13.656 - B.O. 25644, 2007).

# **CAPÍTULO 6**

# **SELECCIÓN Y ADOPCIÓN DEL**

# **PROCESO**

## 6. SELECCIÓN Y ADOPCIÓN DEL PROCESO

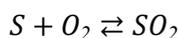
### 6.1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo que se presenta a continuación se describen los diferentes métodos para la obtención de ácido sulfúrico. A partir de ello, se elige el proceso más favorable teniendo en cuenta características económicas, materia prima, rendimiento, tipo de catalizador, condiciones de operación, entre otros.

### 6.2. MÉTODOS DE TRATAMIENTO DEL AZUFRE

#### 6.2.1. Combustión en horno rotativo

La obtención del  $SO_2$  a partir de azufre se realiza quemando azufre según la siguiente estequiometría:



El azufre se quema con aire limpio que ha sido secado al pasar por ácido sulfúrico de 93-99% p/p. Esta reacción es fuertemente exotérmica y el calor de reacción puede ser aprovechado, en parte, en otros procesos, de modo que los gases de la cámara de combustión se enfrían cediendo calor a un calentador de agua. El azufre debe ser de elevada pureza y no contener elementos nocivos, especialmente arsénico, para los catalizadores de la reacción posterior de conversión de  $SO_2$  en  $SO_3$ . En la Figura 6.1 se representa esquemáticamente este proceso.

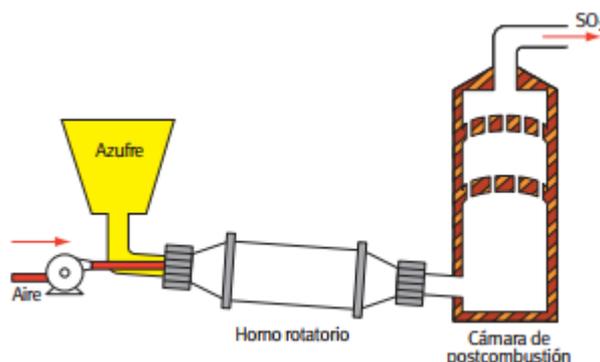


Figura 6.1. Esquema del proceso de combustión del azufre en hornos rotatorios.

Fuente: Katz.

Los hornos rotatorios tienen capacidades de carga que varían entre 3 y 20 toneladas de azufre diarias. En estos casos, el aire se toma directamente sin secar. Los hornos están revestidos interiormente de material refractario y tienen anillos de reparto con el fin de distribuir la carga y conseguir una combustión completa. Los gases producidos atraviesan una cámara de postcombustión antes de pasar a los aparatos donde se producirá la conversión a  $SO_3$ .

### 6.2.2. Combustión en cámara

El azufre se funde en un aparato que calienta el líquido a 135-140 °C y debe pasar a través de un conducto calentado con vapor, a un inyector juntamente con aire comprimido que lo pulveriza en el interior de la cámara de combustión, donde arde con una corta llama azul. La Figura 6.2 muestra un esquema simplificado de este proceso. Se requiere que el azufre esté finamente dividido para evitar su posible sublimación. A continuación, se obliga a los gases a cambiar repetidas veces de dirección, o se los hace pasar a través de enrejados de gran superficie con el fin de conseguir la completa combustión del azufre.

Cuando los gases se emplean en la fabricación del  $H_2SO_4$  por el método de contacto, se debe insuflar aire previamente desecado, ya que durante la combustión del azufre se produce, aunque en pequeña escala, una oxidación que lo convierte en  $SO_3$ , por lo que, si se emplea aire húmedo, se transforma en ácido sulfúrico provocando la corrosión de los equipos. El uso de aire seco permite que todos los equipos puedan ser construidos en hierro. Los gases sulfurosos que salen de la cámara de postcombustión pasan a un cambiador de calor donde se enfrían y luego son filtrados mediante filtros de cuarzo, de cerámica o filtro eléctrico, antes de entrar a los hornos de catálisis (Katz, Azufre, 2011)

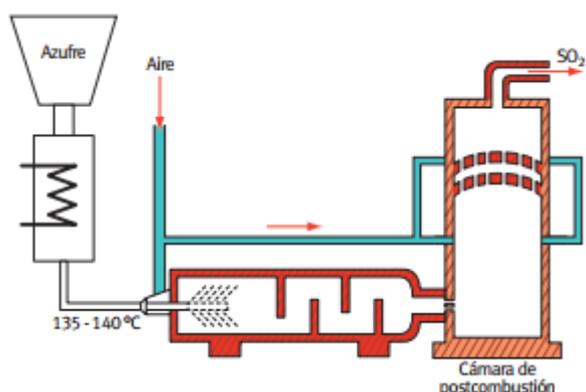


Figura 6.2. Horno de combustión de azufre pulverizado.

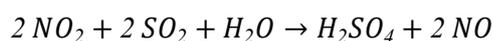
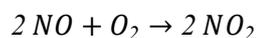
Fuente: Katz.

### 6.3. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

Existen dos grandes procesos por los cuales se ha producido o se produce ácido sulfúrico industrialmente: el proceso de cámara y el proceso de contacto. El primero de estos dos fue el más importante en los primeros años del siglo XX, pero ahora ha caído en desuso (Loayza P., Silva M., Najarro V., & Tafur E., 2013).

### 6.3.1. Proceso de las cámaras de plomo

En el proceso de las cámaras de plomo, el óxido de azufre se oxida hasta trióxido de azufre ( $SO_3$ ), que posteriormente se combina con agua para generar el ácido sulfúrico. Las reacciones involucradas en este proceso corresponden a:



En estas reacciones el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) actúa como agente oxidante. Los productos finales de este proceso, como se observa en la Figura 6.3, son el ácido sulfúrico y óxidos de nitrógeno. Por este procedimiento se obtiene ácido sulfúrico de concentración 78% p/p, que es una de sus desventajas con respecto al proceso de contacto donde se logran concentraciones del producto de 98% p/p.

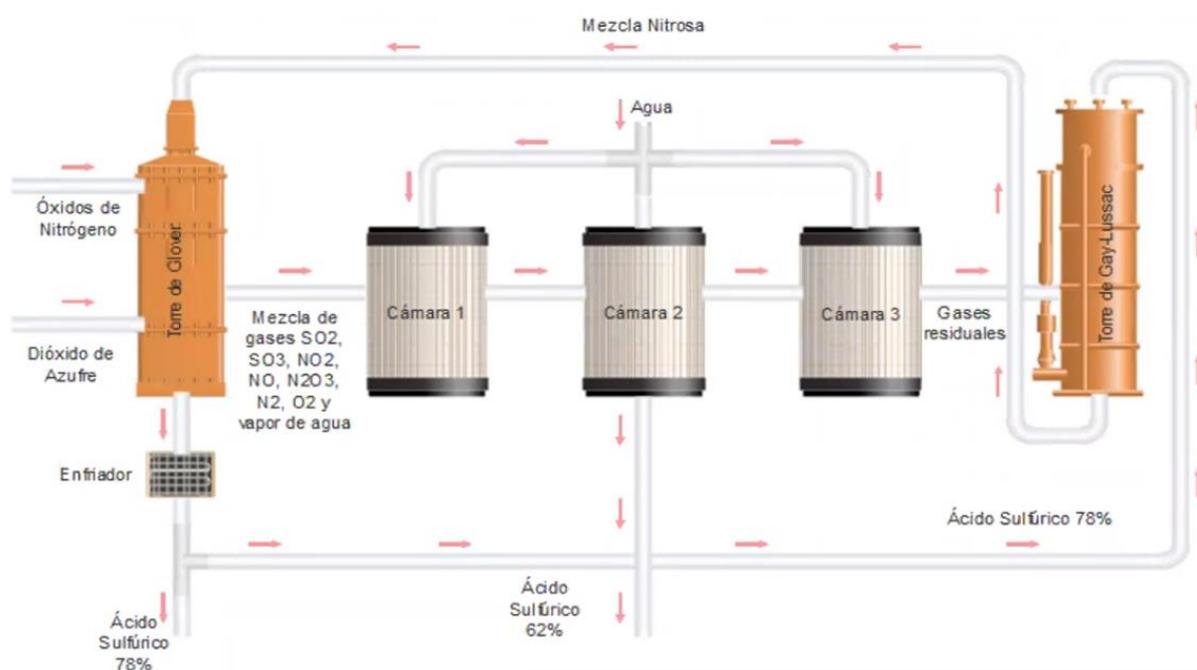


Figura 6.3. Proceso de las cámaras de plomo.

Fuente: Ing. Tacachiri, José.

### 6.3.2. Procesos de contacto

#### 6.3.2.1. Proceso de contacto simple

En la actualidad, los procesos de contacto que no incluyen una absorción intermedia se emplean únicamente en plantas nuevas que procesan gases con contenidos de  $SO_2$  que varían continuamente dentro de un rango relativamente amplio de aproximadamente entre 6–10% en volumen. En estos procesos, los gases que contienen  $SO_2$  y que han sido cuidadosamente limpiados y secados se oxidan a trióxido de azufre en presencia de catalizadores conteniendo álcalis y óxidos de vanadio. El  $SO_3$ , así

producido, se absorbe en ácido sulfúrico concentrado en una torre de absorción y se combina con el agua existente en el ácido absorbente. El ácido absorbente se mantiene a una concentración aproximada del 98% p/p mediante la adición de agua o de ácido diluido.

El proceso de contacto simple se usa generalmente con un contenido de SO<sub>2</sub> en los gases de entrada del 3 al 10% en volumen. En las plantas nuevas, el promedio diario de eficiencia de conversión es de alrededor del 98,5% y mediante la implementación de algunas mejoras, y el uso de catalizadores activados con cesio (como sulfato), puede alcanzar el 99,1%. En las plantas con cierta antigüedad, la eficiencia de conversión raramente supera el 98% si bien en algunos casos se han informado conversiones del 98,5% (Katz, Azufre, 2011).

En la siguiente figura se esquematiza el proceso de contacto simple.

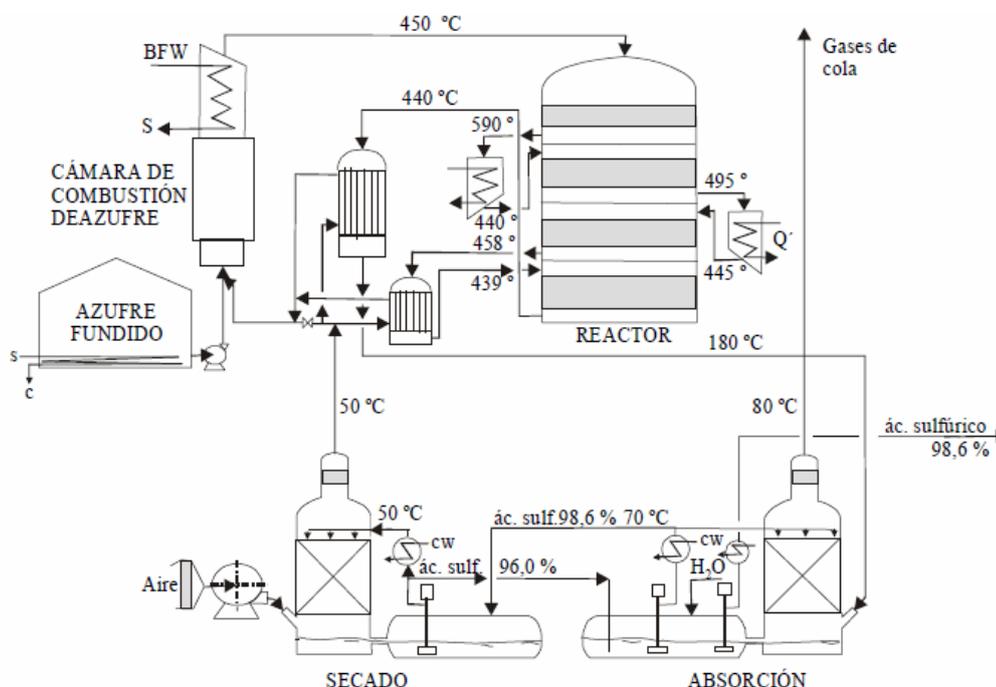


Figura 6.4. Esquema de la obtención de ácido sulfúrico por el método de contacto simple.

Fuente: Cátedra Integración IV.

### 6.3.2.2. Proceso de contacto doble

En el proceso de doble contacto, el grado de conversión obtenido es del orden del 99,5%, dependiendo de la disposición de los lechos de contacto y del tiempo de contacto que precede al absorbedor intermedio (Ashar & Golwalkar, 2013).

La Figura 6.5 muestra un diagrama esquemático de una planta que obtiene ácido sulfúrico a partir de azufre que opera por el método de contacto con doble absorción. El azufre fundido se quema en la cámara de combustión con aire limpio que ha sido secado haciéndolo pasar por ácido sulfúrico 93-

99% p/p. Los gases que salen de la misma se enfrían al pasar por un recuperador de calor e ingresan a una torre de conversión que contiene el catalizador a base de pentóxido de vanadio. Usualmente, el 95-98% del dióxido de azufre de la cámara de combustión se convierte en trióxido de azufre, proceso que, al ser exotérmico, libera una considerable cantidad de calor. El convertidor tiene adosados intercambiadores de calor que, al disminuir la temperatura, favorecen la conversión del  $\text{SO}_2$  desplazando la posición de equilibrio hacia la formación de  $\text{SO}_3$ . Los gases que salen de los intercambiadores de calor conteniendo  $\text{SO}_3$  y  $\text{SO}_2$  son enviados a una torre de absorción donde, en contacto con el agua del ácido sulfúrico, el  $\text{SO}_3$  se convierte en ácido (Katz, Azufre, 2011). De esta torre de absorción se obtiene ácido de concentración del 99-99,5% p/p y la corriente libre de trióxido de azufre se envía a un intercambiador de calor donde se aumenta su temperatura para ingresar en el cuarto lecho.

El proceso de conversión concluye cuando la mayor proporción del  $\text{SO}_2$  restante es transformado en  $\text{SO}_3$  en el último lecho, alcanzando la transformación global de 99,85%. El gas que sale de este último lecho se enfría y se dirige a la torre de absorción final. Como esta torre recibe gas con baja concentración de  $\text{SO}_3$ , la producción de ácido sulfúrico es menor en esta última parte (Noracid, 2021).

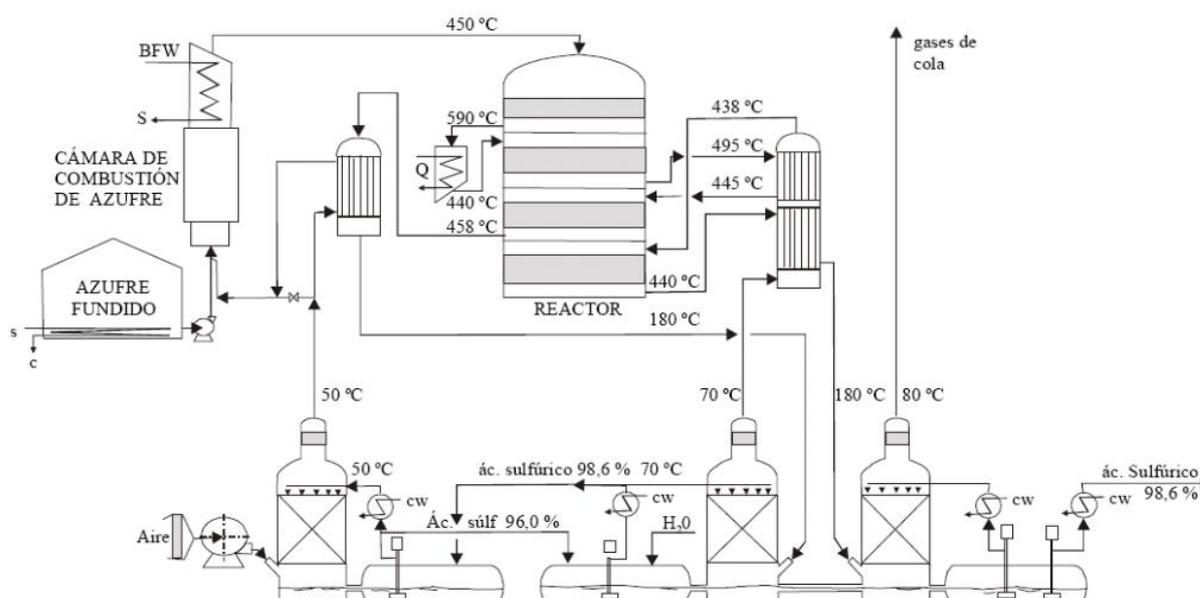


Figura 6.5. Esquema de una planta de ácido sulfúrico por combustión de azufre por el proceso de contacto doble.

Fuente: Cátedra Integración IV.

### 6.3.2.3. Proceso de contacto húmedo

Contrastando con los métodos tradicionales de contacto en los que se tratan mezclas secas de  $\text{SO}_2$ /aire, existen procesos como el de la Figura 6.6, en los que los gases de entradas son húmedos. Estos métodos utilizan el dióxido de azufre proveniente de la combustión de sulfuro de hidrógeno:



En estos métodos el  $SO_2$  se convierte en  $SO_3$  acompañado del vapor de agua generado en la combustión con el que se forma el ácido sulfúrico. Estos procesos han sido desarrollados para tratar productos gaseosos con un contenido mínimo de 10% en volumen de  $H_2S$  que se forman en los hornos de carbón mineral, refinerías de petróleo, plantas de gasificación de combustibles sólidos, de purificación de gas natural, plantas de producción de sulfuro de carbono y de fibras sintéticas, etc. Últimamente, se han instalado este tipo de plantas para producir ácido sulfúrico a partir de los gases de la tostación de minerales de molibdeno.

Si los gases contienen menos del 10% en volumen de  $H_2S$  debe adicionarse azufre a la combustión. Por estos métodos se obtiene ácido sulfúrico de 78-93% p/p.

Los gases de entrada se hacen pasar por precipitadores electrostáticos para eliminar las partículas sólidas que puedan arrastrar y son precalentados mediante un intercambiador de calor rotatorio. Luego, pasan por un compresor que compensa las pérdidas de presión debidas a la contracción de volumen que produce la reacción. En el convertidor catalítico, el  $SO_2$  se transforma en  $SO_3$ . Los gases conteniendo  $SO_3$  se enfrían en un intercambiador de calor gas-gas donde parte del  $SO_3$  reacciona con el vapor de agua de los gases para formar vapor de ácido sulfúrico. El vapor de ácido sulfúrico se condensa y concentra en los tubos de vidrio al borosilicato de un condensador MTFFC (*Multitube falling film condenser*) refrigerado por aire (donde la formación de neblina ácida es minimizada) (Katz, Azufre, 2011).

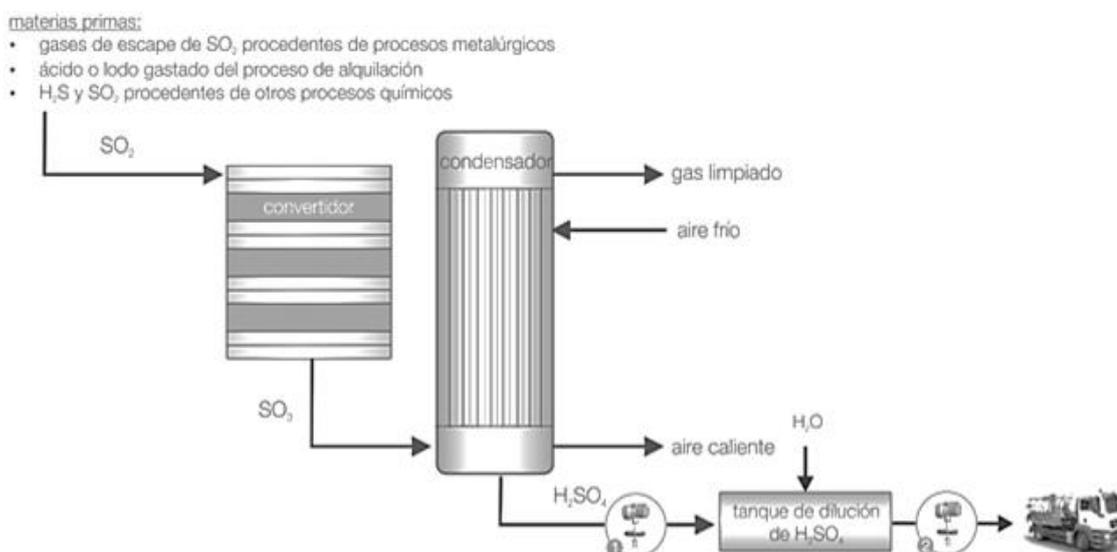
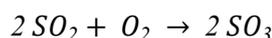


Figura 6.6. Esquema de una planta de ácido sulfúrico por combustión de azufre por el proceso de contacto húmedo.

Fuente: SensoTech.

#### 6.3.2.4. Proceso de doble contacto bajo presión

No son muchas las plantas que operan mediante el proceso de doble contacto bajo presión. Comparadas con los métodos convencionales de contacto doble presentan algunas ventajas y algunas desventajas. La principal ventaja radica en que, siendo la conversión de  $SO_2$  a  $SO_3$  aumenta a medida que aumenta la presión de operación, ya que hay una reducción de volumen durante la reacción.



Este aumento se puede lograr manteniendo temperaturas óptimas en el lecho de catalizador.

Se han informado eficiencias de conversión de 99,8-99,85%. Con eficiencias tan elevadas, los gases de cola pueden contener menos de 200-250 ppm (en volumen) de  $SO_2$ . Sin embargo, la combustión a presión y temperaturas elevadas (400-600°C) provoca que pequeñas cantidades de los componentes del aire reaccionan entre sí, con lo que los gases de cola contienen mayor porcentaje de óxidos de nitrógeno (Katz, Azufre, 2011).

El aumento de la presión del gas de proceso puede reducir el tamaño requerido del equipo y la cantidad de catalizador, pero el mayor consumo de energía del soplador compensa la ventaja ganada. Por lo tanto, la mayoría de las plantas están construidas para operar a sólo un poco por encima de la presión atmosférica (Ashar & Golwalkar, 2013).

La principal desventaja de estos métodos es que consumen más energía y producen menos vapor que las plantas convencionales que operan por doble contacto (Katz, Azufre, 2011).

#### 6.4. COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO

Entre los métodos de tratamiento del azufre, se distingue la combustión en horno rotativo y en cámara. En la primera opción, la fusión del azufre y el contacto con el aire se realiza en el mismo espacio. Una desventaja notable es la reducción de la eficiencia en caso de una caída de temperatura debido a un mal funcionamiento, peligro o cualquier otro inconveniente.

En el segundo caso, la fusión de azufre se realiza por separado sin contacto con el aire para la oxidación en  $SO_2$ . El azufre fundido se suministra a un reactor (rociado) junto con un flujo a contracorriente de aire seco para permitir la reacción de oxidación y producir dióxido de azufre. El compromiso del estado de eficiencia objetivo anterior es menos probable que ocurra en esta configuración. (Subasgar & Otros, 2013)

Se selecciona esta última opción considerando la eficiencia constante de la oxidación de azufre que es operativamente más favorable con menos variación en la composición del material de proceso, debido a que este método presenta la posibilidad de filtrar el azufre fundido previo a la etapa de oxidación.

Con respecto a la producción del ácido sulfúrico, el método de las cámaras de plomo es el más antiguo, actualmente no se utiliza ya que el ácido obtenido como producto presenta una concentración máxima que ronda entre el 65 y 78 % p/p de pureza. Teniendo en cuenta esto, se descarta como opción debido a que con los métodos de contacto se puede alcanzar una concentración superior entre 98 y 99,6% p/p, razón atribuible a la actividad catalítica del  $V_2O_5$  y, además, este método emplea menos energía en la etapa de combustión de la materia prima.

De los métodos de contacto, en primer lugar, se decide prescindir del proceso de contacto húmedo puesto que no se emplea a gran escala debido a la generación de neblina de ácido sulfúrico en la absorción directa de  $SO_3$  a  $H_2O$ .

Por consiguiente, sólo resta la evaluación de los procesos de simple y doble contacto. La desventaja del proceso de contacto simple radica en el hecho de que la conversión máxima de  $SO_2$  es alrededor del 98%. Añadiendo un segundo absorbedor de  $SO_3$  y trabajando con un proceso de contacto doble, se puede alcanzar una conversión del 99,5% - 99,8%. Si bien los costos de instalación de estas plantas son mayores que los correspondientes a plantas por contacto simple, este proceso da como resultado un aumento de la eficiencia global y, por tanto, de la productividad. Además, genera una menor emisión de gases contaminantes, lo que hace que estas plantas se adecuen a las disposiciones sobre contaminación ambiental.

En base a lo expuesto en este apartado, se elige el proceso de contacto doble como método de producción en el proyecto.

# **CAPÍTULO 7**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En el presente capítulo se describe de forma detallada el proceso elegido para el proyecto, el método de doble contacto esquematizado en la Figura 7.1, que consta de tres secciones las cuales son:

- Sección 100: Preparación de la alimentación.
- Sección 200: Reacción.
- Sección 300: Absorción reactiva.

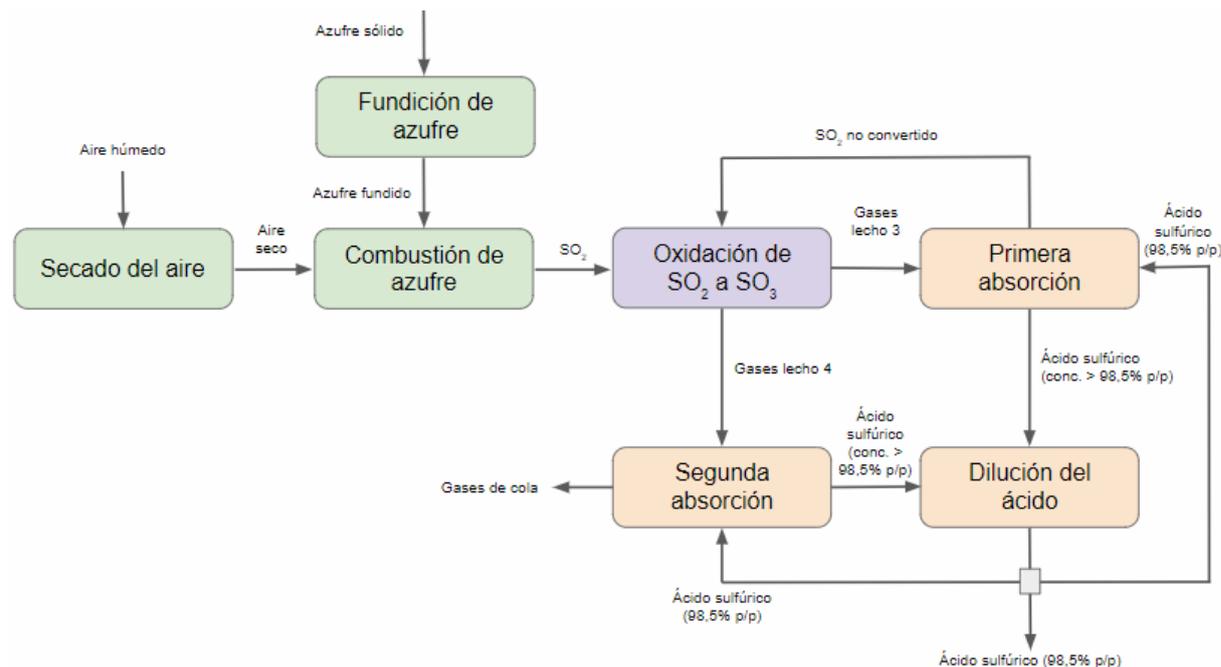


Figura 7.1. Diagrama de bloques.

Elaboración propia.

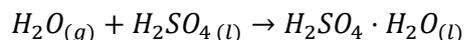
### 7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS

#### 7.1.1. Tratamiento del aire

El aire ambiente ha de ser filtrado y secado previamente para retirar las partículas y la humedad con el fin de evitar problemas por acumulación en los lechos de catalizador y por corrosión en los equipos debido a la generación de condensaciones ácidas en lugares indeseados del proceso, es decir, fuera de las torres de absorción (Valero Santos, Estudio del diseño del proceso de producción de ácido sulfúrico mediante el modelado, 2022).

El filtrado se realiza mediante telas previo a la deshidratación con ácido sulfúrico, introducido mediante unas boquillas especiales que distribuyen el ácido uniformemente por la sección de la torre de secado. Se aprovecha la fuerte afinidad del ácido sulfúrico concentrado con el agua, lo cual lo

convierte en un buen agente secante ya que remueve el agua de la corriente de aire mediante el proceso descrito en la siguiente reacción.



El aire seco luego se dirige al reactor de combustión de azufre.

### 7.1.2. Fundición del azufre

Para facilitar la introducción del azufre sólido en el horno, se funde y se calienta hasta una temperatura en la que la viscosidad sea mínima para que sea más fácil su transporte y dispersión en el reactor de combustión, esto se logra usando camisas y tuberías de vapor. En la Figura 7.2 se observa que la temperatura a la cual se presenta la menor viscosidad es 160°C, pero para mayor seguridad se trabaja a 140°C, cuya temperatura se mantiene haciendo circular vapor a 150-160°C a través de las tuberías de vapor del tanque de almacenamiento de azufre próximo a ingresar al quemador. El enorme aumento de la viscosidad del azufre justo por encima de los 160°C se debe a una transición de moléculas de anillo S<sub>8</sub> a moléculas de cadena S entrelazadas largas (G. Davenport & J. King, 2006).

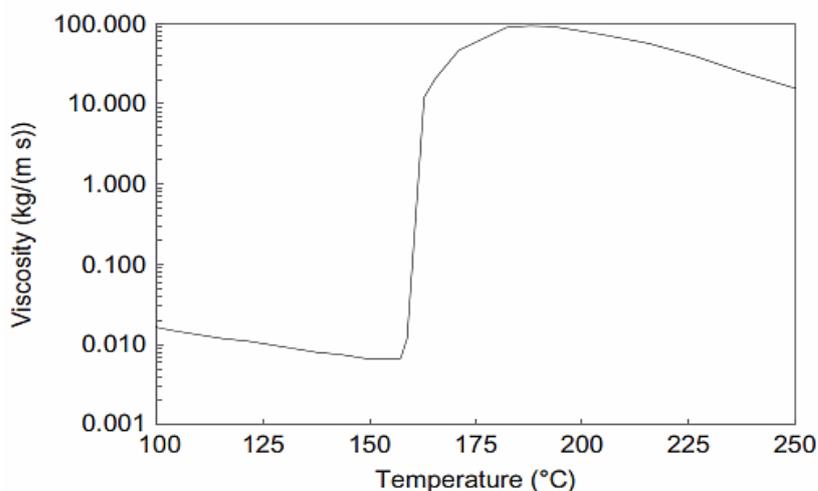


Figura 7.2. Viscosidad del azufre fundido en función de la temperatura.

Fuente: Tuller, 1954.

### 7.1.3. Oxidación del azufre a dióxido de azufre

En el reactor de combustión de azufre ocurre la siguiente reacción en presencia de oxígeno en exceso formando una mezcla de gases calientes de SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>:



La temperatura y composición del producto de la reacción se controlan fácilmente ajustando la relación aire/azufre de entrada del reactor de combustión. El producto de esta contiene 12% v/v de SO<sub>2</sub>, 9% v/v de O<sub>2</sub> y 79 % v/v de N<sub>2</sub>, composición óptima para la posterior oxidación catalítica del SO<sub>2</sub>, y se encuentra a una temperatura entre 1100-1200°C. Esta corriente se enfría en un intercambiador de calor hasta 420-430°C antes de ingresar al primer lecho del reactor catalítico para llevar a cabo la oxidación del dióxido de azufre.

#### 7.1.4. Reacción catalítica

Una vez concluido el proceso de combustión, la siguiente etapa corresponde a la conversión de SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub>. Para lograrlo, el gas resultante del proceso de combustión es enviado a un reactor catalítico.

Debido a la acción del catalizador, compuesto por un 7,5-8,5% en peso de óxido de vanadio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y un 18-23% de sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sobre la masa de catalizador total. La reacción que se verifica es la siguiente, la cual tiene una eficiencia del 99,85%.



El reactor catalítico opera de forma adiabática y consta de cuatro lechos, con una configuración 3+1, esto significa que en una primera fase el dióxido de azufre pasa por tres lechos catalíticos, a partir de los cuales se realiza una primera absorción de parte del trióxido de azufre formado, para luego ingresar al lecho catalítico restante, previo a la segunda absorción del trióxido de azufre.

Debido a la caída de la constante de equilibrio con la temperatura, el porcentaje de conversión disminuye con la temperatura siguiendo una curva, como la descrita por la línea punteada de la Figura 7.3. Esta figura muestra la relación entre la conversión total del dióxido de azufre y la temperatura, así como la conversión conseguida en cada lecho del reactor.

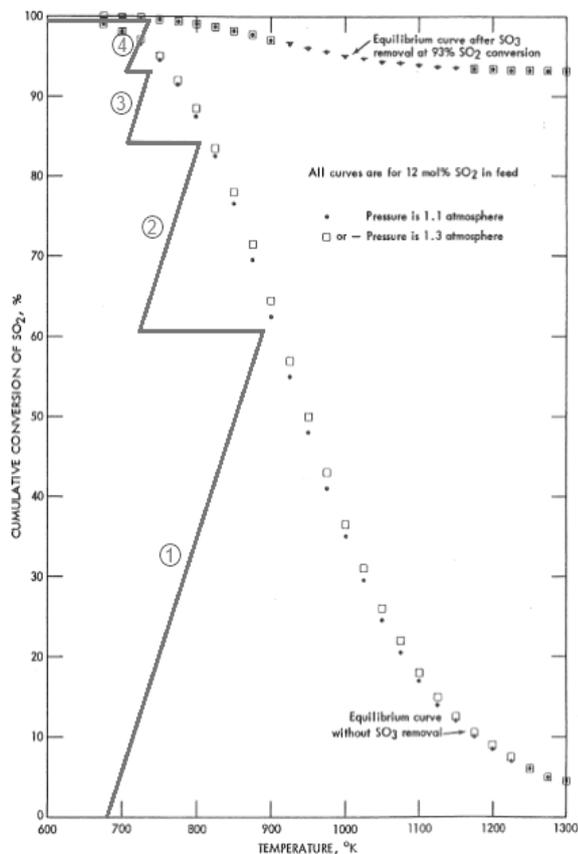


Figura 7.3. Conversión de SO<sub>2</sub> vs Temperatura.

Fuente: SRI Internacional, Sulfuric acid from sulfur new plant design.

El mayor rendimiento compatible con la mejor velocidad de reacción debería obtenerse mediante una conversión isotérmica, lo cual implica absorber, a medida que se produce, el calor liberado en la oxidación. Sin embargo, como la catálisis es heterogénea, es imposible absorber el calor de los gases y del catalizador con la misma velocidad, por lo que se opera de modo casi adiabático, en el que los tiempos de contacto de los gases con las masas de catalizador son pequeños, enfriándose en etapas sucesivas a medida que los gases pasan de un lecho a otro (Katz, Azufre, 2011).

La conversión de SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> se realiza a una temperatura de entrada a cada lecho de aproximadamente 420°C. Tras pasar por el lecho uno, el 60% del SO<sub>2</sub> se transforma en SO<sub>3</sub>, en el segundo lecho del convertidor se logra que el 85% del SO<sub>2</sub> total llegue a transformarse en SO<sub>3</sub> y en el tercer lecho se alcanza una conversión global del 94%. El flujo continúa al intercambiador de calor gas-gas que enfría los gases hasta los 200°C y los envía a la torre de absorción intermedia, lo cual corresponde a la primera parte de la producción de ácido sulfúrico (Noracid, 2021).

#### 7.1.5. Primera absorción y retorno al reactor catalítico

La torre de absorción intermedia produce la mayor cantidad de ácido. El gas ingresa por la parte inferior, proveniente del tercer lecho, entra en contacto en contracorriente con ácido ya existente que recircula hacia las torres de absorción y se adiciona agua para formar ácido sulfúrico a la concentración deseada (98,5% p/p), lo cual se puede observar en la siguiente reacción exotérmica.



El ácido formado abandona la torre a 110-120°C hasta una concentración del 99-99,5% p/p y la corriente libre de trióxido de azufre se envía a un intercambiador de calor donde se aumenta su temperatura para ingresar en el cuarto lecho.

El proceso de conversión concluye cuando la mayor proporción del SO<sub>2</sub> restante es transformado en SO<sub>3</sub> en el último lecho, alcanzando la conversión global de 99,85%. El gas que sale de este último lecho se enfría y se dirige a la torre de absorción final. Como esta torre recibe gas con baja concentración de SO<sub>3</sub>, la producción de ácido sulfúrico es menor en esta última parte (Noracid, 2021).

#### 7.1.6. Segunda absorción

El gas se introduce por el fondo de la torre de absorción, donde se introduce por cabeza ácido sulfúrico concentrado al 98,5% a aproximadamente 60°C, de esta forma se produce la absorción del trióxido de azufre por parte del ácido sulfúrico, quedando libre una corriente gaseosa con el dióxido de azufre no convertido, esta corriente gaseosa pasa por un eliminador de niebla y es vertido a la atmósfera.

La corriente de ácido abandona la torre de absorción con una concentración del 98,7-99%. Tras esto empieza la etapa de dilución del ácido (Díaz Velázquez, 2017).

#### 7.1.7. Dilución del ácido sulfúrico

El sistema de dilución cuenta con dos tanques, uno recibe las corrientes de ácido provenientes de la torre de secado de aire y de la absorción intermedia, mientras que la torre de absorción final cuenta con un tanque de descarga individual. A ambos tanques se les adiciona agua de dilución. En el tanque de la columna de absorción final, se mantiene un volumen constante derivando la fracción de ácido generada en esta etapa hacia el primer tanque, del cual se obtiene la corriente de producto final.

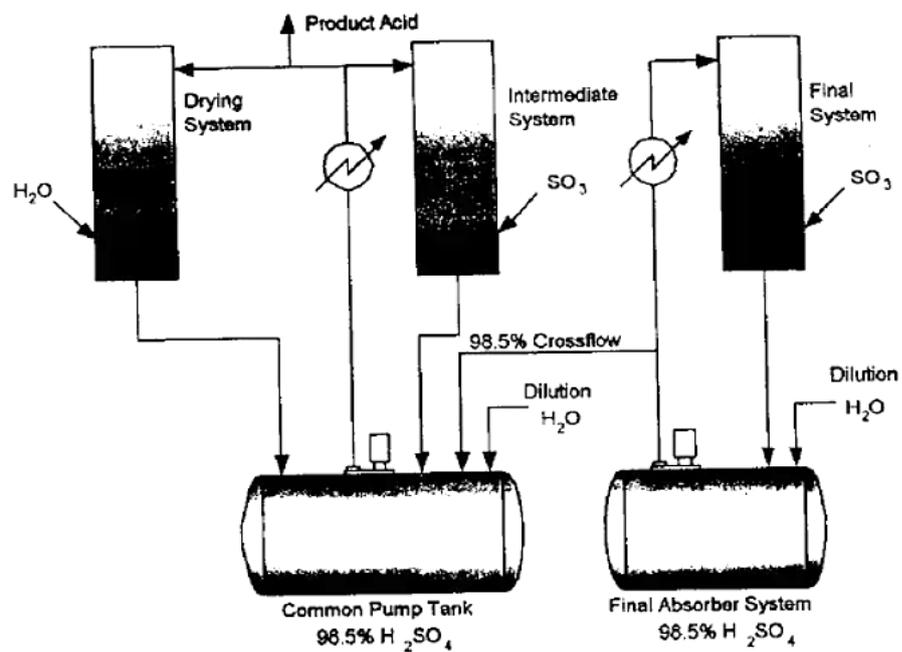


Figura 7.4. Sistema de dilución.

Fuente: Douglas K. Louie, 2005

# **CAPÍTULO 8**

## **BALANCE DE MASA Y**

### **ENERGÍA**

El contenido de este capítulo se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- [jpmacellari@gmail.com](mailto:jpmacellari@gmail.com)
- [luisinamagalimartinez@gmail.com](mailto:luisinamagalimartinez@gmail.com)
- [rociosoledadrosso.rr@gmail.com](mailto:rociosoledadrosso.rr@gmail.com)

# **CAPÍTULO 9**

# **DISEÑO Y ADOPCIÓN DE**

# **EQUIPOS**

El contenido de este capítulo se debe consultar a los autores a los siguientes correos electrónicos:

- [jpmacellari@gmail.com](mailto:jpmacellari@gmail.com)
- [luisinamagalimartinez@gmail.com](mailto:luisinamagalimartinez@gmail.com)
- [rociosoledadrosso.rr@gmail.com](mailto:rociosoledadrosso.rr@gmail.com)

# **CAPÍTULO 10**

## **SERVICIOS AUXILIARES**

## 10. SERVICIOS AUXILIARES

### 10.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo presentar los servicios auxiliares requeridos por la planta de ácido sulfúrico para completar de manera satisfactoria cada una de las actividades involucradas en el proceso productivo, que en ausencia de estos sería imposible de llevar a cabo.

### 10.2. CONSUMO DE AGUA

Se utiliza agua para el enfriamiento de las distintas etapas, con el objetivo de disminuir la temperatura de las diferentes corrientes o equipos. Para lograrlo, la temperatura del agua se eleva siendo necesaria una etapa posterior de enfriamiento, para la cual se requiere que las corrientes combinen en un tanque pulmón y así luego poder ser enviadas como una única corriente a la torre de enfriamiento.

En la siguiente figura se presentan los caudales de agua de enfriamiento requeridos en el proceso.

Tabla 10.1. Caudales de agua de enfriamiento requeridos en el proceso.

EQUIPO	CAUDAL [m <sup>3</sup> /h]
E-205	16,12
E-207	4,64
E-208	97,36
E-209	364,27
E-210	13,92
TOTAL	496,31

Elaboración propia.

En el caso de los intercambiadores de calor E-205 e E-209, el agua de enfriamiento se convierte en vapor siendo incorporado a un tanque pulmón para vapor. Una parte de este se reutiliza para calefaccionar el horno de fundición F-103 del azufre sólido y el resto se comercializa a algún cliente potencial dentro del parque industrial Comirsa, teniendo en cuenta que el mismo tiene un costo de aproximadamente 20 dólares por tonelada.

#### 10.2.1. Dimensionamiento del tanque de agua

El consumo de agua de enfriamiento requerido en el proceso es elevado, por lo cual, no se diseñaron equipos de almacenamiento sino tanques pulmón. En las siguientes tablas se presentan las especificaciones de estos.

Tabla 10.2. Especificaciones técnicas de T-203.

Tanque T-203		
Fabricante	Servinox Ingeniería	
Material de construcción	Acero al carbono	
Volumen [m <sup>3</sup> ]	59,47	
Diámetro [m]	4	
Altura [m]	Sección cilíndrica	4,2
	Sección toriesférica	0,8
	Total	5,0
Espesor de la pared [mm]	6	

Elaboración propia.

Tabla 10.3. Especificaciones técnicas de T-403.

Tanque T-403		
Fabricante	Servinox Ingeniería	
Material de construcción	Acero al carbono	
Volumen [m <sup>3</sup> ]	59,47	
Diámetro [m]	4	
Altura [m]	Sección cilíndrica	4,2
	Sección toriesférica	0,8
	Total	5,0
Espesor de la pared [mm]	6	

Elaboración propia.

### 10.3. ADOPCIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Una torre de enfriamiento es un intercambiador de calor especializado en el que el aire y el agua se ponen en contacto directo entre sí para reducir la temperatura del agua. Cuando esto ocurre, se evapora un pequeño volumen de agua, lo que reduce la temperatura del agua que circula por la torre. (SPX Cooling, 2022)

Para la adopción del equipo se tuvo en cuenta el caudal de agua requerido en los tres intercambiadores de placas. En la Tabla 10.4 se presentan las especificaciones de la torre de enfriamiento y en la Figura 10.1 se esquematiza la misma.

Tabla 10.4. Especificaciones técnicas de CT-405.

Fabricante	SPX Cooling Tech, LLC.
Modelo	NX2050S-1
Material	Fibra de vidrio
Capacidad requerida [t]	475,40
Capacidad efectiva [t]	551
Exceso de capacidad [%]	15,90
Peso operativo del diseño [kg]	10.617
Potencia del motor [kW]	22
Largo [m]	3,90
Ancho [m]	6,05
Altura [m]	5,89
$\Delta T$ de enfriamiento [°C]	15
Flujo de agua de reposición [m <sup>3</sup> /h]	14,50
Cantidad	2
Porcentaje de funcionamiento [%]	50

Elaboración propia.

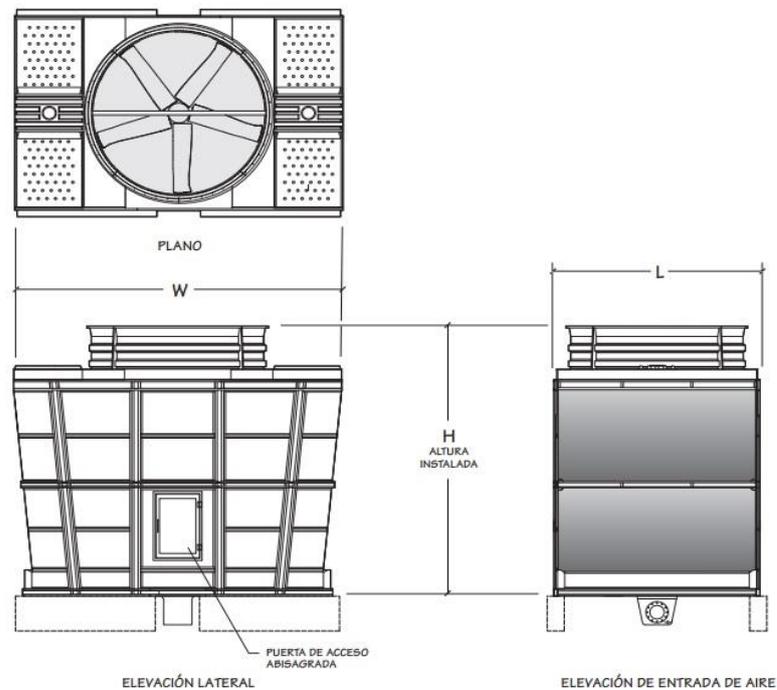


Figura 10.1. Esquema de torre de enfriamiento.

Fuente: SPX Cooling Tech, LLC.

10.4. MEDIOS DE TRANSPORTE

10.4.1. Bombas

La red de distribución de agua de enfriamiento consiste en un sistema de cañerías y válvulas, accesorios y conexiones, que garantizan la repartición del agua fría y el retorno del agua caliente a las torres de enfriamiento.

En las siguientes tablas se presentan las especificaciones de las bombas empleadas.

Tabla 10.5. Especificaciones técnicas de P-204.

Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	20,94
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	0,99
Viscosidad [kg/m.s]	0,001
Velocidad [m/s]	0,41
Diámetro [pulg.]	2,50
Nº de Reynolds	3,14.10 <sup>4</sup>
Factor de fricción [f]	0,025
Longitud equivalente [m]	44,85
Pérdida de carga h <sub>r</sub> [m]	0,15
Presión [bar]	6,00
Altura [m]	54,96
Potencia teórica [HP]	4,17
<b>Bomba adoptada</b>	
Proveedor	AGP
Modelo	CM 32-250 B
Material	Acero inoxidable
Capacidad volumétrica máxima [m <sup>3</sup> /h]	27
Potencia adoptada [HP]	15
Eficiencia	0,75
Temperatura máxima [°C]	110
Presión máxima [bar]	10

Elaboración propia.

Tabla 10.6. Especificaciones técnicas de P-406.

Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	478,44
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	0,99
Viscosidad [kg/m.s]	0,001

Velocidad [m/s]	1,33
Diámetro [pulg.]	14
Nº de Reynolds	5,18.10 <sup>5</sup>
Factor de fricción [f]	0,015
Longitud equivalente [m]	609,3
Pérdida de carga h <sub>f</sub> [m]	2,35
Presión [bar]	1,10
Altura [m]	6,69
Potencia teórica [HP]	11,62
<b>Bomba adoptada</b>	
Proveedor	AGP
Modelo	CM 80-160 D
Material	Acero inoxidable
Capacidad volumétrica máxima [m <sup>3</sup> /h]	168
Potencia adoptada [HP]	15
Eficiencia	0,75
Temperatura máxima [°C]	110
Presión máxima [bar]	10
Cantidad	3 en paralelo

Elaboración propia.

#### 10.4.2. Transporte de sólidos

El transporte del azufre sólido desde el silo de almacenamiento hasta el horno de fundición se realiza mediante una cinta transportadora, de acuerdo a las características físicas del sólido que influyen en su desplazamiento.

El sistema para fundir el azufre sólido consta de una primera etapa de almacenamiento, posteriormente, por medio de un sistema de transporte, se deposita el azufre en el tanque de fundición, esto se debe realizar de manera controlada con la finalidad de no afectar la velocidad de fusión.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones de la cinta transportadora y del motoreductor acoplado a la misma.

Tabla 10.7. Especificaciones técnicas de X-102.

Fabricante	Dunlop
Material	Nylon bajo la codificación NF 800/3-5

Capacidad requerida [m <sup>3</sup> /h]	2,60
Altura [m]	4,50
Ancho [m]	0,40
Velocidad [m/s]	0,52
Capacidad efectiva [m <sup>3</sup> /h]	6,36
Ángulo de reposo	20-30°
Ángulo de inclinación	20°
Ángulo de sobrecarga	10°
<b>Motorreductor</b>	
Fabricante	Waisens
Tipo	Trifásico
Serie	MR 2/N90/1:50/B14
Carcasa	MS 90 L-4
Eje de salida	Hueco de 35 mm de diámetro
Tensión [V]	220 Triángulo 380 Estrella
Corriente [A]	6,31 Triángulo 3,65 Estrella
Polaridad	4 polos
Factor de servicio	0,90
Peso [kg]	31,50
Velocidad [rpm]	30
Potencia [hp]	2
Relación de reducción	1:50
Velocidad de salida	30

Elaboración propia.

#### 10.4.3. Compresores

La presión requerida del aire para que el proceso se lleve a cabo en condiciones adecuadas se logra por medio de un compresor. Estos son de desplazamiento positivo o centrífugos, los primeros se utilizan para presiones de descarga hasta de aproximadamente 6 atm, mientras que los segundos manejan mayores caudales y presiones de salidas superiores a 20 atm (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

Teniendo en cuenta esto, se adoptan compresores de desplazamiento positivo.

Debido al cambio en la densidad durante el paso del flujo en el compresor, es necesario escribir la ecuación de Bernoulli en forma diferencial y utilizarla para relacionar el trabajo de eje con el cambio diferencial de la carga de presión.

$$W_c = \int_{p_a}^{p_b} \frac{dp}{\delta}$$

Ecuación 10.1

Para usar la ecuación anterior, hay que evaluar la integral, lo cual requiere conocer la trayectoria seguida por el fluido en el equipo desde la succión hasta la descarga.

$$P_c = \frac{0,371 \cdot T_a \cdot n \cdot q_0}{(n - 1) \cdot \eta} \cdot \left[ \left( \frac{p_b}{p_a} \right)^{1 - \frac{1}{n}} - 1 \right]$$

Ecuación 10.2

Donde:

$P_c$  = potencia del compresor [kW]

$T_a$  = temperatura de entrada [K]

$q_0$  = caudal del gas, evaluado a 0°C y 1 atm [m³/s]

$n$  = constante [adimensional]

$\eta$  = eficiencia [adimensional]

En la Tabla 10.8 se especifican los parámetros del equipo adoptado.

Tabla 10.8. Especificaciones técnicas de K-201.

Fabricante	Repicky
Tipo	Sopladores rotativos
Modelo	R 6.5
Capacidad máxima [m³/h]	13.150
Presión máxima de salida [mbar]	2000
dP máximo [mbar]	400
Largo [m]	3,43
Altura [m]	2,34
Ancho [m]	2,00
Potencia [HP]	233
Cantidad	6

Elaboración propia.

10.5. ADOPCIÓN DE LA CALDERA

En el proceso de ácido sulfúrico en sus diferentes etapas se hace necesaria la entrega de calor para alcanzar las condiciones deseadas. Se emplea para ello, vapor de agua saturado a 6 bar de presión y temperatura de saturación de 160°C. El vapor de agua requerido se suministra mediante calderas.

Debido a que el equipo E-209 se encuentra conectado con el reactor de combustión R-205, su diseño se encuentra explicado en el Capítulo 9. Por esto, en la siguiente tabla sólo se detallan las especificaciones de diseño de la caldera E-213.

Tabla 10.9. Especificaciones técnicas de E-209.

Caldera E-209		
Fabricante	Bosch	
Material	Acero al carbono	
Disposición	Equipo	Coraza y tubo
	Arreglo	1-1
	Flujo	Contracorriente
	Orientación	Horizontal
	Coraza	Agua/Vapor
	Tubos	Corriente de proceso C28
Diámetro interno de la coraza [m]	2,50	
Número de tubos	1000	
Longitud en tubos [m]	5	
Diámetro interno de tubos [mm]	47,50	
Espesor de tubos	BWG 16	
Diámetro externo de tubos [mm]	50,80	
Arreglo de los tubos	Triangular 30°	
Número de baffles	4	
Tipo de baffles	Segmentado simple	
Segmentación baffles [%]	20	
Espaciado entre baffles [m]	0,96	
Datos de transferencia de calor		
$\Delta T_{ML}$ [°C]	172,66	
Área requerida [m <sup>2</sup> ]	651,86	
Área efectiva [m <sup>2</sup> ]	763,49	
Exceso de área [%]	17,13	

U calculado / U de servicio [kcal/h.m <sup>2</sup> .°C]	26,21 / 22,37
ΔP en tubos / ΔP en coraza [mbar]	2,59 / 30,55
Coefficiente de película tubos / coraza [kcal/h.m <sup>2</sup> .°C]	28,48 / 2901,59

Elaboración propia.

### 10.5.1. Tratamiento de agua para caldera

Las plantas de ácido sulfúrico por combustión de azufre y doble absorción en condiciones de operación estacionarias no contribuyen significativamente al empeoramiento de la calidad de las aguas, ya sean superficiales o subterráneas. Las operaciones destinadas al control de los vertidos se ciñen por tanto al mantenimiento rutinario de los equipos en los cuales hay presencia de agua. (Generalitat, 2010)

Las instalaciones de producción de ácido sulfúrico suponen únicamente un problema para la calidad del agua si se dan situaciones de emergencia donde se produzcan grandes vertidos de ácido.

El principal vertido de la planta se corresponde con el agua empleada en los intercambiadores de calor. La presencia de sólidos en suspensión puede originar problemas de abrasión en estos equipos y deposiciones que reduzcan la potencia de estos. Para evitar este problema el agua bruta se filtra y se desmineraliza adecuadamente antes de incorporarla al sistema de refrigeración. Este proceso es fundamental, pues en gran parte de los intercambiadores de calor de la planta se produce vapor, por lo que si el agua no se desmineraliza adecuadamente se producirán precipitaciones en los equipos que limitarán su potencia progresivamente. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)

Los ablandadores de agua son intercambiadores de iones, que están diseñados para eliminar iones con carga positiva, mayormente eliminan los iones de calcio (Ca<sup>+2</sup>) y magnesio (Mg<sup>+2</sup>).

Un efecto significativo en la disminución de la eficiencia de transferencia de calor se da cuando la incrustación está presente. Además de las pérdidas por transferencia de calor y del incremento en el consumo de energía, las incrustaciones pueden causar un sobrecalentamiento en el metal de los tubos de la caldera, generando fallas como roturas, lo que significa un aumento en el costo por mantenimiento. Por lo tanto, el suavizador de agua que se utiliza posee una resina catiónica que intercambia iones de calcio y magnesio por sodio, los cuales no generan incrustación.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones del ablandador de agua adoptado.

Tabla 10.10. Especificaciones técnicas de ABA-410.

Especificación del ablandador de agua ABA-410		
Fabricante	ATTSU	
Modelo	WTC-30000	
Material	Cilindro	PRFV (Fibra de vidrio reforzado)
	Depósito de agua	Acero inoxidable 316L
Medio filtrante	Resina catiónica	
Caudal [m <sup>3</sup> /h]	30	
Altura [m]	2,4	
Largo [m]	6,9	
Ancho [m]	2,2	
Volumen depósito [m <sup>3</sup> ]	20	

Elaboración propia.

#### 10.5.2. Dimensiones tuberías de vapor

Para el dimensionamiento del diámetro de una tubería de vapor saturado y su correspondiente retorno de condensado se deben tener en cuenta la velocidad y presión por la que circulan en la línea de distribución.

En cuanto a las velocidades recomendadas para una correcta distribución de vapor dentro de las líneas es de 25 a 35 m/s. Para los cálculos, se considera una velocidad de 30 m/s. Para el retorno de condensado la velocidad de diseño depende de la existencia de vapor en la línea.

El cálculo del diámetro de la tubería se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot M_v \cdot V_e}{v \cdot \pi}}$$

Ecuación 10.3

Donde:

- D = Diámetro de la tubería (m).
- M<sub>v</sub> = Masa de vapor (kg/h).
- V<sub>e</sub> = Volumen específico del vapor (m<sup>3</sup>/kg).
- v = Velocidad del vapor (m/h).

Para el cálculo de las tuberías de vapor, se tiene en cuenta que la distribución está compuesta por una línea principal correspondiente a la salida de la caldera y líneas secundarias para alimentar de vapor a cada equipo. En Tabla 10.11 se expresan los diámetros calculados para cada cañería y los valores utilizados para el cálculo.

Tabla 10.11. Especificaciones de las líneas de vapor.

Masa [kg/h]	20.760,7	
Volumen específico [m <sup>3</sup> /kg]	0,33	
Velocidad [m/s]	30	
Material de la tubería	Acero al carbono - Schedule 80	
Aislante	Lana mineral	
Diámetro de tubería [in]	C70	6
	C67	10
	C72	2
	C73	10

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 11**

# **GESTIÓN DE CALIDAD**

## 11. GESTIÓN DE CALIDAD

### 11.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detalla el sistema de gestión de calidad que se aplica en el presente proyecto, no solamente a materias primas y producto final, sino también al proceso y los parámetros que se consideren relevantes. El mismo, permite garantizar la calidad y cumplir con los requisitos que corresponden a las normativas vigentes.

El sistema de calidad consiste en la implementación de programas, mecanismos, herramientas y/o técnicas en una empresa para lograr una mejora continua de la calidad de sus productos, servicios y elevar su productividad.

En la actualidad, los clientes demandan productos de calidad. Por lo que, los fabricantes, buscan diferenciar sus productos de los de la competencia además de ajustarse a las necesidades y expectativas. Es importante destacar, que un mejor manejo de la calidad de los productos reduce su costo real, al aumentar la calidad del producto, su diseño y su proceso de fabricación, es más sencillo de producir y se desperdicia menos materia prima, reduciendo así, los costos de fabricación. Un factor no menor, es el personal de la empresa; el cual debe estar capacitado, ser flexible y adaptable a las necesidades.

### 11.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

La naturaleza globalizada de los mercados y la liberalización de estos han venido generando, en las últimas décadas, entornos extremadamente competitivos, caracterizados por las cambiantes necesidades y requerimientos que establecen consumidores y usuarios. Además, se ha producido un auge legislador, a nivel estatal y supraestatal, que tiende a la especificación y restricción normativa en lo que a manufactura de bienes y prestación de servicios se refiere.

En el seno de estas condiciones surgen los Sistemas de Gestión de la Calidad (en adelante, SGC), que se definen como un grupo de preceptos, instrucciones y mecanismos de establecimiento de responsabilidades que cualquier organización sujeta a los mismos debe seguir y garantizar en cada una de las fases del proceso productivo con el objeto de asegurar que el bien o servicio final se adapta a determinados estándares o requisitos mínimos de calidad. De esta forma, la adopción de un SGC es un procedimiento global e integral que abarca a todos los departamentos y actividades de la empresa, tengan relación directa o indirecta con el proceso productivo.

Así, los SGC surgen como instrumentos diferenciadores capaces de aumentar la competitividad respecto al resto de empresas del sector y de armonizar las características del producto o servicio con

las necesidades de los clientes, multiplicando el atractivo de las organizaciones que los implementan ante los potenciales consumidores.

Los objetivos del sistema de gestión de calidad se pueden resumir en los siguientes ítems:

- Satisfacer las necesidades de los clientes.
- Determinar los estándares de calidad que el mercado espera.
- Controlar los procesos involucrados en la producción, en búsqueda de la calidad.
- Establecer un orden en la interrelación de los procesos de la empresa.
- Realizar seguimiento en las operaciones.
- Detectar, corregir y prevenir los problemas que se derivan del proceso de producción.

### 11.3. MATERIAS PRIMAS

En todas las situaciones, se lleva a cabo un muestreo de la materia prima en el momento de la recepción, cuyos objetivos principales son:

- Aceptar o rechazar un lote de materia prima controlado.
- Conocer la calidad media de la materia prima que es sometidos al control.
- Verificar la documentación e identificación pertinente.

Además, los análisis se efectúan de manera periódica a la misma en el laboratorio de calidad debido a que el stock almacenado representa la producción de 4 meses aproximadamente.

Se realiza un registro convenientemente codificado que permite, de forma simplificada, conocer la composición de partida de la materia prima utilizada en planta, como así también la composición de esta que se ha usado para un determinado lote de producción.

En la siguiente tabla se detallan los requerimientos y controles necesarios para la materia prima y el catalizador utilizados en el proceso de producción de ácido sulfúrico.

Tabla 11.1. Plan de control de la materia prima.

Materia prima	Variable	Valor esperado	Responsabilidad	Registro	Técnica	AC/AP
Azufre	Concentración	99,8±1% p/p	Analista de laboratorio	R-01-MP-AZ	T-001	Rechazar lote
	Densidad (25°C)	2,07 g/cm <sup>3</sup>	Analista de laboratorio	R-01-MP-AZ	T-002	Rechazar lote
	Apariencia	Sólido de color amarillo a grisáceo amarillento	Analista de laboratorio	R-01-MP-AZ	Visual	Rechazar lote

Catalizador	Concentración	7,5-8,5% p/p de V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Analista de laboratorio	R-02-MP-PV	T-003	Rechazar lote
	Densidad	0,5 g/cm <sup>3</sup>	Analista de laboratorio	R-02-MP-PV	T-002	Rechazar lote
	Apariencia	Sólido de color amarillo rojizo	Analista de laboratorio	R-02-MP-PV	Visual	Rechazar lote

Elaboración propia.

#### 11.4. PRODUCTO FINAL

El registro de los valores es realizado cada una hora por el operario de panel de control, para lo cual se toma una muestra del producto terminado y se lleva a laboratorio para control de parámetros de calidad.

En la siguiente tabla se describen los requisitos que debe cumplir el producto para poder ser comercializado.

Tabla 11.2. Plan de control del producto.

Producto	Variable	Valor ideal	Frecuencia	Registro	Técnica	AC/AP
Ácido sulfúrico	Concentración	98,5 % p/p	Cada 1 hora	R-PF-AS	T-004	Informar a producción
	Densidad (25°C)	1,83 g/cm <sup>3</sup>	Cada 1 hora	R-PF-AS	T-002	Rechazar lote
	Apariencia	Líquido oleoso incoloro a ligeramente amarillento	Cada 1 hora	R-PF-AS	Visual	Rechazar lote

Elaboración propia.

#### 11.5. PLAN DE CONTROL DEL PROCESO PRODUCTIVO

En la Tabla 11.3, se detallan los puntos de control del proceso y las especificaciones a cumplir para lograr un producto de calidad. La mayoría de los controles se realizan por medio de control automático, lo cual elimina errores que podría tener el personal humano, y aumenta la productividad.

También se incluye una columna con la acción preventiva a realizar en caso de que ocurra algún desperfecto durante el proceso.

Tabla 11.3. Control de calidad del proceso.

Equipo	Corriente / punto de control	Variable	Rango normal	Técnica	Frecuencia de control	Responsable	Registro	Acción correctiva / preventiva	
C-301	C20	Humedad	$< 10^{-4}$	Control automático	Continuo	Operario del sector	R-C-301	Regular caudal de ácido que ingresa a la torre	
F-103	C4	Temperatura [°C]	$140 \pm 0,5$		Continuo		R-F-103	Regular caudal de vapor de calefacción	
R-202	C22	Temperatura [°C]	$1266 \pm 0,5$		Continuo		R-R-202	Regulación automática del bypass	
E-205	C23	Temperatura [°C]	$420 \pm 0,5$		Continuo		R-E-205	Regular caudal de agua de enfriamiento	
R-206	Lecho N°1	Temperatura [°C]	$623,37 \pm 0,5$		Continuo		Operario del sector	R-R-206	Verificar condiciones operativas del equipo y ajustar parámetros de operación
		Presión [bar]	$1,27 \pm 0,01$						
	Lecho N°2	Temperatura [°C]	$512,18 \pm 0,5$						
		Presión [bar]	$1,24 \pm 0,01$						
	Lecho N°3	Temperatura [°C]	$468,66 \pm 0,5$						
		Presión [bar]	$1,20 \pm 0,01$						
	Lecho N°4	Temperatura [°C]	$449,54 \pm 0,5$						
		Presión [bar]	$1,11 \pm 0,01$						
E-207	C25	Temperatura [°C]	$430 \pm 0,5$		Continuo		R-E-207	Regulación automática del bypass	
E-208	C27	Temperatura [°C]	$437,7 \pm 0,5$	Continuo	R-E-208	Regulación automática del bypass			
E-209	C29	Temperatura [°C]	$200 \pm 0,5$	Continuo	R-E-209	Regular caudal de agua de enfriamiento			

E-210	C34	Temperatura [°C]	200 ± 0,5	Control automático	Continuo	Operario del sector	R-E-210	Regulación automática del bypass
C-303	Cabeza	Temperatura [°C]	65,3 ± 0,5		Continuo		R-C-303	Verificar condiciones operativas del equipo y ajustar parámetros de operación
		Presión [bar]	1,13 ± 0,01					
	Fondo	Temperatura [°C]	100,2 ± 0,5					
		Presión [bar]	1,18 ± 0,01					
		Concentración H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [%p/p]	99,2 ± 0,2					
C-305	Cabeza	Temperatura [°C]	60 ± 0,5		Continuo		R-C-305	Verificar condiciones operativas del equipo y ajustar parámetros de operación
		Presión [bar]	1,03 ± 0,01					
		Concentración SO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	17,677					
	Fondo	Temperatura [°C]	73,20 ± 0,5					
		Presión [bar]	1,11 ± 0,01					
		Concentración H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [%p/p]	98,6 ± 0,2					
E-309	C47	Temperatura [°C]	60 ± 0,5	Continuo	R-E-309	Regular caudal de agua de enfriamiento		
E-313	C56	Temperatura [°C]	65 ± 0,5	Continuo	R-E-313	Regular caudal de agua de enfriamiento		
E-315	C61	Temperatura [°C]	30 ± 0,5	Continuo	R-E-315	Regular caudal de agua de enfriamiento		
M-311	C54	Concentración H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [%p/p]	98,5 ± 0,05	Continuo	R-M-311	Regular caudal de agua de dilución		

Elaboración propia.

11.6. PLANILLAS DE REGISTROS

A continuación, se presentan los registros que se necesitan para las materias primas, el control de procesos y los productos finales.

11.6.1. Registros para las materias primas

Tabla 11.4. Registros.

Código: R-01-MP-AZ v.1.0				
Fecha				
Materia prima	Azufre			
Proveedor	Nitron			
Variable	Valor ideal	Valor	Lote	Responsable
Concentración	99,8% p/p			
Densidad	2,07 g/cm <sup>3</sup>			
Apariencia	Sólido de color amarillo a grisáceo amarillento			

Elaboración propia.

Tabla 11.5. Registros.

Código: R-01-MP-PV v.1.0				
Fecha				
Materia prima	Catalizador			
Proveedor	Monsanto			
Variable	Valor ideal	Valor	Lote	Responsable
Concentración	7,5-8,5% p/p de V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
Densidad	0,5 g/cm <sup>3</sup>			
Apariencia	Sólido de color amarillo-rojizo			

Elaboración propia.

11.6.2. Registro el producto final

Tabla 11.6. Registros.

Código: R-PF-AS v.1.0				
Fecha				
Producto	Ácido sulfúrico			
Variable	Valor ideal	Valor	Lote	Responsable
Concentración	98,5 % p/p			
Densidad	1,83 g/cm <sup>3</sup> a 25°C			
Apariencia	Líquido oleoso incoloro a ligeramente amarillento			

Elaboración propia.

11.6.3. Registro para el control del proceso

Se realiza una tabla a modo de ejemplo, para un equipo, en este caso, “R-202”. Cada equipo tendrá su registro correspondiente.

Tabla 11.7. Registros.

Código: R-001-R-202 v.1.0				
Fecha				
Equipo	R-202			
Corriente	C22			
Variable	Valor ideal	Valor	Lote	Responsable
Temperatura [°C]	1266			
Presión [bar]	1,35			
Caudal [kg/h]	45.742,4			

Elaboración propia.

11.7. TÉCNICAS DE LABORATORIO

11.7.1. T-001: Determinación de contenidos totales de C, N, H, S

Se efectuó mediante microanálisis elemental. Esta técnica se basa en la oxidación total de la muestra por una combustión instantánea y completa que transforma la muestra en productos de combustión (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), los cuales son posteriormente medidos mediante sensores individuales y

selectivos para cada compuesto. El análisis fue realizado mediante un Analizador Elemental Leco CHNS-932. El objetivo del ensayo era encontrar el valor de azufre total de las muestras sobre una base segura, aunque de paso se obtiene la medida de los otros elementos.

## 11.7.2. T-002: Directrices de ensayo 109 del OECD

Varios métodos para determinar la densidad son solo para sustancias líquidas: hidrómetro, método de cuerpo sumergido (ambos son métodos de flotabilidad) y densitómetro oscilante. Estos métodos son aplicables a líquidos con una viscosidad dinámica inferior a 5 Pa.s para hidrómetro y densitómetro oscilante, y por debajo de 20 Pa.s para el método de cuerpo sumergido. Cabe aclarar, que es necesario emplear sustancias de referencia, o líquidos de densidad conocida, al determinar la densidad de una sustancia química mediante densitometría oscilante.

A continuación, se describen brevemente los métodos para analizar la densidad.

- Hidrómetro (un método de flotabilidad para líquidos): Los hidrómetros son flotadores de vidrio con peso que se hunden en el líquido a una profundidad que depende de la densidad. La densidad se lee al nivel del líquido en un vástago calibrado que se extiende por encima del líquido. La viscosidad dinámica del líquido a investigar no debe exceder los 5 Pa.s.
- Equilibrio hidrostático (un método de flotabilidad para líquidos y sólidos): La densidad de un sólido se deriva de la diferencia de peso entre una muestra en el aire y en un líquido de densidad conocida (por ejemplo, agua). La densidad así medida es sólo representativa del particular muestra empleada (densidad aparente).
- Para la determinación de la densidad de los líquidos, un cuerpo sólido de volumen conocido se pesa primero en aire y luego cuando se sumerge en el líquido. La viscosidad dinámica de los líquidos a investigar no debe exceder los 5 Pa.s.
- Método de cuerpo sumergido (un método de flotabilidad para líquidos): Se coloca en una balanza un recipiente que contiene una muestra de la sustancia problema líquida y se pesa. A continuación, se sumerge en el líquido un cuerpo de volumen conocido (generalmente una esfera de aproximadamente  $10 \text{ cm}^3$  de metal), que se sujeta a un soporte independiente de la balanza. La acción que ejerce el cuerpo sumergido sobre la balanza no puede distinguirse de la de un cuerpo que flota libremente con un volumen idéntico al del cuerpo sumergido y que tiene la densidad del líquido circundante. La densidad del líquido se obtiene dividiendo la ganancia de peso debida a la inmersión del cuerpo por el volumen conocido del cuerpo. El método es aplicable a líquidos con una viscosidad dinámica inferior a 20 Pa.s.
- Picnómetro (líquidos y sólidos): La densidad se calcula a partir de la diferencia de peso entre el picnómetro lleno y vacío y su volumen. En el caso de líquidos, la viscosidad dinámica no debe superar los 500 Pa.s.

- Densitómetro oscilante (líquidos): Un oscilador mecánico, construido en forma de tubo en U, vibra a su frecuencia de resonancia que depende de su masa. La introducción de una muestra cambia la frecuencia de resonancia. El aparato debe calibrarse con dos líquidos de densidad conocida. Los líquidos deben elegirse preferiblemente de manera que sus densidades abarquen el rango en el que cae el líquido bajo investigación. El método es aplicable a líquidos con una viscosidad dinámica inferior a 5 Pa.s.

Condiciones de la prueba: La prueba se realiza a temperatura constante, preferiblemente a 20°C. Se requieren medidas duplicadas.

### 11.7.3. T-003: Espectrometría de absorción atómica

La absorción atómica es una técnica común para detectar metales en muestras ambientales, aguas, suelos y aire, así como muestras minerales, alimentos, productos químicos, aleaciones y fundiciones.

La técnica está basada en el hecho de que los átomos en estado fundamental de un determinado elemento absorben la energía emitida por una fuente de excitación del mismo elemento. Los átomos del analito presentes en una solución son convertidos a su estado atómico mediante el uso de una llama, horno de grafito o manta calefactora.

La intensidad de luz absorbida puede ser medida contra una curva de calibración estandarizada, siendo la cantidad de energía absorbida (a una longitud de onda característica) proporcional a la concentración del elemento en la muestra (en un intervalo de concentraciones limitado).

### 11.7.4. T-004: Titulación para determinación de pureza en ácido sulfúrico

La volumetría de neutralización es un tipo de técnica utilizada para realizar análisis de tipo cuantitativo, para hallar la concentración de una disolución, en la cual se encuentra una sustancia que realiza el papel de ácido o base, que a su vez se neutraliza con otro ácido o base del cual se conoce su concentración. Este método ampliamente utilizado está basado en una reacción ácido-base, también llamado reacción de neutralización, donde interactúan el analito o sustancia de la cual no se conoce su concentración y la sustancia conocida llamada valorante. Para esta reacción es frecuente el uso de indicadores ácido-base pues es útil ver el cambio de color que se puede llegar a producir para conocer el punto final del proceso, puesto que el cambio de color depende del pH de la solución en que están disueltas. El indicador es un recurso que nos permite visualizar en qué momento alcanza el punto final de titulación y es entonces cuando se tomará en cuenta el volumen del valorante consumido para alcanzar ese punto.

---

Las técnicas para la titulación pueden ser:

- Valoración Directa: este método representa un ejemplo de titulación directa, en la cual se añade directamente sobre el analito midiendo el volumen que es necesario para que la reacción se complete.
- Valoración por Retroceso: es cuando sobre el analito se adiciona un reactivo en exceso, en una cantidad conocida en exceso, en una cantidad conocida, y se ida, y se pasa a valorar el reactivo que no pasa a valorar el reactivo que no se haya se haya consumido con un segundo reactivo de concentración conocida, es decir, se añade exceso conocido de valorante y se valora el exceso por retroceso. La diferencia entre la cantidad añadida del primer y el segundo valorante proporciona la cantidad equivalente del analito.

# **CAPÍTULO 12**

# **CONTROL AUTOMÁTICO DE**

# **PROCESOS**

## 12. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

### 12.1. INTRODUCCIÓN

El control automático de procesos hace referencia a un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. Las razones por las cual se implementa en la industria:

- Evitar lesiones al personal de la planta o daño al equipo.
- Mantener la calidad del producto en un nivel continuo y con un costo mínimo.
- Mantener la tasa de producción de la planta al costo mínimo.

En el presente capítulo se describe cómo se adoptó un sistema de control automático sobre la etapa de dilución del proceso de producción de ácido sulfúrico, además se detalla la secuencia de arranque y las hojas de especificaciones de los accesorios requeridos para dicho propósito.

### 12.2. FUNDAMENTOS BÁSICOS

Se define el control automático de proceso como una manera de mantener la variable controlada en su punto de control a pesar de las perturbaciones externas y/o internas. Para lograrlo son necesarios los cuatro componentes básicos de todo sistema de control:

1. Sensor: elemento primario.
2. Transmisor: elemento secundario.
3. Controlador: el cerebro del sistema de control.
4. Elemento final de control: frecuentemente se trata de una válvula de control, bombas de velocidad variable, transportadores y motores eléctricos.

Es importante definir algunos de los términos que se usan en este campo como: variable controlada, ésta es la variable que se debe mantener dentro de un valor deseado, normalmente denominado set-point. La variable manipulada, que es la que se utiliza para conservar a la variable controlada en el punto de control. Circuito o lazo abierto, que se refiere a la situación en la cual el controlador no realiza ninguna función relativa a mantener la variable controlada dentro de los parámetros. Circuito o lazo cerrado hace mención a que el controlador compara el punto de referencia con la variable controlada y determina la acción correctiva (Smith & Corripio, 1991).

### 12.3. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE DILUCIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO

Las variables que se decidieron controlar en la etapa de dilución del proceso de producción de ácido sulfúrico, para asegurar una operación eficiente fueron:

- Temperatura.
- Nivel.
- Caudal.
- Concentración.
- Presión.

En la siguiente figura se esquematiza la automatización del sistema de dilución del ácido sulfúrico.

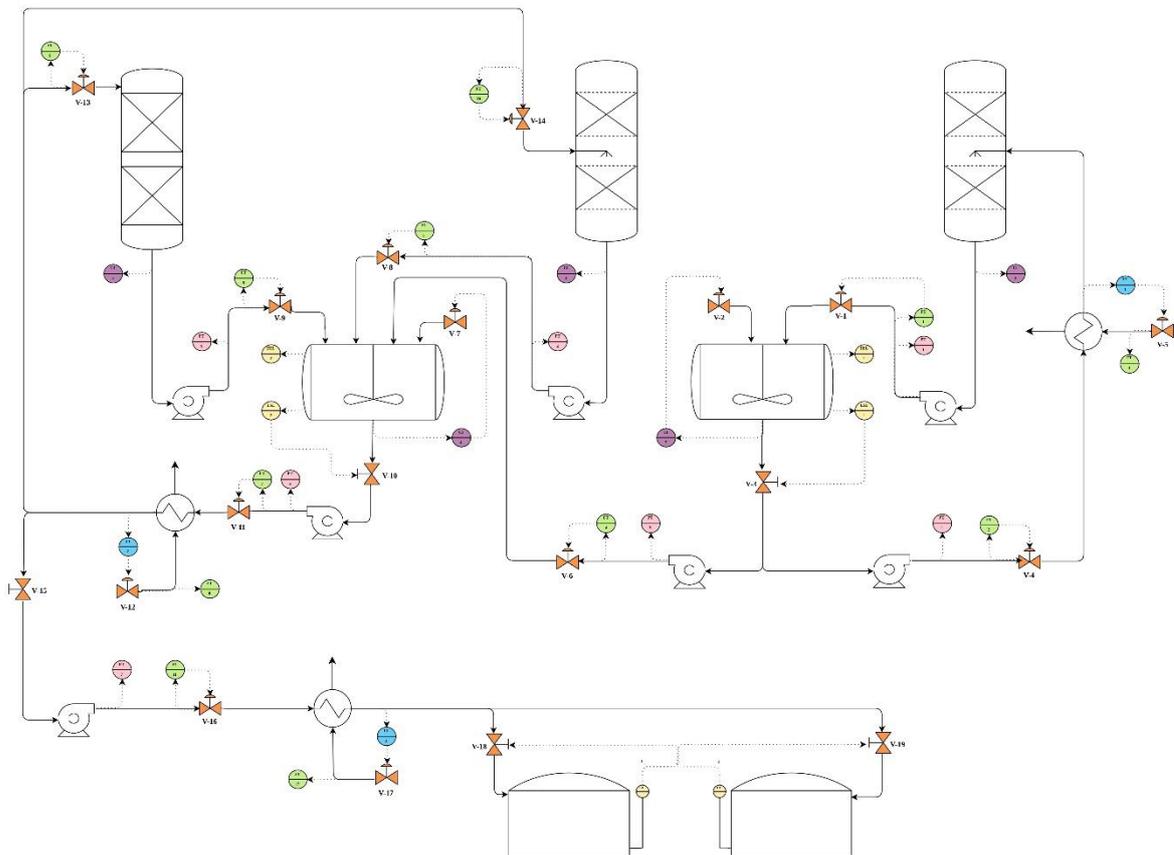


Figura 12.1. Automatización del sistema de dilución.

La corriente de ácido sulfúrico C36 proveniente de la torre de absorción final posee un caudalímetro FT-1 para regular la apertura de la válvula V-1 y un presostato PT-1 que permite controlar el correcto funcionamiento de la bomba P-306. El ácido ingresa al mezclador M-307 el cual cuenta con sensores de nivel discontinuos. El sensor de nivel bajo LSL-1 se utiliza a modo de precaución para evitar la cavitación de la bomba P-308 y P-310, en dicho caso se cerrará la válvula V-3. El sensor de nivel alto

HSL-1 detecta el nivel máximo de la capacidad del mezclador, regulando la apertura de las válvulas V-1 y V-2.

La corriente de ácido C44 se divide en 2 corrientes. En primer lugar, se encuentra la corriente C45 que es impulsada por la bomba P-308 para retornar a la torre de absorción final C-305 y así llevar a cabo la absorción reactiva. Esta cuenta con un caudalímetro FT-2 que se encuentra enlazado a la válvula V-4 regulando el caudal del ácido. Por el intercambiador de calor E-309 circula una corriente de agua de enfriamiento la cual es regulada por el sensor de temperatura TT-1 que controla la temperatura de la corriente C47 que ingresa a C-305.

En segundo lugar, está la corriente C48 que cuenta con un caudalímetro FT-4 e ingresa al mezclador M-311 siendo regulada por la válvula V-6 y bombeada por P-310. Además de esta corriente, ingresa la corriente C50 que sale de la torre de absorción intermedia impulsada por P-304, y la corriente C52 que sale del secador siendo bombeada por P-302. El equipo M-311 cuenta con sensores discontinuos de nivel LSL-2 y HSL-2, cuya aplicación tiene la misma finalidad que la explicada para el mezclador M-307.

En ambos mezcladores, el agua de dilución es bombeada por P-402 y su caudal es regulado por la apertura de las válvulas V-2 y V-7 dependiendo de la diferencia de las lecturas de los sensores de concentración que se encuentran a la salida de las torres de absorción (CI-1, CI-3 y CI-5) y de los tanques mezcladores (CI-2 y CI-4). Estos últimos están programados para que la concentración del ácido se encuentre dentro del rango 98,45-98,55% p/p.

El intercambiador de calor E-313 y E-315 cuentan con una corriente de agua de enfriamiento cuyo caudal es regulado de la misma manera que en el caso del equipo E-309.

La corriente de ácido se divide en 3 corrientes. En primer lugar, se encuentra la corriente que ingresa al secador, la cual cuenta con un caudalímetro FT-9 que regula la apertura de la válvula V-13. Luego, está la corriente C57 de ácido de retorno a la torre de absorción intermedia que dispone de un caudalímetro FT-10 cuyo fin es regular la válvula V-14. Por último, la corriente C59 es la correspondiente al producto final, que será reservado en tanques de almacenamiento a partir de la impulsión de P-314. El primer tanque cuenta con el sensor de nivel continuo LT-1 que está conectado a la válvula V-18 del primer tanque y a V-19 del segundo tanque. Al detectar un bajo nivel se abrirá V-18 y se cerrará V-19. Una vez detectado el nivel alto, se cerrará V-18 y se abrirá V-19 para que el ácido se almacene en el segundo tanque. El segundo tanque también cuenta con sensor de nivel continuo LT-2 que se conecta a ambas válvulas mencionadas anteriormente, cuando este detecta nivel alto se cerrará V-19 y se abrirá V-18 para que el ácido se almacene en el primer tanque.

**12.4. HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS**

Las hojas de especificaciones de instrumentos son documentos que realiza el ingeniero de proceso-eléctrico-automatista con datos técnicos de los mismos para su posterior cotización y compra.

A continuación, se presentan las hojas de especificaciones correspondientes a los instrumentos del sistema de dilución representados en la Figura 12.1.

Tabla 12.1. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		VÁLVULA ON-OFF				
General	TAG	V-3	V-10	V-15	V-18	V-19
	Servicio	Control de caudal				
	Ubicación	C44	C54	C59	C62	C63
	Diámetro línea [in]	10	10	2	2	2
Cuerpo	Tipo de válvula	Válvula de asiento inclinado motorizada				
	Conexiones/extremos	Bridado				
	Material	Acero inoxidable 316				
	Marca	Gemu				
	Modelo	GEMÜ 543 eSyStep				
Condiciones operativas	Caudal operativo [kg/h]	307.290,0	576.700,8	16.700,8	16.700,8	16.700,8
	Presión [bar]	1,00	1,00	1,31	1,31	1,31
	Temperatura [°C]	73,1	90,7	65,0	30,0	30,0

Elaboración propia.

Tabla 12.2. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		VÁLVULA MODULANTE		
General	TAG	V-2	V-6	V-7
	Servicio	Regulación de caudal		
	Ubicación	C41	C49	C42
	Diámetro línea [in]	0,5	0,5	1
Cuerpo	Tipo de válvula	Válvula actuada de esfera		
	Conexiones / extremos	Bridada		
	Material	Acero inoxidable 316		
	Marca	Atusa		
	Modelo	A I2PB		
Actuador	Tipo	Neumático		

	Fluido motor	Aire comprimido		
	Presión del fluido motor	2-8 bar		
	Señal de salida	Analógica		
Condiciones operativas	Caudal operativo [kg/h]	252,0	1.290,0	2.601,0
	Presión [bar]	1,01	1,10	1,01
	Temperatura [°C]	25,0	73,1	25,0

Elaboración propia.

Tabla 12.3. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		VÁLVULA MODULANTE				
General	TAG	V-1	V-4	V-5	V-8	V-9
	Servicio	Regulación de caudal				
	Ubicación	C37	C46	C75	C51	C53
	Diámetro línea [in]	10	10	6	10	6
Cuerpo	Tipo de válvula	Válvula actuada de mariposa tipo wafer				
	Conexiones / extremos	Bridada				
	Material	Acero inoxidable 316				
	Marca	Atusa				
	Modelo	A 900				
Actuador	Tipo	Neumático				
	Fluido motor	Aire comprimido				
	Presión del fluido motor	2-8 bar				
	Señal de salida	Analógica				
Condiciones operativas	Caudal operativo [kg/h]	307.038,0	306.000,0	97.359,4	412.437,0	160.372,8
	Presión [bar]	1,11	1,10	1,01	1,18	1,36
	Temperatura [°C]	73,2	73,1	25,0	100,2	69,5

Elaboración propia.

Tabla 12.4. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		VÁLVULA MODULANTE					
General	TAG	V-11	V-12	V-13	V-14	V-16	V-17
	Servicio	Regulación de caudal					

	Ubicación	C55	C77	C58	C57	C60	C79
	Diámetro línea [in]	10	12	6	10	2	2,5
Cuerpo	Tipo de válvula	Válvula actuada de mariposa tipo wafer					
	Conexiones / extremos	Bridada					
	Material	Acero inoxidable 316					
	Marca	Atusa					
	Modelo	A 900					
Actuador	Tipo	Neumático					
	Fluido motor	Aire comprimido					
	Presión del fluido motor	2-8 bar					
	Señal de salida	Analógica					
Condiciones operativas	Caudal operativo [kg/h]	576.700,8	364.273,9	160.000,0	400.000,0	16.700,8	13.924,6
	Presión [bar]	1,51	1,01	1,37	1,37	1,31	1,01
	Temperatura [°C]	90,7	25,0	65,0	65,0	65,0	25,0

Elaboración propia.

Tabla 12.5. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		
General	TAG	TT-1	TT-2	TT-3
	Servicio	Medición de temperatura		
	Ubicación	C47	C56	C61
	Marca	Weisz		
Transmisor	Tipo de sensor	PT100/RTD		
	Orientación	Vertical		
	Material	Vainas de SS316		
	Longitud aproximada	Estándar		
	Conexión a proceso	Bridado		
	Rango de medición	-200 a 450°C		
	Conexión eléctrica	3 hilos		
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	Caudal operativo [kg/h]	306.000,0	576.700,8	16.700,8

	Presión [bar]	1,04	1,37	1,31
	Temperatura [°C]	60,0	65,0	30,0

Elaboración propia.

Tabla 12.6. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		TRANSMISOR DE PRESIÓN						
General	TAG	PT-1	PT-2	PT-3	PT-4	PT-5	PT-6	PT-7
	Servicio	Medición de presión						
	Ubicación	C37	C46	C49	C51	C53	C55	C60
Transmisor	Marca	Vega						
	Modelo	Vegabar 82						
	Tipo de sensor	Analógico						
	Orientación	Vertical						
	Material	Acero inoxidable 316						
	Conexión a proceso	Bridada						
	Rango de medición	-1 - 100 bar						
	Voltaje de alimentación	24 V						
	Señal de salida	4 - 20 mA						
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>						
	Caudal operativo [kg/h]	307.038,0	306.000,0	1.290	412.437,0	160.372,8	576.700,8	16.700,8
	Presión [bar]	1,11	1,10	1,10	1,18	1,36	1,51	1,31
	Temperatura [°C]	73,2	73,1	73,1	100,2	69,5	90,7	65

Elaboración propia.

Tabla 12.7. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		CAUDALÍMETRO					
General	TAG	FT-1	FT-2	FT-3	FT-4	FT-5	FT-6
	Servicio	Medición de caudal					
	Ubicación	C36	C46	C75	C49	C51	C53
Transmisor	Diámetro cañería [in]	10	10	6	0,5	10	6
	Material cañería	Acero inoxidable 316					

	Conexión/extremo	Bridada					
	Diámetro nominal	DN3-DN3000 (1/8"-120")					
	Señal de salida	4-20 mA					
	Material electrodo	Acero inoxidable 316					
	Marca	Dastec					
	Modelo	Blue-Mag 1800					
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	Caudal operativo [kg/h]	307.038,0	306.000,0	97.359,4	1.290,0	412.437,0	160.372,8
	Presión [bar]	1,11	1,10	1,01	1,10	1,18	1,36
	Temperatura [°C]	73,2	73,1	25,0	73,1	100,2	69,5

Elaboración propia.

Tabla 12.8. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		CAUDALÍMETRO					
General	TAG	FT-7	FT-8	FT-9	FT-10	FT-11	FT-12
	Servicio	Medición de caudal					
	Ubicación	C55	C77	C58	C57	C60	C79
Transmisor	Diámetro cañería [in]	10	12	6	10	2	2,5
	Material cañería	Acero inoxidable 316					
	Conexión/extremo	Bridada					
	Diámetro nominal	DN3-DN3000 (1/8"-120")					
	Señal de salida	4-20 mA					
	Material electrodo	Acero inoxidable 316					
	Marca	Dastec					
Modelo	Blue-Mag 1800						
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
	Caudal operativo [kg/h]	576.700,8	364.273,9	160.000	400.000	16.700,8	13.924,6
	Presión [bar]	1,51	1,01	1,37	1,37	1,31	1,01
	Temperatura [°C]	90,7	25,0	65,0	65,0	65	25,0

Elaboración propia.

Tabla 12.9. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		SWITCH DE NIVEL ALTO	
General	TAG	HSL-1	HSL-2

	Servicio	Control de nivel alto	
	Ubicación	M-307	M-311
Transmisor	Tipo de sensor	Discontinuo	
	Orientación	Lateral	
	Material	Acero inoxidable 316	
	Conexión a proceso	Bridada	
	Señal de salida	Digital	
	Marca	Vega	
	Modelo	Vegaswing 61	
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Presión [bar]	1,0	1,0
	Temperatura [°C]	73,1	90,7

Elaboración propia.

Tabla 12.10. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		SWITCH DE NIVEL BAJO	
General	TAG	LSL-1	LSL-2
	Servicio	Control de nivel bajo	
	Ubicación	M-307	M-311
Transmisor	Tipo de sensor	Discontinuo	
	Orientación	Lateral	
	Material	Acero inoxidable 316	
	Conexión a proceso	Bridada	
	Señal de salida	Digital	
	Marca	Vega	
	Modelo	Vegaswing 61	
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Presión [bar]	1,0	1,0
	Temperatura [°C]	73,1	90,7

Elaboración propia.

Tabla 12.11. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		TRANSMISOR DE NIVEL	
General	TAG	LT-1	LT-2

	Servicio	Regulación de nivel	
	Ubicación	Tanques de almacenamiento	
Transmisor	Tipo de sensor	Continuo	
	Orientación	Vertical	
	Material	Acero inoxidable 316	
	Conexión a proceso	Bridada	
	Señal de salida	4-20 mA	
	Marca	Vega	
	Modelo	Vegaflex 83	
Condiciones operativas	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Presión [bar]	1,31	1,31
	Temperatura [°C]	30,0	30,0

Elaboración propia.

Tabla 12.12. Hoja de especificación.

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		Medidor de concentración	
General	TAG	CI-1	CI-2
	Servicio	Medición de concentración	
	Ubicación	M-307	M-311
Transmisor	Tipo de sensor	Sensor de inmersión	
	Orientación	Vertical	
	Material	Hastelloy C-2000	
	Conexión a proceso	Bridado	
	Señal de salida	4-20 mA	
	Marca	Sensotech	
Condiciones operativas	Modelo	LiquiSonic	
	Fluido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Presión [bar]	1,0	1,0
	Temperatura [°C]	73,1	90,7

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 13**

# **TRATAMIENTO DE**

# **EFLUENTES**

---

### **13. TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

#### **13.1. INTRODUCCIÓN**

Los efluentes industriales son aquellos que no poseen un valor inmediato respecto al fin para el que se utilizaron inicialmente debido a su calidad degradada; deben ser tratados adecuadamente de manera tal que no produzcan ningún tipo de contaminación al medio ambiente y en consecuencia, a los seres vivos.

En la actualidad existe una creciente preocupación con respecto a los efectos contaminantes de las industrias y el impacto que éstas puedan tener sobre el medio ambiente.

El control ambiental industrial se realiza a través de las políticas de prevención de la contaminación con el uso de acuerdos voluntarios y de aplicación normativa, y del adecuado control e inspección de las instalaciones industriales. Es por ello que los gobiernos adoptan normativas y políticas para la minimización de los efectos nocivos y para garantizar el cumplimiento de estas normas sobre la calidad ambiental.

La legislación ambiental existente limita las emisiones de sustancias contaminantes al entorno. De esta manera, se debe realizar un seguimiento exhaustivo del proceso para no sobrepasar los límites legales existentes.

Ésta industria tendrá un efecto sobre el entorno, pero, como objetivo de la aplicación de la normativa ambiental, el impacto se verá minimizado.

Este capítulo se enfocará en la evaluación de los efluentes del proceso y en la aplicación de las tareas y tecnología necesaria para tratarlos y que generen el menor impacto ambiental posible.

#### **13.2. ASPECTOS LEGALES**

La normativa correspondiente al tratamiento de efluentes se extiende a nivel nacional, provincial y en muchos casos municipal, donde cada una establece los límites máximos según el parámetro controlado.

##### **13.2.1. Legislación Nacional**

###### **13.2.1.1. Constitución Nacional: Artículos: 41, 43 y 124**

La reforma de 1994 incluyó en la Constitución el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano siguiendo la práctica de otras constituciones extranjeras y provinciales, lo que convierte en enumerado a un derecho que antes era implícito.

Además, se les impone a esos habitantes el deber de preservarlo y esa obligación se convierte en una carga pública que habilita a todos los habitantes hacer efectiva la preservación con todos los medios jurídicos y materiales que sean necesarios. En consecuencia, todo habitante estará legitimado para accionar en defensa del ambiente propio y ajeno.

Incorpora también el principio del desarrollo sustentable, impone la obligación de recomponer el daño ambiental que va a requerir una cuidadosa reglamentación legal porque no está claro quién está obligado a recomponer y si esta obligación coexiste o sustituye a la obligación tradicional de reparar del Código Civil.

No solamente atribuye derechos y deberes a los habitantes. Encomienda al Estado proveer a la protección del derecho al ambiente, lo que implica organizar la justicia ambiental con todo el aparato informativo que demanda e instruye procedimientos ágiles y seguros. Pero, además, le encomienda abastecer prestaciones más complejas y costosas como son:

- La utilización racional de los recursos naturales.
- La preservación del patrimonio natural y cultural.
- La preservación de la diversidad biológica.
- La información ambiental, que lo obliga a divulgar la que tenga en la materia de un modo organizado y ser responsable por su fidelidad.
- La educación ambiental.

También faculta al Gobierno de la Nación fijar “los presupuestos mínimos de protección ambiental”, lo que implica sancionar normas básicas para todo el país y a las provincias las normas complementarias. Lo que implica que estas pueden decidir imponer o no presupuestos más estrictos en su territorio respectivo.

El art. 43 legitima a los afectados, a las organizaciones no gubernamentales inscriptas y a los defensores del pueblo para accionar por vía de amparo en defensa del derecho constitucional al ambiente.

### 13.2.1.2. Ley 25.675: Ley General del Ambiente

Esta ley, declara ser de presupuestos mínimos de protección ambiental y los establece para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

Es de orden público, por lo tanto, las convenciones particulares no pueden dejar sin efecto sus normas. Sus disposiciones son subsidiarias de la legislación específica sobre la materia.

En el artículo 2° fija objetivos a la política ambiental nacional, lo que obliga al Poder Ejecutivo Nacional a seguirlos, ya que constituyen pautas para la ejecución de normas legislativas que deberá acatar. El artículo 4° sienta principios básicos que rigen su interpretación y aplicación y la de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental.

La ley establece un sistema de coordinación interjurisdiccional para el ordenamiento ambiental a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA). Respecto a la evaluación del impacto ambiental, los artículos 11, 12 y 13 imponen a toda obra o actividad susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa la carga de ejecutar una evaluación del impacto ambiental previa.

Su artículo 16 obliga a las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, a proporcionar la información relacionada con la calidad ambiental referida a las actividades que desarrollan y a las autoridades otorgar la información ambiental que administren.

La Ley 25.675 incluye normas procesales de aplicación local, las cuales solo excepcionalmente pueden ser sancionadas por el Congreso de la Nación en los casos en que sean inseparables de la norma de fondo que protege el ambiente o cuando sean necesarias para asegurar la vigencia de las instituciones que organiza.

### 13.2.1.3. Ley 25.612: Gestión Integral de Residuos Industriales y Ley 24.051: Residuos peligroso

La ley N° 25.612 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental normando los residuos industriales y asimilables de todo el país, no sólo los federales, como hace la Ley N° 24.051. Constituye un régimen único, que alcanza a todos los procesos de gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicios que se desarrollen en cualquier sitio de la Argentina. Contiene además normas de fondo sustantivas que modifican el régimen del Código Civil, en materia de responsabilidad civil.

La ley 25.612 regula de manera uniforme la gestión integral de residuos de origen industrial que incluye la operación de conservación, reparación o transformación de materia prima, para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales y de actividades de servicio, que se definen por su carácter de complemento de la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo.

### 13.2.1.4. Ley 25.688. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas

Es una ley de presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional, utilización de las aguas, regula la cuenca hídrica superficial y los comités de cuencas hídricas.

### 13.2.1.5. Ley 5.956: Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera

Artículo 3º-Queda expresamente prohibido el desagüe de líquidos residuales a la calzada.

Solamente se permitirá la evacuación de las aguas de lluvia por los respectivos conductos pluviales.

Artículo 6º-Ningún establecimiento industrial podrá ser habilitado o iniciar sus actividades, ni aún en forma provisoria, sin la previa obtención de la habilitación correspondiente y la aprobación de las instalaciones de provisión de agua y de los efluentes residuales industriales respectivos.

### 13.2.2. Legislación Provincial

#### 13.2.2.1. Ley 1.356: Preservación recurso aire y prevención y control de la contaminación atmosférica

El objeto de la presente ley es la regulación en materia de preservación del recurso aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica, que permitan orientar las políticas y planificación urbana en salud y la ejecución de acciones correctivas o de mitigación entre otras.

La presente ley se aplica a todas las fuentes públicas o privadas capaces de producir contaminación atmosférica en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, propendiendo a la coordinación interjurisdiccional e interinstitucional en lo atinente a su objeto, sin perjuicio de lo establecido en la Ley Nacional 20.284.

#### 13.2.2.2. Decreto 3.395/96

El presente decreto reglamentario de la ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos receptores de agua y a la atmósfera establece que todo generador de emisiones gaseosas que vierta las mismas a la atmósfera, y se encuentre ubicado en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, en especial los establecimientos industriales según la definición de la Ley N° 11.459 y su decreto reglamentario, queda comprendido dentro de los alcances del presente, de sus anexos I, II, III, IV, V y Apéndice 1 que son parte integrante del mismo, según corresponda a establecimientos existentes a instalarse.

### 13.2.2.3. Decreto 1.074/18

El presente decreto establece que la experiencia acumulada en estos años ha demostrado que las emisiones gaseosas necesitan ser controladas de manera más exhaustiva por el impacto que las mismas pueden producir en el ambiente y, específicamente, al recurso aire.

### 13.2.2.4. Ley 11.720: Ley de Generación, Manipulación, Almacenamiento, Transporte, Tratamiento y Disposición final de Residuos Especiales.

La autoridad de aplicación es la secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

El art. 17 establece que todos los estudios para la determinación del Impacto ambiental y aquéllos relacionados a la preservación y monitoreo de los recursos naturales deberán ser efectuados y suscriptos en el punto que hace a su especialidad, por profesionales que deberán estar inscriptos en un Registro de Profesionales para el Estudio de Impacto Ambiental creado por la Ley 11.459.

El art. 38 establece entre los requisitos, para la inscripción de plantas en el Registro Provincial de Generadores y Operadores de Residuos Especiales, la inclusión en una declaración jurada de una Evaluación de Impacto Ambiental.

## 13.3. EMISIONES DE GASES

La planta tiene un foco de emisión a la salida de los gases de la chimenea de descarga correspondiente a la columna de absorción final del proceso (Fernández, 2017).

Según el anexo IV de la Resolución 242/97 complementaria del Decreto 3395/96, se determina la concentración máxima del contaminante en el aire durante diferentes períodos de tiempo.

Tabla 13.1. Niveles guía de emisión para contaminantes habituales presentes en efluentes gaseosos para nuevas fuentes industriales.

Contaminante	Concentración [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Caudal másico [g/s]
Dióxido de azufre	500	NE
Trióxido de azufre	100	NE
Ácido sulfúrico	150	NE

NE: indica valor no establecido.

## 13.4. RESIDUOS SÓLIDOS

### 13.4.1. Lodos de azufre

La materia prima de azufre generalmente tiene una pureza del 99,8-99,9% y contiene impurezas en forma de hidrocarburos, cenizas, etc., que deben separarse antes de que el azufre se quemé. Estas impurezas se separan ya sea mediante un proceso de filtración o por un proceso de sedimentación. El lodo de azufre que contiene estas impurezas se elimina mecánicamente o manualmente. Dependiendo de la pureza del azufre, se generan lodos de azufre en el rango de 2-5 kg/t de azufre utilizado.

Estos lodos pueden comercializarse para ser mezclados junto con superfosfato simple o para la extracción de azufre (Central pollution control board, 2007).

### 13.4.2. Residuos de catalizador

Es necesario destacar que el catalizador del reactor no se repone cada año. Los documentos de referencia de MTD (Mejor Técnica Disponible) recomiendan sustituir el catalizador del primer lecho del reactor con una periodicidad de 2 a 3 años, mientras que para el resto de los lechos se consideran periodos de más de 10 años (Fernández, 2017).

## 13.5. DISEÑO

### 13.5.1. Emisiones de gases

Las emisiones de los contaminantes gaseosos de la instalación,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , y nieblas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , se relacionan directamente con la conversión alcanzada en el reactor, a su vez relacionada con la temperatura y el buen estado del catalizador, la eficacia de las absorciones y de los eliminadores de niebla (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

En cuanto al reactor, lo principal es mantener una muy alta conversión. Con este propósito se ha de mantener la temperatura en el rango óptimo de operación del catalizador (420 a 660°C). Las temperaturas de entrada a cada lecho dependen directamente de los intercambiadores de calor previos a los mismos, por lo que para garantizar trabajar dentro del rango de temperaturas mencionado, se requiere un mantenimiento periódico de los dichos intercambiadores y asegurar el buen funcionamiento de los mismos (Fernández, 2017).

Por otro lado, las emisiones de  $\text{SO}_3$  y nieblas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  son menos relevantes en magnitud, sin embargo, constituyen una fuente de contaminación directa. Para garantizar la eficacia de la absorción se debe inspeccionar y mantener adecuadamente los distribuidores de ácido dispuestos en el interior de las columnas, de manera que se potencie la mezcla y por tanto la absorción. Y, además, se deberá

garantizar un riguroso plan de inspección y mantenimiento para los filtros de niebla presentes en las torres.

La simulación del proceso arroja que la planta cuenta con emisiones de  $17,677 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{SO}_2$ ;  $51,269 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{SO}_3$  y  $12,577 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , de los cuales se esperan valores menores que los obtenidos, ya que el software de simulación no cuenta con sistemas desnebulizadores como el que presentamos en el proyecto. Se garantiza mantener un nivel constante de emisiones a lo largo de los años de producción, debido a las pautas de inspección y mantenimiento establecidas en el presente apartado.

### 13.5.2. Residuos sólidos

El catalizador utilizado en el convertidor catalítico se debe reemplazar cada cierto periodo de tiempo, ya que no es posible su reactivación, por lo que se considera al mismo como un residuo sólido de categoría “residuos peligrosos”.

El catalizador gastado no puede reducirse en la medida que otros residuos si lo hacen, ya que, en este caso, es una necesidad básica del proceso que se desarrolla en el presente proyecto. Por lo tanto, solo se garantiza un correcto transporte y gestión de estos.

Al ser un residuo producido en grandes cantidades, ya que no hay una generación estrictamente continua de este residuo, sino que se reemplaza en su totalidad cada ciclo establecido, este no se almacenará en planta, sino que se recoge en bidones adecuados y se entrega directamente a la empresa gestora.

Previamente al traslado de los residuos hasta las instalaciones del gestor autorizado deberá disponerse, como requisito imprescindible, de compromiso documental de aceptación por parte de dicho gestor autorizado, en el que se fijen las condiciones de dicha aceptación, verificando las características del residuo a tratar y la adecuación a su autorización administrativa.

En cuanto al seguimiento, se llevará un registro, en el que se hará constar la cantidad, naturaleza, código de identificación, origen, métodos, y lugares de tratamiento, así como las fechas de generación y cesión de todos los residuos, frecuencia de recogida y medio de transporte. Estos registros se conservan en el departamento de medio ambiente por un periodo de tiempo no inferior a 4 años.

# **CAPÍTULO 14**

# **OBRAS CIVILES**

## 14. OBRAS CIVILES

### 14.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollará de manera general las características constructivas de la planta productora de ácido sulfúrico, la cual se encuentra ubicada en el parque industrial Comirsa, San Nicolás, provincia de Buenos Aires.

A continuación, se procede a realizar la descripción del terreno adoptado y las características de cada una de las áreas de la planta.

### 14.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

El parque industrial Comirsa posee radicaciones industriales de diferentes dimensiones, siendo de nuestra preferencia localizarnos en dos lotes de aproximadamente una hectárea, quedando así un predio de 140,80 m de largo y 127,92 m de ancho. En la siguiente figura se detalla el plano del parque industrial.

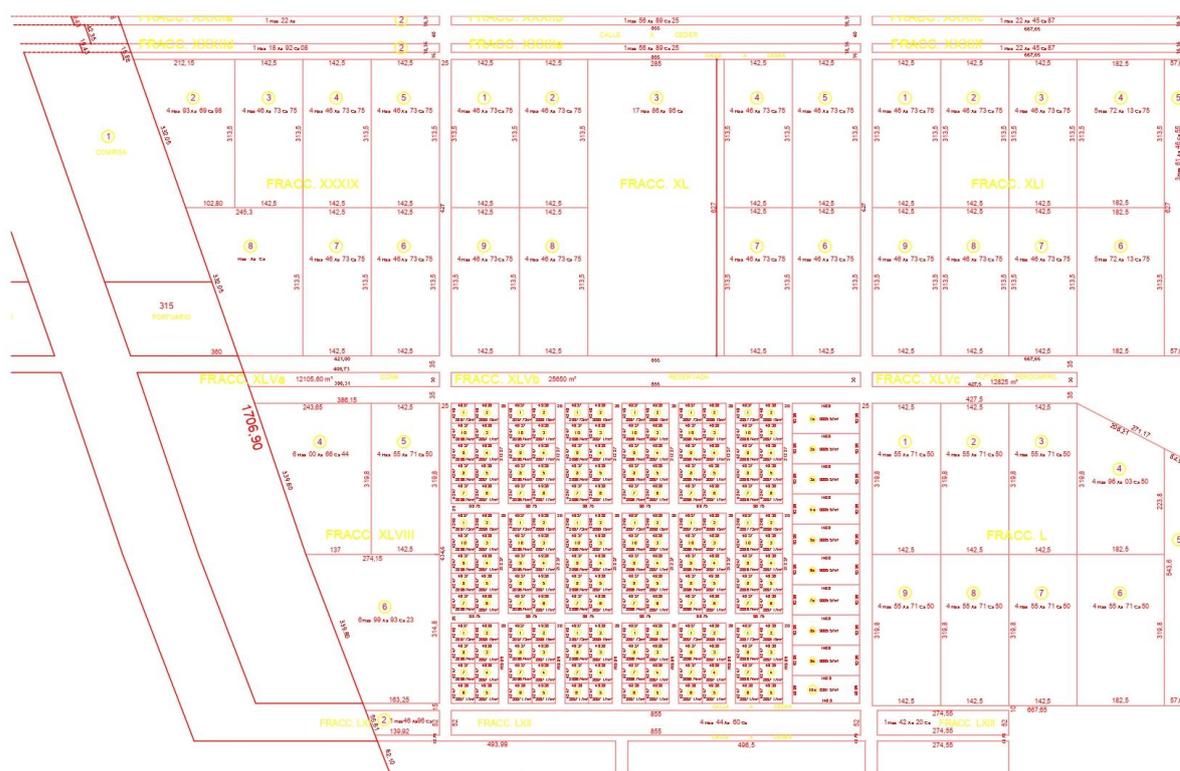


Figura 14.1. Plano del Parque Industrial Comirsa.

Los edificios deben ser construidos con una buena estructura para asegurar su seguridad, y, los materiales, deben ser tales que no produzcan ningún tipo de contaminación que puedan dañar tanto a las personas que trabajan en la planta, el producto que se elabora y el medio ambiente.

En el interior del edificio, se debe disponer de espacio suficiente de manera que se pueda movilizar de manera correcta el flujo de materia prima, materiales, productos y personal sin provocar interferencia en las operaciones que se están realizando y así, poder evitar posibles accidentes.

Como primera disposición, se alza en el predio un cerco perimetral de 2 m de altura con alambre del tipo romboidal. Los pilares de este cerco están hechos de premoldeados de hormigón en forma de postes olímpicos y colocados cada 10 m de perímetro. Estos postes sirven de bases y en su parte superior un tendido de 3 filas de alambres de púas, cubriendo la totalidad de la superficie de este.

Para el correcto desplazamiento dentro del predio, se traza una red de calles internas pavimentadas y señalizadas, por las que circularán tanto los vehículos de transporte y personales como así también el personal a pie.

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

En cuanto a las instalaciones edilicias propiamente dichas, a excepción del estacionamiento, del sector de producción y del sector de producto terminado, el resto de las áreas se encuentran bajo techo, lo que supondrá al menos una edificación para cada una de ellas.

Antes de determinar el área de cada sector, se fijan las consideraciones hechas a tal objetivo:

- Maximizar la funcionalidad de cada sector y de la planta en su totalidad.
- Minimizar el área cubierta y los desplazamientos de vehículos y personal.
- Tener en cuenta futuras ampliaciones e incorporaciones de equipos.
- Promover una eficiente comunicación entre las áreas y las personas que allí se encuentran.
- Facilitar el flujo de corrientes y de información.

En la tabla 14.1 se muestran las áreas requeridas por la planta y la superficie que requiere cada una de ellas. Por último, en la figura 14.2 se exhibe la distribución general de la planta, cabe destacar que la gráfica no se encuentra a escala, mientras que en el anexo se adjuntan los planos correspondientes.

Tabla 14.1. Área requerida por sector.

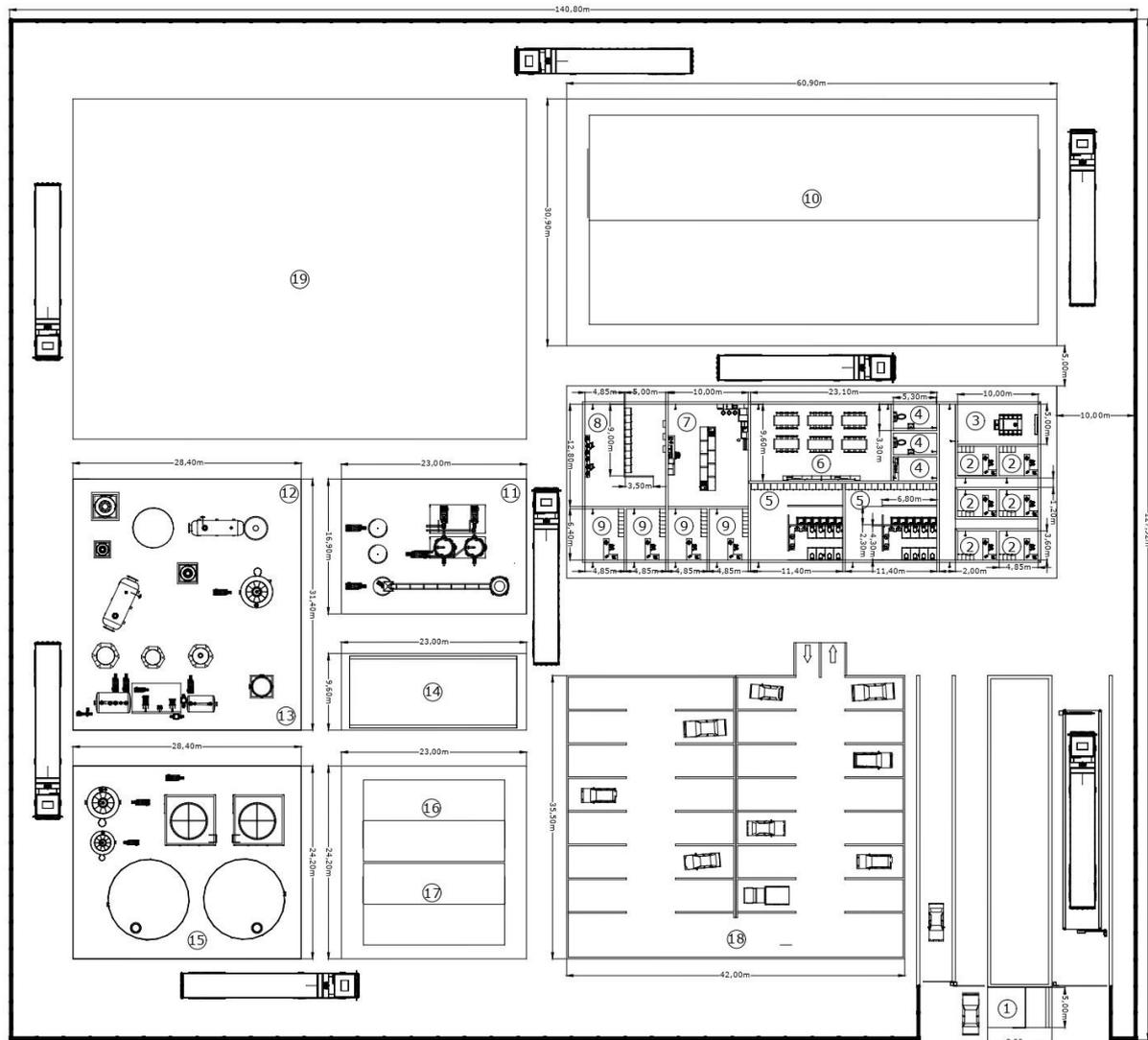
Sector	Característica (techado/intemperie)	Dimensiones [m]	Área [m <sup>2</sup> ]
Portería	Techado	5 x 8	40,00
Puesto de control	Techado	12,8 x 10,0	128,00
Oficina 1	Techado	6,40 x 4,85	31,04
Oficina 2	Techado	6,40 x 4,85	31,04

## PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

Proyecto final de grado – Ingeniería Química

Comedor	Techado	17,43 x 9,60	167,33
Baños y vestuarios	Techado	11,42 x 9,60	109,63
Laboratorio	Techado	12,8 x 10,0	128,00
Oficina 3	Techado	6,40 x 4,85	31,04
Oficina 4	Techado	6,40 x 4,85	31,04
Oficinas de Administración (6)	Techado	4,85 x 3,64	6 x 17,65
Sala de reunión	Techado	5 x 4	20,00
Baños y Cocina de administración	Techado	9,60 x 5,41	51,94
Almacén de azufre	Techado	55 x 25	1.375,00
Sala de compresores	Techado	9,0 x 21,5	193,50
Sector de fundición de azufre	Techado	17,0 x 21,5	365,50
Sector de reacción	Intemperie	19,5 x 26,4	514,80
Sector de absorción reactiva	Intemperie	11,5 x 26,4	303,60
Taller de mantenimiento	Techado	17,50 x 9,57	167,50
Depósitos	Techado	17,50 x 9,57	167,50
Almacenamiento de producto terminado	Intemperie	24,15 x 26,40	637,56
Estacionamiento	Techado	35 x 42	1.470,00
TOTAL			6.265,00

Elaboración propia.



<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Portería</li> <li>2. Oficinas de administración</li> <li>3. Sala de reunión</li> <li>4. Baños y cocina de administración</li> <li>5. Baños y vestuarios</li> <li>6. Comedor</li> <li>7. Laboratorio</li> <li>8. Puesto de control</li> <li>9. Oficinas 1, 2, 3 y 4</li> <li>10. Almacén de azufre</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Sector de fundición de azufre</li> <li>12. Sector de reacción catalítica</li> <li>13. Sector de absorción</li> <li>14. Sala de compresores</li> <li>15. Almacenamiento de producto terminado</li> <li>16. Taller de mantenimiento</li> <li>17. Depósitos</li> <li>18. Estacionamiento</li> <li>19. Zona de ampliación</li> </ol>
--	---

Figura 14.2. Distribución general de la planta.

### 14.3. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA

#### 14.3.1. Portería

Para el ingreso se emplean barreras al paso y un puesto de seguridad que, tiene en principal, la función de un control interno sobre la empresa. Se controla el ingreso y el egreso del personal por medio de un

reloj biométrico, y el ingreso de proveedores, clientes y visitas, como así también el transporte de materia prima y producto terminado.

Las paredes de este sector son de ladrillo común de 8 m ancho y 3 m de alto, revestidas con revoque grueso y fino, y pintadas con pintura látex. Los techos son de hormigón armado revocado interiormente. Los pisos son de hormigón revestidos con cerámicos y las aberturas presentes son de aluminio.

### 14.3.2. Estacionamiento

El estacionamiento de la planta incluye un sector para motocicletas y bicicletas, para el cual se destinan los primeros 4 espacios de este, y un sector para automóviles. Para el primer sector se coloca un rack para bicicletas, mientras que las motos se ubican a su derecha.

En el caso de los automóviles posee capacidad disponible para 28 autos, se optó por una orientación de 90° para cada vehículo. Para protección de estos, se emplean dos toldos impermeables con mallas tipo Dickson.

### 14.3.3. Comedor

El comedor tiene una superficie de 167,33 m<sup>2</sup>, cuenta con mesas y sillas suficientes para que el personal de turno pueda estar cómodo, una heladera, un microondas, mesada con bacha y canilla de agua fría y caliente, vajilla y utensilios para uso del personal.

Las paredes de este sector son de ladrillo común de 9,6 m de ancho y 4 m de alto, revestidas exteriormente con revoque grueso y fino y pintadas con pintura látex, en su interior se encuentran recubiertas con azulejos hasta los 2 m de altura y luego pintadas con látex. Los pisos son de hormigón revestidos con cerámicos y los techos son de hormigón armado revocado interiormente. Las aberturas presentes son de aluminio.

### 14.3.4. Baños y vestuarios

Hay baños y vestuarios independientes para damas y caballeros, se encuentran separados uno de otro por una pared de ladrillo común de 15 cm de espesor. Los baños cuentan con inodoros, y el de caballeros además con mingitorios, lavamanos (agua fría y agua caliente), dispositivos de jabón líquido, toallas de papel descartables y cesto para arrojar los papeles.

Los vestuarios, permiten a los empleados colocarse los equipos de seguridad y uniforme de trabajo pertinentes antes de ingresar a la planta. Estos disponen de ducha y cuenta con casilleros propios para guardar sus objetos personales.

Las paredes del sector son de ladrillo común de 9,6 m de ancho y 4 m de alto, revestidas exteriormente con revoque grueso y fino y pintadas con pintura látex, en su interior se encuentran recubiertas con azulejos hasta los 2 m de altura y luego pintadas con látex. Los pisos son de hormigón revestidos con cerámicos y los techos son de hormigón armado revocado interiormente. Las aberturas presentes son de aluminio.

### 14.3.5. Puesto de control

En este sector se ubica la central de monitoreo de los procesos presente en la planta y las oficinas del personal jerárquico de producción.

Las paredes del exterior son de ladrillo común de 10 m de ancho y 4 m de alto, revocadas con revoque fino y grueso y pintadas con látex, mientras que las del interior se utilizan paneles durlock pintados al látex de 15 cm de ancho con perfiles de acero galvanizado. Los techos son de hormigón armado revocado interiormente y el piso es de hormigón revestido con cerámicos. Las aberturas presentes son de aluminio.

### 14.3.6. Administración

En este sector, se encuentran las oficinas del personal administrativo. Además, cuenta con una recepción, sala de reuniones, baños para damas y caballeros y una pequeña cocina comedor.

Dispone de escritorios, sillas, armarios, PC, artículos de librería y todo lo necesario para llevar a cabo las actividades administrativas.

Las paredes del exterior son de ladrillo común de 19,51 m de ancho y 4 m de alto, revestidas con revoque fino y grueso, y pintadas con pintura látex, mientras que las del interior se utilizan paneles durlock pintados al látex de 15 cm de ancho con perfiles de acero galvanizado. El piso es de hormigón revestido con cerámicos y los techos son de hormigón armado revocado interiormente. Las aberturas presentes son de aluminio.

### 14.3.7. Almacenamiento de azufre

Las características constructivas de la sala de compresores cuentan con paredes de ladrillo común de 30 cm de espesor, recubiertas con revoque grueso y fino a una altura de 3 m y pintadas al látex, luego

se continúa la edificación con un sistema de columnas de hierro y chapas pre pintadas y policarbonato cristal hasta completar los 12 m de altura. El piso es de cemento armado o concreto, colocado en losas o lanchas a lo largo de toda la sala, tendrá unas 5 pulgadas de espesor. Los techos son de chapa soportadas sobre vigas de acero con pendiente para el escurrimiento del agua con extractores eólicos. Las únicas aberturas disponibles son dos portones corredizos que contienen una puerta hombre.

### 14.3.8. Sector de producción

La zona de producción se considera dividida de manera imaginaria en tres secciones: sector de fundición de azufre, sector de reacción y sector de absorción reactiva.

Para estos sectores, además de tener en cuenta el personal, se deben considerar los requerimientos del proceso productivo, los equipos se ordenan de acuerdo con las etapas progresivas. Una correcta posición de los equipos permite una mejor utilización de los espacios, facilita la circulación dentro de la planta, agiliza el proceso de manufactura, minimizando los movimientos de materiales, provocando así un manejo más eficiente de la mano de obra.

Los espacios entre equipos se determinan de tal manera que se permita el fácil acceso de los operarios para las realizar las tareas cotidianas y de mantenimiento.

La construcción del piso es de cemento armado o concreto, colocado en losas o lanchas a lo largo de todo el espacio, tendrá unas 5 pulgadas de espesor, recubierto por Epoxi-Poliuretano.

El sector fundición del azufre, además, cuenta con techo de chapa soportado sobre vigas de acero con pendiente para el escurrimiento del agua.

### 14.3.9. Taller de mantenimiento y depósito

Se cuenta con un taller de mantenimiento el cual contiene las distintas herramientas y equipos disponibles para el mantenimiento y arreglo de los equipos. Además, se cuenta con un depósito para repuestos, el cual presenta las mismas características que el taller. Las características constructivas que se emplean son paredes de ladrillo común de 30 cm de espesor, recubiertas con revoque grueso y fino a una altura de 3 m y pintadas al látex, luego se continúa la edificación con un sistema de columnas de hierro y chapas pre pintadas y policarbonato cristal hasta completar los 5 m de altura. El piso es de cemento armado o concreto, colocado en losas o lanchas a lo largo de toda la sala, tendrá unas 5 pulgadas de espesor. Los techos son de chapa soportadas sobre vigas de acero con pendiente para el escurrimiento del agua con extractores eólicos. Las únicas aberturas disponibles son dos portones corredizos que contienen una puerta hombre.

### 14.3.10. Sala de compresores

Las características constructivas de la sala de compresores cuentan con paredes de ladrillo común de 30 cm de espesor, recubiertas con revoque grueso y fino a una altura de 3 m y pintadas al látex, luego se continúa la edificación con un sistema de columnas de hierro y chapas pre pintadas y policarbonato cristal hasta completar los 6 m de altura. El piso es de cemento armado o concreto, colocado en losas o lanchas a lo largo de toda la sala, tendrá unas 5 pulgadas de espesor. Los techos son de chapa soportadas sobre vigas de acero con pendiente para el escurrimiento del agua con extractores eólicos. Las únicas aberturas disponibles son dos portones corredizos que contienen una puerta hombre.

### 14.3.11. Laboratorio

Las paredes del laboratorio son de ladrillo común de 10 m de ancho y 4 m de alto, se encuentran revestidas con revoque grueso y fino y recubierto con pintura epoxi. La zona de trabajo se encuentra recubierta con azulejos blancos hasta una altura de 2 m, contiene una mesada con bacha donde se dispone de agua caliente y fría, una bajo mesada con puertas y llave que posee las estanterías necesarias para ubicar todos los elementos de uso del laboratorio. Además, el mismo cuenta con todo el equipamiento e instrumentos necesarios para el control de calidad de materias primas y productos.

El piso está recubierto por Epoxi-Poliuretano, el cual ofrece una gran ventaja a resistencia de derrames y salpicaduras de pinturas, disolventes y diferentes tipos de productos químicos. Es fácil de limpiar, es resistente a la abrasión, antiderrapante y estético. Los techos son de hormigón armado revocado interiormente y las aberturas colocadas en este espacio son de aluminio.

### 14.3.12. Almacenamiento de producto terminado

Los tanques de almacenamiento de producto terminado se encuentran a la intemperie. El material que se va a utilizar para la construcción del piso es de cemento armado o concreto, colocado en losas o lanchas a lo largo del sitio de almacenamiento, tendrá unas 5 pulgadas de espesor, recubierto por Epoxi-Poliuretano.

# **CAPÍTULO 15**

# **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

---

## 15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### 15.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describirán las características de las instalaciones eléctricas del proyecto, y se evaluará el requerimiento de potencia total. Éste último, se determina teniendo en cuenta el consumo de cada equipo perteneciente al proceso de producción y el de los demás artefactos empleados en iluminación.

Los circuitos de alumbrado emplean corriente alterna monofásica de 220 V, mientras que en los circuitos de fuerza motriz la corriente utilizada es alterna trifásica de 380 V.

### 15.2. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica se compone de ciertos elementos básicos, los cuales se detallan a continuación.

#### 15.2.1. Transformador

Un transformador es una máquina eléctrica que, basándose en los principios de inducción electromagnética, transfiere energía de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia. La transferencia se lleva a cabo con el cambio de voltaje y corriente. Un transformador aumenta o disminuye la corriente alterna cuando es necesario. Estas máquinas ayudan a mejorar la seguridad y eficiencia de los sistemas de energía durante su distribución y regulación a través de largas distancias utilizando 2715,74 kW/h de potencia.

Todos los transformadores comparten varias características sin importar su tipo:

- La frecuencia de energía de entrada y salida es la misma.
- Todos se rigen por las leyes de la inducción electromagnética.
- Las bobinas primarias y secundarias no cuentan con conexión eléctrica (excepto por los transformadores automáticos). La transferencia de energía se lleva a cabo por el flujo magnético.
- Las partes móviles no son requeridas para transferir energía, por lo que no existe fricción o pérdidas en el devanado como en otros dispositivos eléctricos. (Tecsa, 2019)

### 15.2.2. Tableros

En una instalación eléctrica, el tablero eléctrico es imprescindible para la protección de equipos críticos. En términos generales, un tablero eléctrico es un gabinete en el que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente (nVent HOFFMAN, 2021).

Para fabricar los tableros eléctricos se debe cumplir con una serie de normas que permitan su funcionamiento de forma adecuada cuando ya se le ha suministrado la energía eléctrica. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios (nVent HOFFMAN, 2021).

Los constituyentes de los tableros eléctricos son:

- Medidor de consumo (mismo que no se puede alterar).
- Interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado. Es importante mencionar que el interruptor no tiene funciones de seguridad, solamente se encarga de limitar el nivel del consumo.
- Gabinete, parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, principalmente los podemos encontrar de metal, aunque en algunas ocasiones y depende de su aplicación los encontramos de plástico.
- Rieles metálicos, sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema.
- Barras colectoras, son de un material conductor y se utilizan para suministrar la corriente eléctrica a los componentes del tablero, por lo regular se utilizan cuando se necesita de una gran cantidad de energía.
- Canaletas, son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro.
- Bornera de conexiones, también se les conocen como clemas y son prácticamente son conectores eléctricos que aprisionan el cable a través de un tornillo, estas borneras se utilizan principalmente cuando los cables van a salir del tablero hacia un componente externo como puede ser un motor o cualquier actuador.
- Prensa cables, también se les conoce como conectores de glándula y estos van empotrados en el gabinete eléctrico para poder transportar los cables de una manera segura desde el exterior al interior o viceversa.
- Componentes eléctricos y electrónicos, Los componentes pueden variar según el tipo de sistema que se necesite puede desde uno básico con fusibles y protecciones hasta uno más

---

complejo con PLC, contactores, guardamotores, temporizadores, entre otros. (Ingeniería Mecafenix, 2019)

### 15.2.3. Generador de emergencia

Un generador eléctrico industrial o comúnmente llamado planta eléctrica, es un dispositivo que puede crear energía eléctrica y suministrarla a algún sitio o instalación donde la compañía suministradora no sea capaz de hacerlo, ya sea por falta de infraestructura o daños en la misma que provoquen cortes de energía.

Un generador eléctrico industrial se vale de un motor con un Sistema de Cuatro Tiempos, como su nombre lo indica, está compuesto por 4 etapas que se definen de la siguiente manera: admisión, compresión, expansión y escape.

### 15.2.4. Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos o materiales conductores son aquellos que tienen poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas. La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad.

### 15.2.5. Iluminación

Cuando se hace referencia a la iluminación se debe considerar tanto la iluminación natural como la iluminación artificial. A la hora de diseñar un área de trabajo siempre se deben considerar ambas. La luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural.

Las principales ventajas de la iluminación natural son las siguientes:

- Produce menor cansancio a la vista.
- Permite apreciar los colores tal y como son.
- Es la más económica.
- Psicológicamente un contacto con el exterior a través de una ventana, por ejemplo, produce un aumento del bienestar.

No obstante, su principal inconveniente es la gran variabilidad que se produce al cabo del tiempo. La iluminación artificial se debe usar cuando no se puede emplear la luz natural o, como ocurre en la mayoría de los casos, para complementar la luz natural.

La calidad de la luz artificial será mejor cuanto más próximo esté el espectro de esa luz al que produce el sol. A la hora de evaluar o adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo se deben considerar aspectos relacionados con el trabajador, con el tipo de tarea que vaya a desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación. Por un lado, la iluminación se produce gracias a unas lámparas, que son las que van a emitir la luz; esas lámparas se encontrarán colocadas en unas luminarias concretas que modificarán las características de la luz y formarán parte de todo un sistema de iluminación que también modificará las características de la luz conseguida en el local. Todos estos aspectos se deberán considerar, pues un fallo en uno solo hará que la iluminación no sea la adecuada. Si las lámparas no emiten suficiente flujo luminoso, si hay zonas donde no se dispone de luminarias, si la luz no es la adecuada para la tarea del trabajador, sólo uno de estos aspectos será suficiente para que la luz no sea adecuada y se deba rectificar (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015).

### 15.2.6. Tomacorrientes

Los tomacorrientes son dispositivos eléctricos que sirven como punto de conexión para alimentar equipos eléctricos, tales como electrodomésticos, equipos portátiles e industriales. Los tomacorrientes no consumen ninguna energía, este solo enlaza la fuente de alimentación a los equipos que se vayan a alimentar de una fuente de energía eléctrica.

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) es una asociación que se ha encargado de normalizar el diseño que se debe utilizar para los tomacorrientes y otros dispositivos eléctricos en gran parte del continente americano.

Dependiendo del tipo de alimentación que necesite el equipo, existe un diseño específico del tomacorriente. Las características que definen a un tomacorriente son las siguientes:

- Tensión máxima: es el voltaje máximo al cual debe someterse el tomacorriente. Los niveles de tensión máximos se encuentran de 125V, 250V, 480V y hasta 600V.
- Corriente máxima: es la corriente máxima que puede soportar el tomacorriente sin que este se sobrecaliente y se estropee. Los amperajes normalizados son de 15A, 20A, 30A, 50A y 60A.
- Número de polos: este determina la cantidad de salidas que posee el tomacorriente para alimentar la carga (fase o potencial y neutro). Este número de polos no incluye la salida de tierra, esta es adicional. Por ejemplo, un tomacorriente puede tener 2 polos y una tierra (a este llegan 3 cables en total).

Existen una gran cantidad de tomacorrientes con diferentes características y diseños, esto varía según la aplicación a la que se vaya a utilizar. Para el caso de industrias con alto consumo de potencia, se utiliza un tomacorriente para sistema monofásico a 3 hilos-120V/240V al cual llegan cuatro cables. En

este se consiguen dos niveles de tensión 120V-240V. El voltaje entre potencial y potencial es de 240V, entre potencial y neutro de 120V, entre potencial y tierra es de 120V, y entre neutro y tierra es de 0V (Faradayos, 2014).

### 15.2.7. Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra es una parte básica de cualquier instalación eléctrica y tiene como objetivo:

- Limitar la tensión que presentan las masas metálicas respecto a tierra.
- Asegurar la actuación de las protecciones.
- Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.

Existen principalmente dos tipos de protecciones que dependen de la puesta a tierra de forma básica para su correcto funcionamiento, que son la protección contra sobretensiones transitorias (protección de equipos), y protección diferencial contra contactos indirectos (protección de personas). Los efectos de las sobretensiones transitorias sobre una instalación se evitan mediante protectores contra sobretensiones transitorias (SPD). Éstos actúan derivando la energía de la sobretensión hacia la puesta a tierra, evitando así daños en equipos eléctricos y electrónicos. La calidad de la protección contra sobretensiones está muy ligada al sistema de puesta a tierra, pues un camino de impedancia elevada puede exponer en mayor medida los equipos sensibles a los efectos de dicha sobretensión. Directamente, en caso de pérdida o inexistencia de la puesta a tierra, la protección contra sobretensiones pierde toda su eficacia. En el caso de la protección diferencial, la conexión de los equipos a las puestas de tierra es de vital importancia para la seguridad ante contactos indirectos, ya que, sin conexión a tierra, no se produce la fuga necesaria para que el diferencial pueda actuar antes de que alguien toque la carcasa metálica y se produzca un contacto indirecto, descargando la fuga de corriente a través de él. El uso generalizado en instalaciones industriales de diferenciales de mayor calibre aumenta si cabe la relación entre la puesta a tierra y la seguridad, debido a que un contacto indirecto representaría un potencial peligro mucho mayor para las personas. Vemos, por tanto, como el estado del sistema de puesta a tierra es esencial para el correcto funcionamiento de las protecciones en cualquier instalación (Cirprotec, 2016).

### 15.3. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En la planta procesadora de ácido sulfúrico se tuvo en cuenta la fuerza motriz requerida por los equipos y la iluminación necesaria por área para determinar el requerimiento total de energía eléctrica, así como también, los costos asociados que se verán reflejados en el Capítulo 18. Cabe destacar que la empresa proveedora de energía del parque industrial Comirsa es el Municipio de Ramallo.

La iluminación correcta en la industria permite al personal realizar su trabajo de manera más productiva, brindando, además, condiciones óptimas de confort visual. Está demostrado que una buena iluminación ayuda a realizar las tareas de forma más eficiente. En lo que respecta a seguridad y ergonomía, es evidente que un puesto de trabajo en un área mal iluminada es un riesgo para los operarios y puede producir fatiga visual y mental, por lo que es necesario lograr niveles lumínicos correctos.

### 15.3.1. Cálculo de la iluminación

Para determinar el nivel de iluminación, se deben calcular las dimensiones de cada sector, y tener en cuenta el flujo luminoso necesario según el trabajo que se realice en él. El nivel de iluminación se mide en lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) y es el cociente del flujo luminoso (lumen) sobre el área de la superficie iluminada.

Los niveles mínimos de iluminación están descritos en la ley 19.587 “Higiene y seguridad en el trabajo”, decreto 4160. En la Tabla 15.1 se muestran los niveles de iluminación.

Tabla 15.1. Nivel de iluminación necesario según la tarea a realizar.

Tarea	Nivel de iluminación (lux)
Tareas que no exigen esfuerzo visual: tránsito por pasillos, almacenajes, carga y descarga de materia prima.	50
Actividades que exigen poco esfuerzo visual: tareas generales en la sala de caldera, depósito de materiales, baños, escaleras.	100
Tareas que exigen esfuerzo visual corriente, distinción moderada de detalles. Trabajos en máquinas automáticas, embalaje, salas de archivos y reuniones.	200
Trabajos que exigen bastante esfuerzo visual: se requiere fina distinción de detalles, grado moderado de contraste y largos espacios de tiempo. Trabajos en taller, montajes, trabajos en maquinarias, trabajos en oficina.	400
Tareas que exigen gran esfuerzo visual: trabajos de precisión que requieren fina distinción de detalles, gran velocidad, acabados finos, mesas de dibujo, etc.	700
Tareas que exigen máximo esfuerzo visual: trabajos de precisión máxima que requieren finísima distinción de detalles.	1500

Fuente: Ley 19587, Higiene y seguridad en el trabajo.

Para adoptar las luminarias, se tendrá en cuenta:

- Consumo energético.
- Economía de instalación.
- Mantenimiento.
- Nivel de iluminación.

- Dimensiones del sector.
- Actividades que se realicen en el sector.

La planta cuenta con iluminación interior (espacio cubierto) y exterior (intemperie), por lo que, se establece que para calcular la cantidad de luminarias interiores requeridas se sigue un método de cálculo descrito en el siguiente apartado, mientras que para parte exterior se tomará como criterio asignar lámparas LED cada cierta distancia.

En la siguiente tabla se detallan las luminarias escogidas.

Tabla 15.2. Adopción de lámparas según sector de la planta.

Sector	Tipo de lámpara	Luminosidad [lm]	Potencia [W]
Portería	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Comedor	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Baños y vestuarios	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Puesto de control	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Administración	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Oficinas 1, 2, 3 y 4	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2.000	12
Laboratorio	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17.100	115
Almacén de azufre	Luminaria led Serie Moss Modelo MOSS 105	14.204	105
Sala de compresores	Luminaria led Serie Moss Modelo MOSS 105	14.204	105
Taller de mantenimiento	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17.100	115
Depósitos	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17.100	115
Sector de fundición de azufre	Proyector LED Profesional SICA	7.600	100
Sector de reacción catalítica	Proyector LED Profesional SICA	7.600	100
Sector de absorción	Proyector LED Profesional SICA	7.600	100
Almacenamiento producto terminado	Proyector LED Profesional SICA	7.600	100
Alumbrado exterior	Proyector LED Profesional SICA	7.600	100

Elaboración propia.

### 15.3.2. Iluminación interior

De acuerdo al nivel de iluminación deseado para cada área se calcula el número de lámparas necesarias empleando la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{E \cdot S}{F_M \cdot F_U \cdot L_L}$$

Ecuación 15.1

Donde:

E: nivel de iluminación requerido en el sector (lux).

S: superficie del sector a iluminar (m<sup>2</sup>).

F<sub>M</sub>: factor de mantenimiento.

F<sub>U</sub>: factor de utilización.

L<sub>L</sub>: flujo luminoso de la lámpara (lumen).

El factor de mantenimiento está relacionado con el ensuciamiento de la luminaria, lo cual provoca una disminución del flujo luminoso. En los alumbrados interiores que presentan una polución del ambiente reducida se recomienda utilizar un factor de mantenimiento de 90% para luminaria cerrada y 80% para abierta. En los alumbrados exteriores se utiliza un factor de 60% cuando la polución es importante, 70% cuando es moderada y 80% si es reducida.

Se define el factor de utilización a la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias. Es decir, brinda un rendimiento de las luminarias ubicadas en el sector analizado. Para determinar este factor es necesario conocer el índice del local, como así también, el factor de reflexión para techo, paredes y suelo.

El índice del local se calcula con la ecuación:

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

Ecuación 15.2

Donde:

k: índice del local.

a: largo de la superficie.

b: ancho de la superficie.

h: altura de las lámparas.

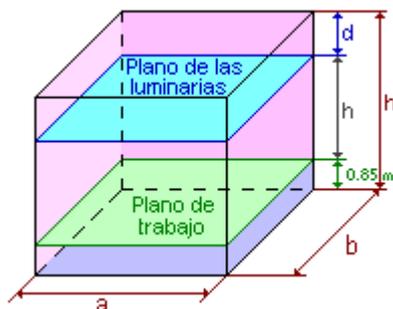


Figura 15.1. Dimensiones de los espacios.

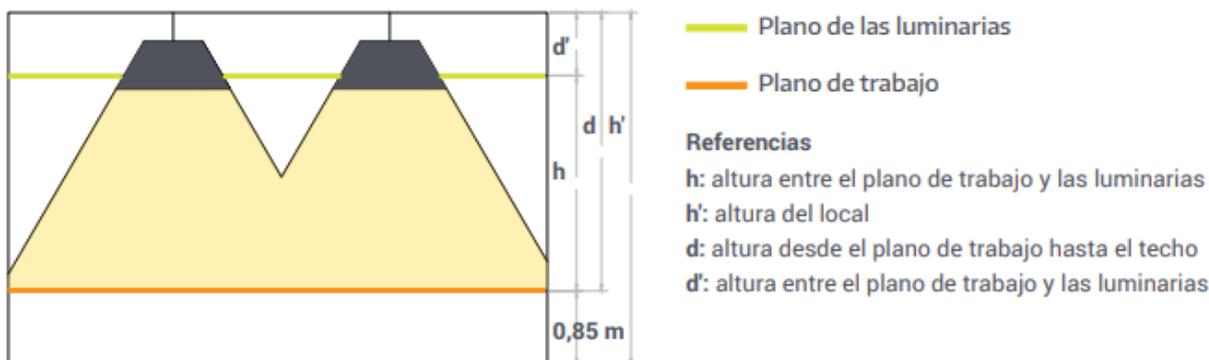


Figura 15.2. Cálculo de la altura de la luminaria.

Tabla 15.3. Cálculo de la altura de la luminaria.

Características del área	Altura de las luminarias	
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Lo más altas posibles	
Locales con iluminación indirecta	Mínimo	$h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0,85)$
	Óptimo	$h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0,85)$

Fuente: Manual de Estándares de Espacios de Trabajo del Estado Nacional.

Los factores de reflexión del techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados de un plano, lo que definen su color. En la Tabla 15.4 se resumen estos valores. Se adopta un factor de reflexión de 0,5 para el techo y 0,3 para las paredes.

Tabla 15.4. Factor de reflexión según los colores de las superficies iluminadas.

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3



Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: Manual de Estándares de Espacios de Trabajo del Estado Nacional.

De acuerdo al tipo de lámpara empleado, los factores de reflexión y el índice del local (k), se determina el factor de utilización empleando la tabla de la Figura 15.3.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (U)											
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes					
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
$D_{max} = 1.0 H_m$	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
$f_m = .70$	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 15.3. Factor de utilización.

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

Tabla 15.5. Descripción de la cantidad de lámparas en zonas cubiertas.

Sector	E [lux]	S [m <sup>2</sup> ]	k	F <sub>U</sub>	F <sub>M</sub>	Luminosidad [lm]	Nº Lámparas
Portería	100	40,00	1,79	0,59	0,9	2.000	4
Puesto de control	200	128,00	2,23	0,89	0,9	2.000	16
Oficina 1	200	31,04	1,10	0,76	0,9	2.000	4
Oficina 2	200	31,04	1,10	0,76	0,9	2.000	4
Laboratorio	1500	128,00	2,23	0,89	0,9	17.100	14
Oficina 3	200	31,04	1,10	0,76	0,9	2.000	4
Oficina 4	200	31,04	1,10	0,76	0,9	2.000	4
Baños y vestuarios	100	109,63	2,07	0,89	0,9	2.000	14
Comedor	100	167,33	2,46	0,92	0,9	2.000	10
Oficinas de Administración	200	105,90	2,04	0,89	0,9	2.000	12
Sala de reunión	200	50,00	1,32	1,3	0,9	2.000	7
Baños y Cocina de administración	100	51,94	0,77	0,71	0,9	2.000	3
Almacén de azufre	100	1.375	1,93	0,89	0,7	14.204	16

Sala de compresores	400	193,5	1,54	0,84	0,9	14.204	7
Taller de mantenimiento	700	167,5	1,86	0,89	0,8	17.100	10
Depósitos	400	167,5	1,86	0,89	0,8	2.000	6
<b>TOTAL</b>							<b>135</b>

Elaboración propia.

### 15.3.3. Iluminación exterior

Las instalaciones que se encuentran al aire libre, junto con las vías de circulación y estacionamientos, deberán contener proyectores de exterior de la marca Artelum, modelo DAN apto para intemperie construido en aluminio con cierre de vidrio templado.

Se utiliza el siguiente método para determinar la cantidad de reflectores a incorporar. Primero se calcula el flujo luminoso total ( $\Phi$ ), con la siguiente ecuación:

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

Ecuación 15.3

Donde

$N_i$ : nivel de iluminación deseado.

S: superficie a iluminar.

K: coeficiente de utilización.

Tomando como pérdidas de flujo luminoso por condiciones ambientales, se adopta un valor de K entre 0,20 y 0,35. Una vez que se tiene el valor de la ecuación anterior, se procede a la al cálculo para obtener la cantidad de reflectores por cada zona, expresado en la Tabla 15.6.

$$N_{reflectores} = \frac{\Phi}{\phi_i}$$

Ecuación 15.4

Donde

$\Phi_i$ : flujo de cada luminaria.

Tabla 15.6. Descripción de la cantidad de lámparas en zonas descubiertas.

Espacio a cubrir	Área [m <sup>2</sup> ]	Cantidad de proyectores LED
Sector de fundición de azufre	365,50	12
Sector de reacción catalítica	514,80	17
Sector de absorción	303,60	10

Almacenamiento de producto terminado	637,56	21
Estacionamiento	1.470,00	15
<b>TOTAL</b>		<b>75</b>

Fuente: Elaboración propia.

Además, se cuenta con iluminación en las calles principales del predio, en las cuales se decide ubicar cada 15 metros un reflector LED. Esto implica un requerimiento de 63 unidades adicionales a las establecidas en la tabla anterior, dando un total de 138 luminarias LED.

#### 15.3.4. Consumo por iluminación

En la Tabla 15.7 se pueden observar los consumos diarios y anuales de las luminarias en cada uno de los sectores.

Tabla 15.7. Consumo total por iluminación.

Sector	Nº Lámparas	Potencia [kW]	Frecuencia de uso [h/día]	Consumo diario [kW.día]	Consumo anual [kW.año]
Portería	4	0,048	24	1,15	403,20
Puesto de control	16	0,192	24	4,61	1.612,80
Comedor	10	0,120	24	2,88	1.008,00
Baños y vestuarios	14	0,168	24	4,03	1.411,20
Almacén de azufre	16	1,680	12	20,32	7.056,00
Sala de compresores	7	0,735	12	8,82	3.087,00
Sector de fundición de azufre	12	1,200	12	14,40	5.040,00
Sector de reacción catalítica	17	1,700	12	20,40	7.140,00
Sector de absorción	10	1,000	12	12,00	4.200,00
Administración	22	0,264	8	2,11	739,20
Laboratorio	14	1,610	16	25,76	9.016,00
Oficinas 1,2,3,4	16	0,192	24	4,61	1.612,80
Taller de mantenimiento	10	1,150	24	27,60	9.660,00
Depósitos	6	0,690	24	16,56	5.796,00
Almacenamiento producto terminado	21	2,100	12	25,20	8.820,00

Alumbrado exterior	78	7,800	12	93,60	32.760,00
<b>TOTAL</b>				284,05	99.362,20

Elaboración propia.

### 15.3.5. Fuerza motriz

En la Tabla 15.8 se detallan los consumos de potencia de cada equipo por día y por año, considerando las horas de funcionamiento en un ciclo de producción de 350 días.

Tabla 15.8. Cálculo de fuerza motriz.

Equipo	Cantidad	Potencia [kW]	Funcionamiento [h/día]	Consumo diario [kW.día]	Consumo anual [kW.año]
P-104	1	1,12	24	26,86	9.400
P-106	2	2,24	24	107,52	37.632
P-108	1	1,12	12	13,43	4.700
P-109	1	1,12	12	13,43	4.700
P-111	1	1,12	24	26,86	9.400
P-204	1	11,19	24	268,56	93.996
P-306	2	4,10	24	196,80	68.880
P-402	1	1,12	24	26,86	9.400
P-308	2	4,10	24	196,80	68.880
P-310	1	1,12	24	26,86	9.400
P-304	2	7,46	24	357,84	125.244
P-302	1	4,10	24	98,40	34.440
P-312	2	11,19	24	537,12	187.992
P-314	1	1,12	24	26,86	9.400
P-404	3	11,19	24	805,68	281.988
P-406	3	11,19	24	805,68	281.988
CT-405	2	22,00	24	1.056,00	369.600
F-103	1	2,98	24	71,52	25.032
X-102	1	1,49	24	35,76	12.516
K-201	5	173,75	24	20.850,00	7.297.500
M-307	1	5,59	24	134,16	46.956
M-311	1	14,91	24	357,84	125.244
<b>TOTAL</b>				26.040,82	9.114.285,60

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 16**

## **HIGIENE Y SEGURIDAD**

---

## **16. HIGIENE Y SEGURIDAD**

### **16.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se detallan las normativas de seguridad para la industria y personal de trabajo. Además, se seleccionan los elementos de seguridad para la protección de las personas.

Se tiene en cuenta los peligros potenciales para la salud y seguridad, así como también daños que se puedan ocasionar al medio ambiente. Además, se describen las propiedades de las sustancias involucradas en el proceso y se realiza un sistema de prevención contra incendios, evacuación de la planta, y plan de capacitaciones.

### **16.2. MARCO LEGAL**

La higiene industrial es la disciplina preventiva que estudia las condiciones del medio ambiente de trabajo, identificando, evaluando y controlando los contaminantes de origen laboral para evitar que se produzca un daño a la salud.

En el desarrollo del diseño de la planta industrial de ácido sulfúrico, se tienen en cuenta las normativas vigentes en nuestro país, tales como: Ley N° 19.587/72 “Higiene y Seguridad en el Trabajo” y su Decreto 351/79, Ley N° 24.577/96 “Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales” y su Dto. Reglamentario N° 170/96, como así también Resoluciones de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) N° 231/96, 51/97, 35/98, 319/91 y 552/01.

### **16.3. HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL ESTABLECIMIENTO**

#### **16.3.1. Sanidad industrial**

Las duchas de seguridad y los lavaojos son equipos de emergencia para los casos de proyecciones, derrames o salpicaduras de productos químicos sobre las personas, con riesgo de contaminación o quemadura química. Se utilizan para aplicar primeros auxilios y, por lo tanto, no deben reemplazar a los elementos de protección personal habituales.

Los lavaojos permiten la descontaminación rápida y eficaz de los ojos afectados por la salpicadura o el derrame de un producto peligroso. Utilice las duchas de emergencia y lavaojos sólo en caso de contacto con la piel o los ojos de sustancias químicas, partículas, aerosoles, y contaminantes en general, además de los casos de incendio de la ropa.

*Formas de uso:*

Ducha (cuerpo)

- Tire la palanca de accionamiento de la ducha de emergencia.
- Mientras está debajo del agua, quítese la ropa, zapatos y accesorios.
- Lave el contaminante que haya entrado en contacto con el cuerpo.
- Permanezca debajo del agua durante 20 minutos como mínimo, mientras se consigue ayuda médica.

Lavaojos

- Active con la mano la palanca de accionamiento de la válvula del lavaojos o con el pie si está equipada con pedal de accionamiento.
- Abra sus ojos con la ayuda de los dedos de sus manos. Se debe forzar la apertura de los párpados para asegurar el lavado detrás de los mismos.
- Enjuague durante 20 minutos como mínimo mientras se consigue ayuda médica.
- El agua o la solución ocular no se debe aplicar directamente sobre el globo ocular, sino a la base de la nariz, esto hace que sea más efectivo el lavado de los ojos, extrayendo las sustancias químicas (los chorros potentes de agua pueden volver a introducir partículas en los ojos).
- Hay que asegurarse de lavar desde la nariz hacia las orejas; ello evitará que penetren sustancias químicas en el ojo que no está afectado. Después del lavado, es conveniente cubrir ambos ojos con una gasa limpia o estéril. Se debe acudir al médico.
- En caso de utilizar lentes de contacto, los mismos deben extraerse lo más pronto posible para lavar los ojos y eliminar totalmente las sustancias químicas peligrosas. Es recomendable no usar lentes de contacto. (Universidad Nacional del Litoral, 2018)

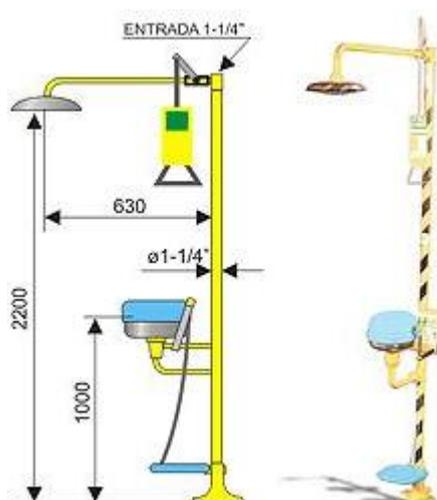


Figura 16.1. Duchas y lavaojos.

Fuente: Faru.

16.3.2. Seguridad en el proceso

En el diseño del proceso, se marcan áreas en donde existan o pudieran existir riesgos potenciales. Cada sección debe satisfacer las reglamentaciones específicas de seguridad establecidas por la empresa, así como las recomendaciones planteadas.

La evaluación general de riesgos se hace siguiendo la metodología del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El proceso de estimación del riesgo se realiza mediante la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y las consecuencias del daño o deterioro de la salud que puede causar dicho suceso.

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar siguiendo el criterio de la siguiente tabla:

Tabla 16.1. Clasificación de los daños en función de su probabilidad.

Probabilidad baja	El daño ocurrirá raras veces
Probabilidad media	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
Probabilidad alta	El daño ocurrirá siempre o casi siempre

Fuente: Piedra, 2017.

Para la determinación de las consecuencias previsibles deben considerarse la naturaleza del daño y las partes del cuerpo afectadas. A continuación, se incluye la Tabla 16.2 para clasificar los riesgos según la gravedad.

Tabla 16.2. Clasificación de los daños en función de su gravedad.

Ligeramente dañino	Daños superficiales: pequeños cortes o magulladuras, irritación de los ojos por polvo. Molestias e irritación: dolor de cabeza, malestar.
Dañino	Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores. Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.
Extremadamente dañino	Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.

Fuente: Piedra, 2017.

Mediante la combinación de la probabilidad del riesgo y la gravedad de sus consecuencias se determinan los distintos niveles de riesgo. A partir de los datos recopilados, el Responsable de Seguridad debe clasificar el riesgo en uno de los cinco niveles que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16.3. Niveles de daño.

		Consecuencias		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Trivial	Tolerable	Moderado
	Media	Tolerable	Moderado	Importante

	Alta	Moderado	Importante	Riesgo intolerable
--	------	----------	------------	--------------------

Fuente: Piedra, 2017.

Los distintos niveles de riesgos forman la base para decidir si es necesario establecer pautas de seguridad más rigurosas y diseñar acciones correctivas a los mismos. En la siguiente tabla se incluye el criterio que debe utilizarse en la toma de decisiones en función del resultado obtenido.

Tabla 16.4. Interpretación de los resultados de la evaluación de riesgos.

Nivel de riesgo	Acción y temporización
Trivial	No se requiere acción específica.
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Fuente: Piedra, 2017.

El Responsable de Seguridad debe incluir toda la información resultante del proceso de evaluación en las Fichas de Resultados de la Evaluación de Riesgos las cuales servirán como base para la elaboración de la Planificación de Medidas de Control de Riesgos la cual tiene como objetivo definir las medidas concretas y específicas para el control de los riesgos detectado en los puestos de trabajo y así eliminar o minimizar los mismos. En concreto, debe incluirse el riesgo detectado, la acción propuesta, el responsable de llevarla a cabo, los plazos y el coste previsto.

La evaluación general de riesgos debe realizarse con una periodicidad anual sin que esto impida la realización de la evaluación siempre que haya cambios tecnológicos u organizativos que requieran una revisión del resultado.

A continuación se presenta un registro de evaluación de riesgos que podrían presentarse en la industria:

Tabla 16.5. Ficha de resultados de evaluación de riesgos.

Puesto de trabajo	Riesgo	Probabilidad	Gravedad	Nivel de daño
Mantenimiento de tanques de azufre fundido	Incendio por combustión de azufre	Baja	Extremadamente dañino	Moderado
	Contacto con elementos a alta temperatura	Alta	Dañino	Importante
Mantenimiento del compresor de aire	Atrapamiento por elementos móviles a gran velocidad	Baja	Dañino	Tolerable
	Exposición a niveles elevados de ruido	Media	Ligeramente dañino	Tolerable
	Contacto eléctrico indirectos	Alta	Dañino	Importante
Mantenimiento del reactor catalítico	Explosión por reacción descontrolada	Baja	Extremadamente dañino	Moderado
	Fuga de óxidos de azufre	Media	Extremadamente dañino	Importante
Mantenimiento de tanques de ácido sulfúrico	Derrame de ácido	Media	Dañino	Moderado

Fuente: Piedra, 2017.

Cuando como resultado de la evaluación de riesgos o por obligación legal o normativa se establezca la necesidad de señalar un riesgo o una condición peligrosa, el Responsable de Seguridad estudiará qué sistema de señalización es el más adecuado en cada caso. Dicho sistema de señalización debe cumplir las siguientes funciones:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de un determinado riesgo.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una situación de emergencia que requiera medidas de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación o primeros auxilios.

La selección del tipo de señal, el número y la localización de estas debe realizarse de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible teniendo en cuenta las características de la misma, las circunstancias a señalar, la zona a cubrir y el número de trabajadores afectados. (Piedra, 2017)

La señalización óptica es la combinación de forma geométrica, color y símbolo o pictograma, brindándoles un significado determinado. Cada color y forma posee un significado propio a fin de ser identificadas.

Forma geométrica	Significado	Color de Seguridad	Color de contraste	Color del símbolo
 Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Prohibición	Rojo	Blanco	Negro
 Círculo de color azul sin contorno	Obligatoriedad	Azul	Azul	Blanco
 Triángulo de contorno negro	Precaución	Amarillo	Negro	Amarillo
 Cuadrado o rectángulo sin contorno	Condición segura Señal informativa	Verde	Blanco	Verde
	Advertencia Indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc.	-	-	Banda de amarillo combinado con bandas de color negro

Figura 16.2. Significado de las señalizaciones.

Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo, 2019.

A continuación, se muestran las señales que se pueden llegar a visualizar en la planta industrial y lo que representa cada una de estas.

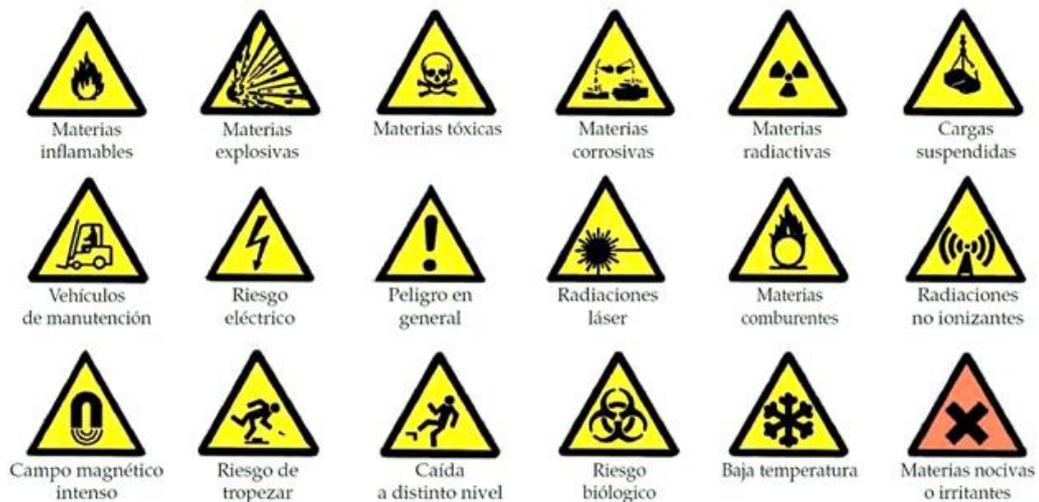


Figura 16.3. Señales de advertencia.



Figura 16.4. Señales de obligación.



Figura 16.5. Señales de prohibición.



Figura 16.6. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.

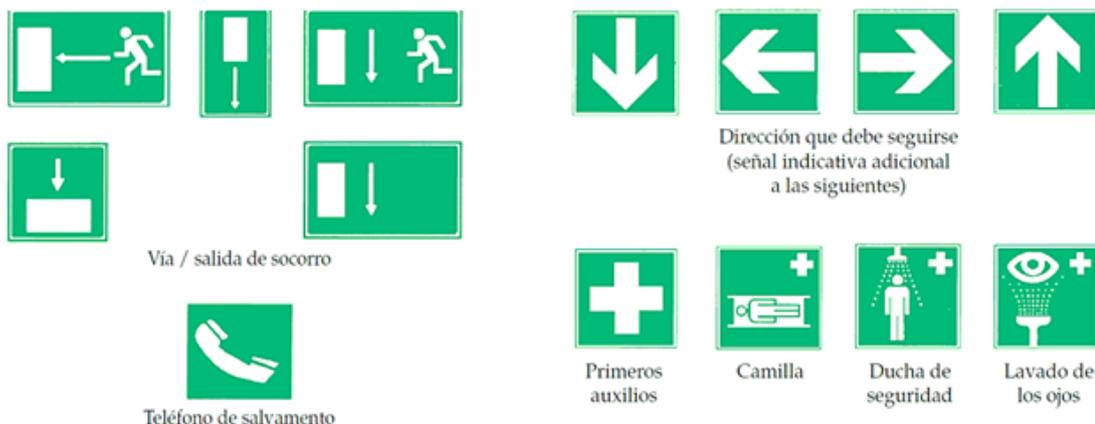


Figura 16.7. Señales de salvamento o socorro.

El color de las cañerías cumplirá con los requisitos instaurados en la Norma IRAM 2507.

Producto	Color fundamental
Elementos para la lucha contra el fuego ( <i>sistemas de rociado, bocas de incendio, agua de incendio, ignífugos, etc.</i> )	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles ( <i>líquidos y gases</i> )	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacío	Castaño
Agua fría	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

Figura 16.8. Señalización de cañerías destinadas a productos.

Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo, 2019.

### 16.3.3. Plan de emergencia y evacuación

Existirá en la planta un plan de emergencia de conocimiento general para todo el personal el cual será llevado a cabo en caso de ocurrencia de una emergencia.

En caso de una eventualidad, se deberá llamar desde cualquier teléfono de planta habilitado. Además, se brindará contacto con el departamento de higiene y seguridad, cuyos miembros deberán dar la asistencia necesaria. Existirán personas designadas como encargadas de llamar a los bomberos en caso de ser necesario.

Las personas deberán resguardarse en lugares seguros y a la espera de instrucciones. En ningún caso deberán acercarse al lugar del siniestro. A su vez, de escucharse tres toques prolongados de sirena, el personal deberá dirigirse a la salida de emergencia más alejada del sector del siniestro.

Se establecerá un punto de reunión fuera del predio, la salida deberá ser ordenada y rápida. Se llevarán a cabo simulacros de evacuación (incluidos en la capacitación).

Además, se dispondrá de un plan alternativo, para el caso en que no se pudiera cumplir con el plan original.

Todos los trabajadores involucrados en las operaciones (almacenamiento, operación, transporte, carga y descarga) en las Plantas de Ácido Sulfúrico, deben recibir capacitación y entrenamiento completo respecto a las siguientes materias relacionadas con el ácido sulfúrico:

- a) Instrucción y simulacros periódicos de las instalaciones, propósito y uso de los equipos contra incendio, alarmas de incendio y equipos de detección de emergencia.
- b) Uso del equipo de protección personal.
- c) Instrucción y simulacros o cuestionarios de las instalaciones y sistemas de duchas de seguridad y lavajos, fuente de agua para beber.
- d) Instrucciones para evitar las inhalaciones innecesarias de vapores y contacto directo con el ácido sulfúrico.
- e) Evitar derrames y tomar las acciones correctas en caso de que ocurra.
- f) Procedimientos de primeros auxilios.

#### 16.3.4. Medicina del trabajo

Según la Ley de higiene y seguridad en el trabajo 19.587- Artículo 9, es obligación del gerente de planta junto al departamento de recursos humanos solicitar exámenes pre ocupacionales y de revisión periódica del personal registrando sus resultados en el respectivo legajo de salud.

Los exámenes básicos suelen realizarse de forma anual, incluyendo:

- Laboratorio: citológico, glucemia, uremia, orina, eritrosedimentación.
- Electrocardiograma.
- Radiografía de tórax.
- Examen clínico completo, con declaración jurada de salud.
- Carnet de vacunación completo.

Por otro lado, de acuerdo al puesto y riesgo laboral, el empleador puede solicitar la realización de exámenes complementarios tales como:

- Examen psicotécnico.
- Radiografía de Columna lumbosacra (en caso de trabajos con esfuerzo).
- Radiografía de Columna Cervical (en caso de trabajos con esfuerzo).
- Audiometría (en caso de exposición a ruidos).

- Dosaje de sangre u orina (en caso de contacto con sustancias contaminantes).

### 16.3.5. Máquinas y herramientas

El personal que trabaja alrededor de los equipos para manipular ácido deberá estar en conocimiento y entrenado para controlar los riesgos inherentes a la operación y con conocimientos de la ubicación física de los equipos. Este personal debe estar capacitando y entrenando continuamente para desenvolverse con rapidez y precisión.

En los sectores donde se están realizando labores críticas, no se permitirá el tránsito ni el acercamiento a distancia peligrosa de personal ajeno a la operación. Estos sectores se deben delimitar con cinta de peligro, impidiendo el acceso o acercamiento.

La operación y ajuste de instrumentos y dispositivos de seguridad debe ser ejecutada por personal autorizado y revisadas por el usuario a la entrada de cada turno. Estas deben estar limpias y en buenas condiciones de uso. Para la limpieza no se debe usar gasolina, parafina, benzol o cualquier otro solvente cuyo uso libera vapores tóxicos o inflamables.

La supervisión debe mantener el normal abastecimiento de herramientas, asegurando la disponibilidad para los tres turnos. En todo trabajo se deben emplear las herramientas adecuadas y en buen estado. (CODELCO, 2001)

### 16.3.6. Instalaciones eléctricas

Los códigos nacionales y locales para la instalación y diseño incluyen aspectos eléctricos de seguridad, tales como dimensionamiento de cables, protección frente a fallos, puesta a tierra, protección de los cables contra el fuego y generación de energía de emergencia.

Las instalaciones y equipos eléctricos del establecimiento cumplen con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas o cosas. En cuanto a los materiales y equipos que se utilizan en la instalación eléctrica, cumplen con las exigencias de las normas correspondientes. Los trabajos de mantenimiento, periódicamente programados, serán efectuados exclusivamente por personal capacitado, debidamente autorizado por la empresa para su ejecución.

Se adoptan medidas tendientes a la eliminación de la electricidad estática en todas aquellas operaciones donde pueda producirse.

### 16.3.7. Ventilación

La ubicación y cantidad de extractores, puertas, ventanas, entre otros, se detallan en el Capítulo 13 correspondiente a Obras Civiles.

### 16.3.8. Seguridad contra incendios

La protección contra incendios comprende un conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento, que toda planta debe tener en la medida en que cada tarea lo requiera.

El objetivo que se alcanza con esta protección es dificultar la iniciación de incendios, evitar que el fuego y gases tóxicos se propaguen, asegurar la evacuación de las personas, facilitar acceso y las tareas de extinción del personal de Bomberos y proveer instalaciones de detección y extinción. (Decreto 351/79 - B.O. 22579., 1979)

Para tal fin, se deben tener en cuenta extintores contra incendios y alarmas de incendio.

Los fuegos se clasifican según norma IRAM 3517 – Parte 1 - mayo 1985 en:

- Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser maderas, telas, goma, plásticos y en general en todos aquellos materiales que dejan cenizas.
- Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, gases, grasas, pinturas, ceras y otros.
- Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
- Clase D: Fuegos que pueden ser provocados por la combustión de ciertos metales, como ser magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio y litio.

Los matafuegos son seleccionados por clase de fuego o riesgo, en concordia con la aptitud para apagar que tiene cada tipo de matafuego, sin aumentar el riesgo. El número total de extintores dependerá de la densidad de carga combustible y en ningún caso será inferior a uno por cada 150 m<sup>2</sup> o fracción de superficie a proteger.

La instalación de matafuegos debe realizarse en lugares visibles y con fácil acceso, para actuar rápidamente en caso de incendio. Se deben evitar lugares oscuros.

Son instalados por lo general, sobre una pared o columna, en un soporte fijado a la misma sobre el cual se cuelga el equipo. Detrás del matafuego se coloca la chapa baliza, para indicar la ubicación de este y a su vez, la clase de fuego para la cual es apto.

El equipo debe estar instalado de tal forma que la placa de accionamiento de la válvula quede a 1,7 metros del piso; en el mismo deberá pintarse una bandada de color rojo de 5 cm de ancho, dejando 20 cm a cada lado del matafuego y extendiéndola hasta 50 cm de pared. Además, se colocarán carteles

indicadores por sobre la chapa baliza a una altura tal que sea avisado a la distancia y por sobre los objetos que pueden obstaculizar la visual del equipo.

La planta contará con procedimiento de extinción en caso de posible incendio. Al detectarse un incendio se procederá del siguiente modo y orden:

1. Se ubicará el foco del incendio.
2. Se deberá alejar materiales explosivos, inflamables o combustibles del lugar.
3. Se determinará qué elemento se quema para apagar el fuego de manera apropiada.
4. Se deberá establecer la magnitud del incendio.
5. Se evaluará si es necesario solicitar colaboración.

Para proceder a apagar el fuego se debe en primer lugar cortar la corriente eléctrica en el sector, evitar si fuera posible la corriente de aire, y luego hacer uso del extintor, dirigiendo el chorro de este a la base del fuego, barriendo en zigzag. Se deberá encerrar el fuego de forma tal de evitar su propagación.

### 16.3.9. Protección personal

Los elementos que son utilizados por el trabajador en la industria, para protegerlo de uno o mas riesgos y aumentar su seguridad o el cuidado de la salud en el trabajo, se denominan Elementos de Protección Personal (EPP) y son indispensables para prevenir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ante la presencia de riesgos específicos que no pueden ser aislados o eliminados. Un EPP es un equipo que protege al usuario del riesgo de accidentes o de efectos adversos para la salud. Puede incluir elementos como cascos de seguridad, guantes, protección de los ojos, prendas de alta visibilidad, calzado de seguridad, arneses de seguridad y equipos de protección respiratoria. El empleador tiene deberes en relación con el suministro y la utilización de los equipos de protección personal en el lugar de trabajo - Artículo 16 - Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155) (Organización Internacional del Trabajo (OIT)).

Los equipos y elementos de protección personal a utilizar serán determinados por los responsables del servicio de higiene y seguridad, conforme a las condiciones y vida útil de los mismos. Una vez determinada la necesidad de uso, su utilización será obligatoria.

Dichos elementos deberán ser aquellos inscriptos en el registro del Ministerio de Trabajo y serán de uso individual y no intercambiable.

Las personas que permanezcan o transiten eventualmente dentro del predio, deben usar los siguientes elementos de protección personal: casco, anteojos de seguridad neutros, respirador con filtros mixtos, protectores auditivos, guantes, zapatos de seguridad, camisa manga larga, ropa de tela sintética.

A continuación, se muestran los elementos de protección, teniendo en cuenta zona del cuerpo a proteger, características y condiciones en las que deben utilizarse. La norma IRAM que establece las características de cada elemento de protección personal dependerá no solo del elemento de protección específico, sino también de las características apropiadas que se requieran para cada trabajador en particular.

Es obligatorio el uso del equipo de protección personal y ropa de protección adecuado: ropa de trabajo de tela sintética antiácido, capuchón de tela sintética antiácido, casco protector de fibra, anteojos de seguridad neutros o anteojos ópticos de seguridad, respirador de dos vías con filtros mixtos para polvo, gases y vapores ácidos; protector auditivo, guantes de seguridad de cuero, guantes de seguridad de neopreno tipo mosquetero, máscara antigás - polvo, zapatos de seguridad con punta de acero. Adicionalmente para trabajo con ácido activo y potencial debe usar: pantalón y chaqueta de tevinil, protector facial o careta de rostro completo, botas de goma, trajes de PVC, Neopreno o Viton (encapsulado o semi encapsulado), capuchón de PVC o Neopreno.

### 16.3.10. Manipulación de sustancias químicas

En este apartado se detallan las propiedades y características de las sustancias involucradas en el proceso productivo. Se describe cada sustancia del proceso, utilizando como base las fichas técnicas de datos de seguridad de distintos fabricantes certificados.

Tabla 16.6. Azufre elemental.

Identificación del compuesto químico	
Nombre comercial	Azufre elemental
N° CAS	7704-34-9
Recomendaciones de uso	
Agricultura: Fertilizante. Agroquímicos (fungicida, acaricida). Industrias. Manufactura de sustancias intermedias. Formulación de preparaciones y/o re-ensado. Construcción. Vialidad. Manufactura de productos de caucho. Combustibles. Explosivo.	
Propiedades físicas y químicas	
Forma y apariencia	Pastillas, pellets, gránulos o finos de color amarillo a grisáceo-amarillento.
Punto de ebullición	444 °C
Punto de fusión	119 °C
Densidad (25°C)	2,07 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor (20°C)	< 0,0001 mm Hg
pH	Neutro en seco
Solubilidad (en agua, 20°C)	Insoluble en agua

Estabilidad y reactividad	
Estabilidad	El material es estable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipuleo y uso
Materiales incompatibles	Almacénese separado de agentes oxidantes y álcalis fuertes o materiales acídicos fuertes, aminas, alcoholes y agua.
Identificación de peligro	
Pictograma	
Palabra de advertencia	Lea la etiqueta antes de usar. Si se necesita atención médica tenga a mano la misma.
Indicaciones de peligro	Cuidado. Irritante.
Medidas de primeros auxilios	
Inhalación	Saque a la víctima al aire fresco. En caso de respiración irregular o paro respiratorio, proporcionar respiración artificial. En caso de dificultades de respiración administre oxígeno. Consultar inmediatamente a un médico. Si se necesita consejo médico, tener el envase o la etiqueta a mano.
Piel	Eliminar inmediatamente la ropa sucia. En caso de contacto con la piel, lavar inmediatamente con abundante agua y jabón. En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.
Ojos	El contacto causa irritación. En caso de contacto inmediatamente lavar con abundante agua por lo menos 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados ocasionalmente. Consiga atención médica si el dolor y la irritación persisten.
Ingestión	Cantidades pequeñas es poco probable que cause efecto tóxico. En caso de ingestión de grandes cantidades no inducir el vómito. Administre agua si el paciente está consciente. En caso de malestar, acuda inmediatamente al médico y muestre esta etiqueta.
Medidas ante vertido accidental	
Precauciones personales	No realizar ninguna acción que implique riesgo personal o sin el adecuado entrenamiento.
Precauciones del medio ambiente	No es tóxico para el ambiente ni para los organismos acuáticos según definido por USEPA. No se requieren precauciones medioambientales especiales.
Contención y limpieza	En cantidades no significativas, bárrase y úsese como fertilizante si no estuviera contaminado. Los grandes derrames deben limpiarse, barrerse evitándose generar polvo. Para rellenos, mézclese con cal tres veces el peso del azufre.
Medidas para combatir el fuego	
Medios de extinción apropiados	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), polvos químicos secos, espumas.
Peligros específicos	Se pueden formar mezclas explosivas de polvo y aire. Enfríe los envases cerrados expuestos al fuego con agua. Al calentarse se liberan gases tóxicos y corrosivos de óxidos de azufre y dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).
Equipamiento especial de protección para bomberos	Los bomberos deben usar equipo protector apropiado. Ropa protectora completa y máscara para la respiración de cara llena. Utilizar aparato respiratorio autónomo si hay mucho humo.
Medidas especiales de lucha	Evite mangueras y extinguidores con chorros de presión alta

contra incendios	aplicado sobre el azufre sólido polvoriento que pueda crear mayores riesgos al levantar más polvo. Debido a que el azufre libera dióxido de azufre, use aparatos de respiración o máscaras aprobadas para uso en atmósfera de gases. Los humos de fuegos de azufre deben evitarse, acercándose del lado contrario al viento.
<b>Manipulación y almacenamiento</b>	
Manipulación	Evítese generar polvo por movimientos innecesarios o excesivos. Ventílese los locales para reducir las concentraciones de polvo por debajo de los niveles recomendados.
Condiciones de almacenamiento	Almacénese en un lugar seco. Evite el contacto con aluminio o acero para minimizar la corrosión.
<b>Controles de exposición y protección personal</b>	
Parámetros de control	No hay límites oficialmente especificados de exposición ocupacional. Valores recomendados para partículas inhalables: TLV-TWA (ACGIH): 10 mg/m <sup>3</sup> . OSHA PEL 15 mg/m <sup>3</sup> como fracción de polvo inhalable.
Medidas de protección	Evítese alta concentración de polvo y provéase ventilación donde fuera necesario. Peligro de explosión. Manéjese con un alto estándar de higiene y seguridad industrial. No comer, no tomar y no fumar durante el trabajo.
Protección respiratoria	Use elementos protectores de la respiración si la concentración de polvo es alta.
Protección dérmica	Use guantes adecuados para el manipuleo del producto por largos periodos. Ropa de mangas largas. Luego del manipuleo del producto lávese las manos y obsérvese prácticas higiénicas.
Protección ocular	Use anteojos de seguridad ajustados en áreas con alta concentración de polvo. Cubrirse la cara contra posibles salpicaduras. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo.
<b>Transporte terrestre/marítimo</b>	
Nombre Apropiado para Embarque	Azufre
N° UN/ID	1350
Clase de Peligro	4.1. Sólido Inflamable y sustancia auto reactiva
Grupo de Empaque	III
<b>Información toxicológica</b>	
Vías de exposición	Inhalación. Ingestión.
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos	El producto no es carcinógeno, mutagénico ni teratogénico según ACGIH, EPA, IARC, OSHA.
<b>Consideraciones para desecho</b>	
Dependiendo del grado y naturaleza de contaminación, debe disponerse por medio de una autoridad competente desechándose de acuerdo a las regulaciones estatales, provinciales o municipales en rellenos sanitarios.	

Elaboración propia.

Tabla 16.7. Ácido sulfúrico.

Identificación del compuesto químico	
Nombre comercial	Ácido Sulfúrico
N° CAS	7664-93-9
Recomendaciones de uso	
Sin datos disponibles.	
Propiedades físicas y químicas	
Forma y apariencia	Líquido oleoso incoloro a ligeramente amarillento.
Punto de ebullición	337°C
Punto de fusión	10°C
Densidad (25°C)	1,83 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor (20°C)	5,93 10 <sup>-5</sup> mmHg (0,008 Pa)
pH	0,3 (1 N)
Solubilidad (en agua, 20°C)	1000 g/l con gran desprendimiento de calor
Estabilidad y reactividad	
Estabilidad	El material es estable bajo condiciones normales. Reacciona violentamente con agua, agentes reductores, bases, materia orgánica y combustibles
Materiales incompatibles	Agentes reductores, bases, agua y combustibles.
Identificación de peligro	
Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro.
Indicaciones de peligro	H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Medidas de primeros auxilios	
Inhalación	Para quien proporciona asistencia, evite la exposición al producto. Use protección adecuada si es necesario. Traslade a la víctima y procúrele aire fresco. Manténgase en calma. Si no respira, suministre respiración artificial. Si presenta dificultad respiratoria, suministre oxígeno. Llame al médico.
Piel	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua y jabón, durante al menos 20 minutos. Quítese la ropa contaminada, y lávela antes de reusarla.
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. 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.
<b>Medidas ante vertido accidental</b>	
Precauciones personales	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, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores.
Precauciones del medio ambiente	Contener el líquido con un dique. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
Contención y limpieza	Recoger el producto a través de arena, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.
<b>Medidas para combatir el fuego</b>	
Medios de extinción apropiados	Polvo químico seco, espuma, CO <sub>2</sub> niebla de agua o rocío de agua. Cualquier agente extintor apropiado a las características del fuego circundante. No utilice chorros de agua directos.
Peligros específicos	Puede producir humos tóxicos y vapores de óxidos de azufre, y productos de combustión incompleta en caso de incendio.
Equipamiento especial de protección para bomberos	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. En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.
Medidas especiales de lucha contra incendios	Evacúe el área. Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo. No introduzca agua en los contenedores ni en las zonas de fuga. Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o reguladores. SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.
<b>Manipulación y almacenamiento</b>	
Manipulación	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. Evitar la inhalación de los vapores. Mantener cerrado el recipiente. Usar con ventilación apropiada. Maneje los recipientes con cuidado. Abra lentamente con el fin de controlar posible alivio de presión.
Condiciones de almacenamiento	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada, alejada de los rayos del sol. Mantener alejado de bases o álcalis y sustancias orgánicas. Material de empaque apropiado: el suministrado por el fabricante. Código NFPA: 302

Controles de exposición y protección personal	
Parámetros de control	CMP (Res. MTESS 295/03): 1 mg/m <sup>3</sup> CMP-CPT (Res. MTESS 295/03): 3 mg/m <sup>3</sup> TLV-TWA (ACGIH): 1 mg/m <sup>3</sup> TLV-TWA (ACGIH): 0,2 mg/m <sup>3</sup> PEL-TWA (OSHA 29 CFR 1910.1000): 1 mg/m <sup>3</sup> IDLH (NIOSH): 15 mg/m <sup>3</sup>
Medidas de protección	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 lavajos.
Protección respiratoria	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para vapores inorgánicos (B) ácidos €. Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).
Protección dérmica	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC o neopreno (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección ocular	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Transporte terrestre/marítimo	
Nombre Apropiado para Embarque	ÁCIDO SULFÚRICO
N° UN/ID	1830
Clase de Peligro	8
Grupo de Empaque	II
Información toxicológica	
Vías de exposición	Dérmica, ocular e inhalatoria.
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos	Las nieblas de ácido sulfúrico son clasificadas como carcinógeno humano confirmado (Grupo 1) por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).
Consideraciones para desecho	
Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán ser 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.	

Elaboración propia.

Tabla 16.8. Dióxido de azufre.

Identificación del compuesto químico	
Nombre comercial	Anhídrido Sulfuroso
N° CAS	7446-09-5
Recomendaciones de uso	

Sin datos disponibles.	
<b>Propiedades físicas y químicas</b>	
Forma y apariencia	Gas incoloro
Punto de ebullición	-10°C
Punto de fusión	-75°C
Densidad del gas (20°C)	2,25 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor (20°C)	3,3 bar
pH	No es aplicable a gases ni a mezcla de gases
Solubilidad (en agua, 25°C)	8,5 ml/100 ml
<b>Estabilidad y reactividad</b>	
Estabilidad	Estable en condiciones normales.
Materiales incompatibles	Bases fuertes, Oxidantes, Latón, Cinc, Reacciona con el agua para formar ácidos corrosivos, Aleaciones de cinc.
<b>Identificación de peligro</b>	
Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro.
Indicaciones de peligro	H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H331: Tóxico en caso de inhalación. EUH071: Corrosivo para las vías respiratorias.
<b>Medidas de primeros auxilios</b>	
Inhalación	Llevar a la víctima a un área no contaminada para que inhale aire fresco. Mantenerlo caliente y en reposo semi-incorporado. Si para la respiración, suministrar oxígeno suplementario o respiración artificial. No utilizar el método boca a boca Disponer de Atención Médica Inmediata.
Piel	Remueva la ropa contaminada tan rápido como sea posible. Lave el área afectada con gran cantidad de agua por al menos 15 minutos. Proteger los ojos durante el lavado de la piel y cabello. Busque atención médica inmediata.
Ojos	Lave los ojos contaminados con abundante agua por al menos 15 minutos. Aparte los párpados para asegurar un enjuague completo. Busque atención médica inmediata.
Ingestión	La ingestión no está considerada como vía potencial de exposición.

Medidas ante vertido accidental	
Precauciones personales	<p>En caso de escape evacuar a todo el personal de la zona afectada hacia un lugar contrario a la dirección del viento.</p> <p>Aislar el área al menos 50 metros a la redonda.</p> <p>Localizar y sellar la fuente de escape del gas, reducir el vapor con agua finamente pulverizada (niebla)</p> <p>Neutralizar el residuo con carbonato de sodio o sal.</p> <p>Llevar a un lugar aislado a ventear el producto restante del envase.</p> <p>No verter nunca chorros de agua sobre el hielo de SO<sub>2</sub>.</p>
Precauciones del medio ambiente	<p>Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos o cualquier otro lugar donde la acumulación pueda ser peligrosa.</p> <p>Ventilar el área.</p> <p>En caso de grandes vertidos o si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillados, informar a las autoridades competentes según la legislación local.</p>
Contención y limpieza	<p>Ventilar la zona. Lavar los lugares y el equipo contaminado con abundantes cantidades de agua. Reducir el vapor con agua en niebla o pulverizada.</p>
Medidas para combatir el fuego	
Medios de extinción apropiados	<p>Producto no inflamable, usar los métodos de extinción apropiados para el entorno (CO<sub>2</sub>, PQS).</p>
Peligros específicos	<p>Ante la exposición al calor intenso o fuego, el cilindro se vaciará rápidamente y/o se romperá violentamente. El producto no es inflamable y no soporta la combustión. El uso del agua puede generar la formación de soluciones acuosas muy tóxicas. Alejarse del envase y enfriarlo con agua desde un lugar protegido. Mantener los envases y los alrededores fríos con agua pulverizada. No dejar irse los desechos tras un incendio en los desagües o las tuberías. Si es posible, detener el caudal de producto.</p>
Equipamiento especial de protección para bomberos	<p>Según la magnitud del incendio, puede ser necesario el uso de trajes de protección contra el calor, equipo respiratorio autónomo, guantes, gafas protectoras o máscaras faciales y botas. Durante la extinción y dependiendo de la magnitud y proximidad al fuego pueden ser necesarios equipos de protección adicionales como guantes de protección química, trajes termorefectantes o trajes estancos a gases.</p>
Medidas especiales de lucha contra incendios	<p>Utilizar equipos de respiración autónoma de presión positiva. Vestimenta y equipo de protección estándar para bomberos.</p>
Manipulación y almacenamiento	
Manipulación	<p>Mover los cilindros usando carros apropiados para tal uso. No rodar ni arrastrar en posición horizontal.</p> <p>Evitar que se caigan o golpeen violentamente unos contra otros.</p> <p>No transportar en espacios cerrados (maleteras de autos, camionetas o Van).</p> <p>Proteger los cilindros del calor extremo (mayor 54°C).</p>
Condiciones de almacenamiento	<p>Cierre la válvula de uso, separe los cilindros vacíos de los llenos.</p> <p>Almacene los cilindros bien cerrados en un área fresca y ventilada, bajo techo, no exponer a la luz solar directa o indirecta, no exponer a la lluvia.</p> <p>Se debe proveer ventilación local para asegurar que el Anhidrido Sulfuroso no se acumule y exceda los límites de exposición.</p>

Controles de exposición y protección personal	
Parámetros de control	TLV: 0,25 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano). MAK: 2,7 mg/m <sup>3</sup> , 1 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); riesgo para el embarazo: grupo C. EU-OEL: 1,3 mg/m <sup>3</sup> , 0,5 ppm como TWA; 2,7 mg/m <sup>3</sup> , 1 ppm como STEL
Medidas de protección	Se debe contar con duchas de seguridad y fuentes lavaojos en las cercanías de los sectores de almacenamiento y manejo del Anhídrido Sulfuroso.
Protección respiratoria	Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los usuarios de los equipos de respiración autónomos deben ser entrenados. Usar filtros de gas y máscaras que cubran toda la cara, en caso de superar los límites de exposición por un periodo corto de tiempo, por ej. al conectar o desconectar contenedores. Los filtros de gas no protegen contra la insuficiencia de oxígeno. Los filtros de gas pueden usarse si todas las condiciones existentes, tales como tipo, concentración del/los contaminante/s y tiempo de uso son todas conocidas. Se recomienda un sistema de respiración autónoma, en caso de que pueda producirse una
Protección dérmica	Vestimenta protectora antiestática. Guantes resistentes a los ácidos durante la conexión, desconexión o apertura de cilindros. Las temperaturas bajas pueden causar fragilidad del material de protección, y en consecuencia fracturas y exposiciones. El contacto con el líquido frío vaporizándose puede causar quemaduras criogénicas o congelaciones. Durante la manipulación de cilindros se aconseja el uso de zapatos de protección.
Protección ocular	Usar gafas de seguridad con protecciones laterales. Usar gafas cerradas sobre los ojos y protector para la cara al hacer trasvases o al efectuar desconexiones.
Transporte terrestre/marítimo	
Nombre Apropriado para Embarque	DIÓXIDO DE AZUFRE
N° UN/ID	UN 1079
Clase de Peligro	2.3
Grupo de Empaque	No aplicable
Información toxicológica	
Vías de exposición	La sustancia se puede absorber por inhalación.
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos	La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación puede originar reacciones de tipo asmático. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio. Esto puede dar lugar a reacciones de tipo asmático, espasmo reflejo de la laringe y paro respiratorio. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

Consideraciones para desecho
Elimine el envase a través del proveedor. Las actividades de transporte, descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a legislaciones locales/nacionales adicionales. Los residuos y envases vacíos deben manipularse y eliminarse de acuerdo con las legislaciones local/nacional vigentes. Seguir las disposiciones de la Directiva 2008/98/CE respecto a la gestión de residuos.

Elaboración propia.

Tabla 16.9. Trióxido de azufre.

Identificación del compuesto químico	
Nombre comercial	Anhídrido sulfúrico
Nº CAS	7446-11-9
Recomendaciones de uso	
Se utiliza principalmente como agente surfactante en la fabricación de detergentes, como desinfectante y conservante, y en la fabricación de baterías y textiles.	
Propiedades físicas y químicas	
Forma y apariencia	Gas incoloro.
Punto de ebullición	45°C
Punto de fusión	17-40 °C
Densidad del gas	2,8 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor (25°C)	0,4 bar
pH	< 7
Solubilidad (en agua)	Reacción exotérmica.
Estabilidad y reactividad	
Estabilidad	El SO <sub>3</sub> reacciona con el agua formando ácido sulfúrico, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . El equilibrio entre SO <sub>3</sub> y el agua vaporosa, el ácido sulfúrico vaporoso y el ácido sulfúrico condensado dependen de la temperatura.
Materiales incompatibles	El SO <sub>3</sub> como ácido sulfúrico reacciona violentamente con la mayoría de las materias orgánicas, bases y agua.
Identificación de peligro	
Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro.
Indicaciones de peligro	H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H331: Tóxico en caso de inhalación. EUH071: Corrosivo para las vías respiratorias.

Medidas de primeros auxilios	
Inhalación	Lleve a la víctima al aire fresco y colóquelo cómodamente. Mantenerlo caliente y tranquilo. Afloje cualquier ropa apretada. Si la respiración ha cesado, la respiración artificial efectiva debe iniciarse de inmediato, pero tenga cuidado con la condición de irritación de los órganos respiratorios. Suministrar oxígeno, si es necesario. Llevar al paciente a un hospital.
Piel	Quitarse la ropa y los zapatos contaminados inmediatamente. Lave las partes afectadas del cuerpo con grandes cantidades de agua, luego cúbralas con un apósito estéril (¡sin gasa de ácido pícrico!). Las personas gravemente heridas deben ser llevadas a un hospital.
Ojos	Enjuague con abundante agua por 10-15 minutos. Además, separar los párpados con el pulgar y el índice y mover el ojo en todas direcciones durante el enjuague. Lleve a la persona lesionada a un hospital.
Ingestión	En caso de ingestión, dé a la víctima leche mezclada con huevo crudo para beber.
Medidas ante vertido accidental	
Precauciones personales	Evacuar la zona de peligro. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.
Precauciones del medio ambiente	Ventilar. No verter chorros de agua sobre el líquido. No permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.
Contención y limpieza	Absorber el líquido residual en arena seca o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.
Medidas para combatir el fuego	
Medios de extinción apropiados	ND
Peligros específicos	No es inflamable.
Equipamiento especial de protección para bomberos	ND
Medidas especiales de lucha contra incendios	ND
Manipulación y almacenamiento	
Manipulación	Mover los cilindros usando carros apropiados para tal uso. No rodar ni arrastrar en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente unos contra otros. No transportar en espacios cerrados (maleteras de autos, camionetas o Van). Proteger los cilindros del calor extremo (mayor 54°C).
Condiciones de almacenamiento	Almacenar solamente si está estabilizado. Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Almacenar entre 17°C y 25°C.
Controles de exposición y protección personal	
Parámetros de control	Límites de exposición: ERPG-1: 2 mg/m <sup>3</sup> ERPG-2: 10 mg/m <sup>3</sup> ERPG-3: 30 mg/m <sup>3</sup>

Medidas de protección	Asegúrese de que una ducha de emergencia esté al alcance.
Protección respiratoria	Usar un respirador adecuado para los gases.
Protección dérmica	Use ropa protectora y guantes en un material adecuado como puede ser PVC.
Protección ocular	Utilice lentes goggles. Mantenga un enjuague ocular al alcance.
Transporte terrestre/marítimo	
Nombre Apropiado para Embarque	TRIÓXIDO DE AZUFRE
No UN/ID	UN 1079
Clase de Peligro	2.3
Grupo de Empaque	No aplicable
Información toxicológica	
Vías de exposición	La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos	La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.
Consideraciones para desecho	
Absorba el ácido en el suelo o la arena y enjuague con abundante agua. Se debe evitar el drenaje a alcantarillado o sistema de descarga pública.	

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 17**

# **ORGANIZACIÓN DE LA**

# **EMPRESA**

---

## **17. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA**

### **17.1. INTRODUCCIÓN**

Una empresa se puede definir como una entidad formada por personas, bienes materiales, aspiraciones, realizaciones y capacidades técnicas y financieras, que, le permiten dedicarse a la producción y transformación de productos y/o a la prestación de servicios, con el fin de satisfacer necesidades y deseos de la sociedad, para obtener un beneficio a cambio.

En este capítulo se define el tipo de sociedad comercial adoptada, se detallan las diferentes áreas que conforman la empresa, su personal requerido y se elabora un organigrama donde se plasma la estructura jerárquica dentro de la misma. También, se definen las actividades de los diferentes puestos de trabajo, y los horarios y turnos de trabajo correspondientes.

### **17.2. NATURALEZA JURÍDICA**

La forma o naturaleza jurídica, es la modalidad legal adoptada por una persona o grupo de personas para llevar a cabo una actividad empresarial, es la identidad legal de la empresa más allá de la identidad de quienes la integran.

Según la Ley de Sociedades Comerciales 19.550 de la República Argentina, lo primero que debe determinarse al momento de establecer una empresa de alta envergadura es el tipo societario que se adoptará.

Debido al tamaño del proyecto, anonimato de los socios involucrados, cantidad de recursos humanos, facilidad a la hora de solicitar préstamos, dependencia del socio únicamente por el valor aportado a la sociedad y no con su propio patrimonio, se decidió adoptar el tipo de naturaleza jurídica “Sociedad anónima (S.A.)” que responde a la sección 5 artículos 163-307 de la Ley 19550.

Una sociedad anónima se define como una sociedad mercantil de capital, en la que éste se divide en partes alícuotas denominadas acciones y en la que los socios no responden personalmente de las deudas sociales. El objetivo principal de dicha sociedad será, generalmente, reunir dinero procedente de numerosos inversores para acometer grandes proyectos, que de otra manera no se podrían realizar.

Algunas de las ventajas y desventajas de este tipo societario, según la página web “conceptos jurídicos” son:

#### **Ventajas**

- La responsabilidad frente a los acreedores es limitada, lo que pone a salvo su patrimonio personal en caso de quiebra.

- La transmisión de las acciones es libre, lo que facilita la incorporación de un amplio número de inversores.
- La Empresa Anónima da una imagen de ser un negocio serio y solvente, lo que facilita la entrada de nuevo capital.

### Desventajas

- El capital social mínimo exigido es realmente elevado, lo que la hace inaccesible para la mayoría de los emprendedores.
- La gestión administrativa está llena de trabas y regímenes jurídicos complejos pensados para grandes empresas y no para el resto.

### 17.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La estructura organizacional genera orden en una empresa identificando y clasificando las actividades de la empresa, agrupando en divisiones o departamentos, asignando autoridades para la toma de decisiones y seguimiento. Una adecuada estructura organizacional mejora la operación y productividad a través del orden, control y coordinación.

La organización de la empresa de producción de ácido sulfúrico trabaja con departamentos, diferenciados según su función a realizar. Cada departamento tiene un jefe que responde a la gerencia general y está a cargo del personal de su área. A continuación, se presenta un organigrama de la jerarquización de la empresa, donde se visualizan los eslabones del personal, siguiendo el nivel jerárquico como sigue:

- Gerencia general.
- Jefe de departamento.
- Supervisores, encargados.
- Operarios, analistas, entre otros.

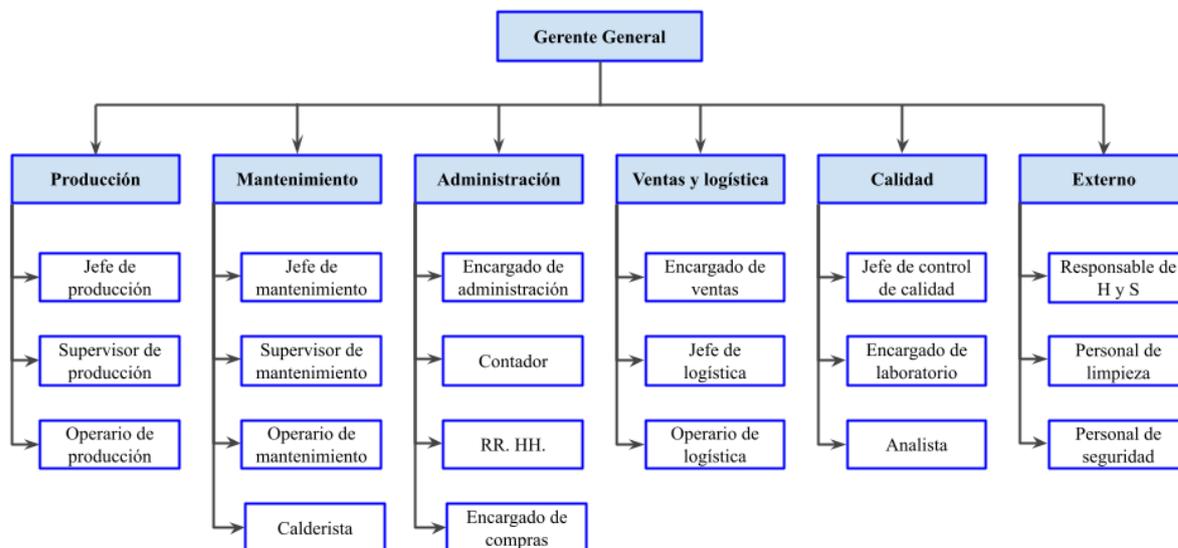


Figura 17.1. Organigrama de la empresa.

El organigrama representativo de los departamentos y personal involucrado adoptó la forma piramidal característica de una empresa con estructura jerárquica. El mismo se distribuye en 6 departamentos estratégicos: producción, mantenimiento, administración, ventas y logística, calidad y externo.

Los empleados de la empresa deben pertenecer a la Asociación del Personal Jerárquico de Industrias Químicas, Petroquímicas y Afines de la Provincia de Buenos Aires (A.P.J.I.Qui.P.A.).

En la Tabla 17.1 se resumió la cantidad de personal requerido, grado de especialización y puesto de trabajo involucrados en cada uno de los departamentos que antes se mencionan.

Tabla 17.1. Puestos de trabajo.

Sector	Puesto	Cantidad	Horarios	Profesión
Gerencia	Gerente general	1	HF	Ing. Químico con Máster en administración o Licenciado en administración de empresas
Producción	Jefe de producción	1	HF	Ing. Químico
	Supervisor de producción	4	HR	Ing. Químico/ Téc. en Química
	Operario de producción	32	HR	Bachiller
Mantenimiento	Jefe de mantenimiento	1	HF	Ing. Electromecánico
	Supervisor de mantenimiento	4	HR	Ing. Electromecánico/ Téc. Electromecánico
	Operario de mantenimiento	24	HR	Bachiller, experiencia en el rubro
	Calderista	4	HR	Calderista matriculado

Administración	Encargado administrativo	1	HF	Lic. en administración de empresas
	Contador	1	HF	Lic. en contabilidad
	Responsable de recursos humanos	2	HF	Lic. en recursos humanos
	Encargado de compras	1	HF	Lic. en Administración de empresas, Ingeniería Industrial
Ventas y logística	Encargado de ventas	1	HF	Lic. en Administración de empresas, Ingeniería Industrial
	Jefe de logística	1	HF	Téc. en Logística
	Operario de logística	2	HF	Bachiller
Calidad	Jefe de gestión de calidad	1	HF	Ing. Químico
	Encargado de laboratorio	2	HR	Lic. en Química
	Analista de laboratorio	4	HR	Téc. en Química
Externo	Responsable de higiene y seguridad	1	8 horas/mes	Téc. en Higiene y seguridad
	Personal de limpieza	2	HF	Bachiller
	Personal de seguridad	4	HR	Bachiller

Elaboración propia.

## 17.4. PUESTOS DE TRABAJO

### 17.4.1. Gerencia general

El gerente general es la máxima autoridad de la empresa, quien se encarga de materializar sus objetivos y de asegurarse que sean cumplidos de la mejor manera. También tiene otras funciones:

- Planificación, organización y supervisión general de las actividades de la empresa.
- Administración de los recursos y coordinación entre las partes que la componen.
- Conducción estratégica de la organización.
- Tomar decisiones, sobre todo cuando se trata de asuntos importantes para la organización.
- Motivar al equipo de trabajo y mediar en caso de que lo requiera.
- Revisar informes de las diversas áreas.

### 17.4.2. Área de producción

El departamento de producción tiene a cargo la elaboración del producto, el desarrollo e implementación de los planes productivos y el estudio de la factibilidad de los procesos. Además, es su responsabilidad respetar los estándares y patrones de calidad para la obtención de un producto final de las características instituidas.

#### *Jefe de producción*

Es el máximo responsable del área de producción. Dentro de sus principales funciones están:

- Administrar el personal a su cargo, asignándoles tareas, estableciendo las técnicas y los métodos de trabajo supervisando las actividades que realizan, además de hacerles cumplir las reglas de trabajo y conducta.
- Hacer cumplir los estándares de calidad, higiene y seguridad.

#### *Supervisores*

El supervisor, responde directamente al jefe de producción, y le informa ante cualquier tipo de problema que se presente. Otras funciones son:

- Coordinar las actividades de producción manejando efectivamente los recursos disponibles, asegurando el cumplimiento de los planes establecidos por el jefe o gerente de producción.
- Inspeccionar la calidad, las cantidades y las características de los materiales de construcción, como cañerías, accesorios, válvulas, instrumentación, entre otros, para asegurarse que las secciones funcionen correctamente.
- Garantizar que se cumplan con las etapas de instalación, de puesta en marcha y el mantenimiento preventivo de los equipos.
- Supervisa a los operarios, impartirles órdenes claras, motivándolos para que realicen su tarea correctamente.

#### *Operarios de planta*

Los operarios están a cargo de la tarea de controlar los parámetros (temperatura, presión, caudal, etc.) del proceso en general, respondiendo de manera adecuada ante posibles desviaciones. También deben asegurar buenas condiciones en el lugar de trabajo, las cuales son definidas por el departamento de higiene y seguridad de la planta. Otras funciones son:

- Manejar los equipos según lo indicado por el supervisor de producción.

- Completar los registros.
- Informar desperfectos a su supervisor.
- Tomar muestras en líneas de proceso.

### 17.4.3. Mantenimiento

Se encarga de proporcionar, oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la empresa en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones.

#### *Jefe de mantenimiento*

El jefe de mantenimiento se encarga de gestionar el mantenimiento global de la empresa, coordinando un grupo de personas de diferentes tareas (mecánica, electricidad, electrónica, informática, etc.). Sus funciones son:

- Definir y planificar la política de mantenimiento, para realizar mantenimientos preventivos.
- Asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo y de las instalaciones de la empresa.
- Crear y actualizar los manuales de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Asignar los trabajos de mantenimiento.
- Dirigir, gestionar y motivar a los operarios de mantenimiento.
- Coordinar procesos con los demás jefes de la empresa, con el objetivo de diseñar y poner en práctica el mantenimiento de cada departamento.
- Coordinar las acciones de mantenimiento generales junto con el responsable de prevención de riesgos laborales para evitar accidentes.

#### *Supervisor de mantenimiento*

Sus funciones y responsabilidades son:

- Asignar los trabajos de mantenimiento a los distintos operarios de mantenimiento.
- Asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo y de las instalaciones de la empresa.
- Colaborar con la planeación de los mantenimientos requeridos con el encargado de mantenimiento.

### *Operarios de mantenimiento*

Sus tareas son las siguientes:

- Hay que asegurar que los equipos utilizados en las industrias manufactureras y de procesamiento funcionen correctamente y de manera eficiente.
- Diagnosticar y reparar averías.
- Llevar a cabo revisiones periódicas de mantenimiento.

### *Calderistas*

El operario de calderas tendrá una función especial de controlar los parámetros de las calderas, conocer sobre su funcionamiento óptimo, y actuar en caso de alguna falla.

#### 17.4.4. Administración

El departamento de administración se encarga de la organización de la empresa para cumplir con los objetivos de la empresa. Además, debe optimizar las relaciones entre cliente, proveedores, mercado económico y fuentes de financiamiento.

### *Encargado administrativo*

Sus funciones y responsabilidades son:

- Coordinar, supervisar y controlar la ejecución de los procedimientos administrativos y contables que rigen el funcionamiento interno de la organización.
- Realizar altas y actualizaciones de cuentas de proveedores y clientes, inscripciones y trámites ante organismos oficiales, evaluación crediticia de clientes.
- Confeccionar balances mensuales e informes periódicos a solicitud de la gerencia; realizar el control y seguimiento de gastos.

### *Contador*

Sus actividades son:

- Formula estados financieros e investiga y da soluciones a los problemas referentes a la falta de información para el registro contable.
- Identifica y analiza los ingresos, egresos y gastos que se dan en la empresa.
- Informa periódicamente todos los resultados obtenidos al gerente comercial.

- Prepara y ordena la información financiera y estadística para la toma de decisiones de las autoridades superiores.
- Se encarga del control y seguimiento de los gastos generados.
- Encargado de liquidación de sueldos.

### *Responsable de recursos humanos*

Sus funciones son:

- Organizar el personal: diseñar los puestos de trabajo oportunos, definir funciones y responsabilidades.
- Encargarse del reclutamiento cuando sea necesario, a partir de un procedimiento adecuado para atraer candidatos competentes para un puesto de trabajo.
- Controlar aspectos como las horas extraordinarias, los movimientos de plantilla, la pirámide edad o las relaciones laborales.
- Evaluar el desempeño y control del personal.

### *Encargado de compras*

Funciones y responsabilidades

- Realizar búsqueda de cotizaciones de forma nacional.
- Analizar las cotizaciones y las ofertas recibidas de cada proveedor, otorgando las respuestas a cada uno de los proveedores.
- Analizar y generar las órdenes de compras de los insumos.
- Gestionar la adquisición de equipos, herramientas y servicios requeridos por el departamento de producción.

#### 17.4.5. Ventas y logística

Este departamento tiene como función comercializar los bienes que ofrece la empresa y se encarga de obtener y coordinar los materiales, herramientas y servicios, como así también el transporte de productos y materia prima para su entrega al departamento de comercialización. Se encargan de planificar, desarrollar y aplicar procedimientos de almacenaje y transporte.

### *Encargado de ventas*

Sus funciones y responsabilidades son:

- Supervisar las actividades de este departamento, coordinar estrategias y mejorar el rendimiento de los agentes con el fin de maximizar las ventas.
- Establecer alianzas, fidelidad y/o convenios con los clientes principales.
- Realizar búsquedas continuas de aperturas de nuevos mercados.

### *Jefe de logística*

Deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Planificar la estrategia para las actividades de suministro de la empresa (transporte, almacenaje, distribución).
- Desarrollar y aplicar procedimientos operativos para recibir, manejar, almacenar y enviar materiales y productos.

### *Operarios de logística*

Cada operario deberá cumplir las siguientes funciones:

- Envasar materias primas en sus respectivos tanques de almacenamiento y trasvasar los productos de proceso a los tanques cisterna de transporte.
- Organizar el depósito y controlar el stock.
- Controlar el peso de materia prima y de producto terminado en los camiones en la balanza.

#### 17.4.6. Calidad

El departamento de calidad se encarga de evaluar los parámetros fisicoquímicos que intervienen en el proceso de producción para que las características de los productos finales sea siempre la misma a lo largo del tiempo.

### *Jefe de gestión de calidad*

El Jefe de gestión de calidad se encarga de:

- Planificar y establecer los procedimientos, estándares y especificaciones de calidad para la empresa.
- Revisar los requisitos del cliente y asegurarse de que se cumplan.

- Trabajar con el departamento de compras para establecer los requisitos de calidad de los proveedores externos.
- Asegurarse de que los procesos de fabricación cumplan con las normas internacionales y nacionales.
- Buscar formas de aumentar la eficiencia.
- Definir procedimientos de calidad junto al personal operativo.
- Monitorear el desempeño mediante la producción de informes estadísticos.
- Hacer sugerencias para cambios y mejoras y cómo implementarlas.

### *Encargado de laboratorio*

Se encarga principalmente de:

- Controlar los análisis que desarrollan los analistas y realiza stock de insumos generales del laboratorio.
- Presentar semanalmente un informe al jefe de calidad con los resultados de los análisis realizados.
- Mantener la seguridad, el orden y la limpieza del laboratorio.

### *Analistas de laboratorio*

Se encargan de:

- Realizar los controles fisicoquímicos y microbiológicos de materias primas, productos terminados, corrientes de procesos y equipos.
- Mantener el orden y la limpieza del laboratorio.
- Toma de muestras que se corresponden con el plan de calidad definido.

### 17.4.7. Responsable de higiene y seguridad

Es un profesional externo que se contrata para controlar el cumplimiento de normas de higiene y seguridad, como así también el estado de las instalaciones y el uso de elementos de protección personal. Se encarga de dirigir los programas de capacitación respecto a seguridad industrial e higiene ocupacional.

### 17.5. PLAN DE TRABAJO

La planta funciona todo el año, excepto por 15 días que se destinan a paradas para mantenimiento general de las instalaciones y detenciones imprevistas. Como se trata de una producción continua, algunos puestos requieren empleados las 24 horas, por lo cual se necesitan horarios rotativos (HR).

Los turnos rotativos se dividen como sigue:

- Turno 1: Mañana (6:00 a 14:00 hs.)
- Turno 2: Tarde (14:00 a 22:00 hs.)
- Turno 3: Noche (22:00 a 6:00 hs.)
- Turno 4: Franco.

En el horario rotativo, se incluyen 30 minutos de refrigerio, y será para operarios, supervisor de producción, operarios y supervisor de mantenimiento, calderistas, analistas de laboratorio y guardia de seguridad. El cronograma de trabajo incluirá:

- 7 días de turno mañana, 2 de franco.
- 7 días de turno tarde, 2 de franco.
- 7 días de turno noche, 3 de franco.

El personal del área de calidad y laboratorio trabaja de lunes a viernes en horario rotativo entre el turno mañana y tarde. Con respecto a los jefes de cada departamento, al gerente, y a los departamentos de administración y logística, éstos trabajan de lunes a viernes en un horario de turno fijo (HF), de 8:00 a 17:00 hs, el cual incluye 30 minutos de refrigerio para el almuerzo.

**CAPÍTULO 18**  
**ESTUDIO ECONÓMICO**  
**FINANCIERO**

## 18. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

### 18.1. INTRODUCCIÓN

En un proyecto económico, es de mayor importancia conocer la rentabilidad y sobre todo la viabilidad de este. Cada vez que se lleva a cabo un proyecto debe invertirse un capital significativo, que se espera recuperar junto con ganancias propias de la actividad. El rendimiento de este debe ser sustancial, de lo contrario es preferible la inversión en otros negocios dentro del mercado.

El análisis realizado en los capítulos anteriores permitió determinar la existencia de un mercado potencial por cubrir y la viabilidad técnica del proyecto en cuestión. En el presente capítulo, por su parte, se va a analizar la posible rentabilidad de este, en especial, su viabilidad. A continuación, se mencionan los objetivos propuestos:

- Estimar la inversión y sus componentes principales, para darle valor al crédito necesario para cubrirlo.
- Cálculo y análisis de los costos fijos y variables, entre los que se encuentran factores determinantes de la producción como son, costos de materias primas, mano de obra, servicios, financieros, entre otros.
- Estimar los ingresos anuales por venta de ETAS.
- Deducir el punto de equilibrio, que determina la capacidad para la cual la empresa comienza a obtener ganancias.
- Determinar el estado de resultados que permite conocer si la empresa luego de cancelar los costos totales e impuestos obtiene utilidades netas positivas.
- Cálculo de indicadores económicos, VAN, la TIR y el PRI.
- Realizar un análisis de sensibilidad que permita deducir las condiciones en las que la empresa sigue siendo rentable, dada la variación de las principales variables del proceso productivo.
- Establecer si el proyecto es viable analizando todos los ítems anteriores.
- Conclusiones y sugerencias para los aspectos débiles del proyecto.

El estudio tiene en cuenta los montos de dinero expresados en dólares y considera los primeros 20 años de producción a cantidades establecidas en el capítulo 4.

### 18.2. INVERSIÓN

Se entiende como inversión al capital necesario para hacer frente al proyecto, el cual está compuesto por activos fijos, activos nominales y capital de trabajo. Se necesita calcular el monto total de la inversión a realizar. En la Figura 18.1 se detallan los componentes de la inversión y las categorías más importantes de estos.

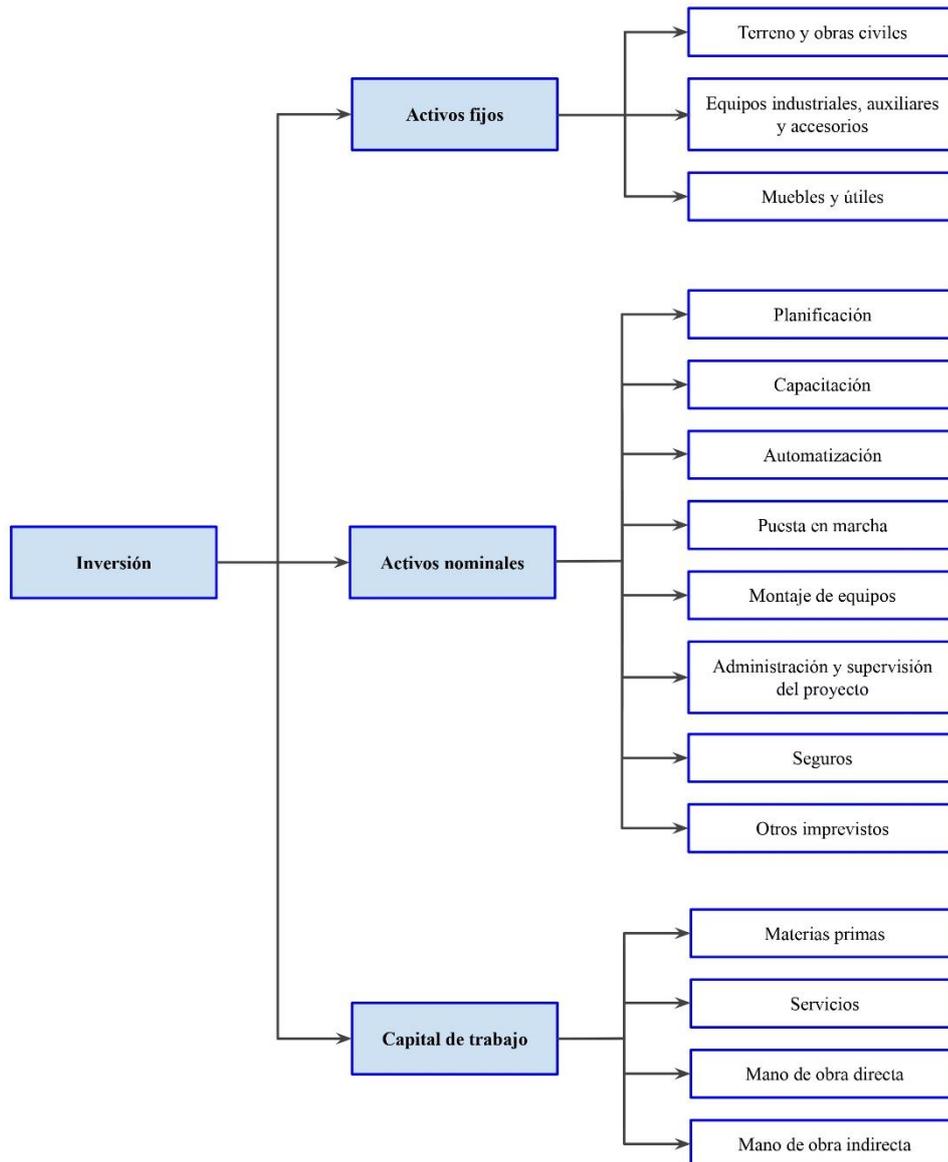


Figura 18.1. Componentes de la inversión.

Elaboración propia.

### 18.2.1. Activos fijos

Un activo fijo es un bien de una empresa, ya sea tangible o intangible, que no puede convertirse en dinero líquido a corto plazo y que normalmente son necesarios para el funcionamiento de la empresa y no se destinan a la venta.

Son ejemplos de activos fijos: bienes inmuebles, maquinaria, material de oficina, etc. También se incluyen dentro del activo fijo las inversiones en acciones, bonos y valores emitidos por empresas afiliadas.

Para efectos contables, los activos fijos, están sujetos a depreciación lo cual se refiere al tiempo durante el cual la empresa puede hacer uso de él hasta que ya no sea útil, los factores que influyen principalmente en la vida útil de un activo fijo son el uso, el tiempo y la obsolescencia tecnológica. En la determinación de los costos se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cotización del dólar al día 25/09/23 del Banco de la Nación Argentina fue de \$365.
- De acuerdo a la ley de IVA (Ley Nacional 23.349), los artículos producidos en nuestro país perciben el 21% de impuesto al valor agregado, mientras que los de producción extranjera tienen una reducción del 50%, es decir, 10,5%.
- En la estimación del costo de flete y seguro, se supone un valor de un 1% sobre el costo total del equipo.
- En la estimación de gastos administrativos, mobiliario de oficina y útiles, se supone un 0,5% sobre el total de costos de producción.

#### 18.2.1.1. Terreno y obras civiles

La planta de ácido sulfúrico se ubica en la localidad de San Nicolás, provincia de Buenos Aires, el costo del terreno es 47 USD/m<sup>2</sup>. Los costos de construcción son obtenidos de la página del colegio de arquitectos de la provincia de Buenos Aires. En la Tabla 18.1 se pueden observar los valores obtenidos por edificio y el área de cada uno. Las instalaciones eléctricas se consideran un 5% de las obras de infraestructura.

Tabla 18.1. Presupuesto de terrenos y obras civiles.

RUBRO	SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	MONTO [USD/m <sup>2</sup> ]	TOTAL
Terreno	20.000,00	47	940.000
<b>Obra de infraestructura</b>			
Laboratorio	128,00	550	70.400
Taller de mantenimiento	167,50	160	26.800
Depósitos	167,50	160	26.800
Sala de compresores	193,50	430	83.205
Almacenamiento de azufre	1.375,00	160	220.000
Sector de fundición de azufre	365,50	400	146.200
Sector de reacción	514,80	390	200.772
Sector de absorción reactiva	303,60	1.510	458.436
Almacenamiento de producto terminado	637,56	120	76.507
<b>TOTAL SIN IVA</b>			<b>1.309.120</b>
<b>IVA</b>			<b>274.915</b>

Instalaciones industriales	
Estacionamiento	73.624
Portería	16.000
Comedor	92.032
Baños y vestuarios	65.778
Baños de administración	15.582
Cocina de administración	14.284
Oficinas 1,2,3y4	55.872
Oficinas de administración	47.655
Sala de reunión	9.000
Puesto de control	57.600
Cerco perimetral	55.289
Balanza de camiones	30.000
Pavimentos internos	128.502
Instalaciones eléctricas	65.456
Subestación transformadora	18.870
<b>TOTAL SIN IVA</b>	<b>745.543</b>
<b>IVA</b>	<b>156.564</b>

Elaboración propia.

#### 18.2.1.2. Equipos industriales, auxiliares y accesorios

En esta sección se especifican los bienes de capital relacionados directamente a la producción del ácido sulfúrico, donde se incluyen a los equipos principales, bombas, tuberías con sus accesorios y elementos necesarios para el control automático del proceso. Se considera el costo del flete del 1% en base al costo total del equipo, en cuanto al IVA se establece el 10,5% para los equipos, ya que son bienes de capital, y el 21% para su transporte. En la Tabla 18.2 se resumen los valores.

Tabla 18.2. Equipos industriales, auxiliares y accesorios.

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [USD/u]	PRECIO FINAL [USD]
ABA-410	1	16.986	16.986
B-101	1	5.480	5.480
C-301	1	530.000	530.000
C-303	1	1.074.000	1.074.000
C-305	1	837.000	837.000

**PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO**

Proyecto final de grado – Ingeniería Química

CT-405	2	65.000	130.000
E-205	1	60.360	60.360
E-207	1	8.960	8.960
E-208	1	9.680	9.680
E-209	1	91.560	91.560
E-210	1	35.440	35.440
E-212	1	9.680	9.680
E-213	1	35.440	35.440
E-214	1	70.880	70.880
E-309	1	52.800	52.800
E-313	1	105.600	105.600
E-315	1	18.400	18.400
F-103	1	320.000	320.000
FIL-107	2	80.000	160.000
K-201	6	93.000	558.000
M-307	1	160.000	160.000
M-311	1	210.000	210.000
P-104	1	10.000	10.000
P-106	2	17.500	35.000
P-108	1	10.000	10.000
P-109	1	10.000	10.000
P-111	1	10.000	10.000
P-204	1	5.965	5.965
P-302	1	4.810	4.810
P-304	2	4.018	8.036
P-306	2	3.072	6.144
P-308	2	3.072	6.144
P-310	1	1.400	1.400
P-312	2	5.965	11.930
P-314	1	1.400	1.400
P-402	1	1.400	1.400
P-404	3	5.965	17.895
P-406	3	5.965	17.895

Q-215	1	6.500	6.500
Q-216	1	1.500	1.500
R-202	1	90.000	90.000
R-206	1	903.365	903.365
SG-112	1	10.000	10.000
T-105	1	150.000	150.000
T-110	1	240.000	240.000
T-203	1	9.000	9.000
T-316	1	24.000	24.000
T-401	1	4.036	4.036
T-403	1	9.000	9.000
T-407	2	158.000	316.000
X-102	1	19.726	19.726
<b>TOTAL SIN IVA</b>			6.441.412
<b>IVA</b>			676.348
<b>FLETE</b>			64.414

Elaboración propia.

### 18.2.1.3. Muebles y útiles

Se tienen en cuenta los elementos que no se encuentran involucrados directamente con la producción, pero son necesarios para efectuar las actividades cotidianas y administrativas, además de generar las condiciones adecuadas para el trabajo. En la Tabla 18.3 se detallan los muebles y útiles.

Tabla 18.3. Muebles y útiles.

MOBILIARIO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [USD/u]	PRECIO FINAL [USD]
Escritorio	12	91	1.087
Silla	24	57	1.366
Silla de oficina	22	92	2.018
Mesa de reuniones	1	491	491
Computadora	12	602	7.227
Aire acondicionado	15	667	10.012
Mesa	5	421	2.107
Microondas	3	98	293

Heladera	2	508	1.016
Pava eléctrica	3	33	98
Casilleros	72	78	5.641
Archivero	10	174	1.736
Impresora	4	433	1.731
Proyector	1	155	155
TOTAL SIN IVA			34.979
IVA			7.345
FLETE			350

Elaboración propia.

#### 18.2.1.4. Rodados

Los rodados son necesarios para transportar insumos que no puedan ser trasladados por esfuerzo humano, tanto para la zona de producción como para laboratorio. Además, son utilizados para el movimiento de equipos, cañerías, etc. Para realizar estas tareas se planifica la adquisición de 2 autoelevadores y 2 palas mecánicas.

Tabla 18.4. Costos de Rodados.

RODADOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [USD/u]	PRECIO FINAL [USD]
Autoelevadores	2	20.000	40.000
Pala Mecánica	2	50.000	100.000
TOTAL SIN IVA			140.000
IVA			29.400
FLETE			1.400

Elaboración propia.

#### 18.2.1.5. Resumen de activos fijos

En la Tabla 18.5 se resumen los montos de las diferentes categorías de los activos fijos, y además se calcula la participación porcentual sobre el total de la inversión de los bienes. En la Figura 18.2 se observan los resultados.

Tabla 18.5. Resumen de activos fijos.

CATEGORÍA	MONTO [USD]	PORCENTAJE [%]
Terreno y obras civiles	2.994.663	30,75



Equipos industriales y accesorios	6.441.412	66,13
Muebles y útiles	34.979	0,36
Rodados	140.000	1,44
Flete	64.414	0,66
Otros gastos e imprevistos	64.414	0,66
<b>TOTAL ACTIVOS FIJOS</b>	<b>9.739.882</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

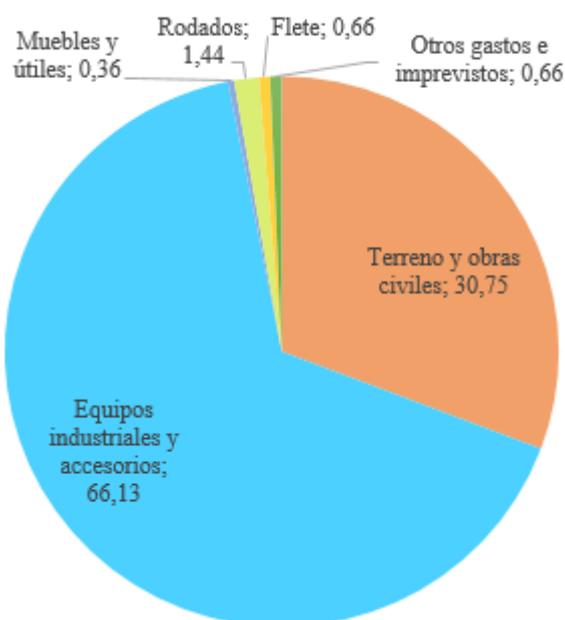


Figura 18.2. Resumen de activos fijos.

Como se muestra en la figura anterior, aproximadamente el 30,75% de los activos fijos corresponden al terreno y obras civiles, el 66,13% representa a los equipos industriales mientras que el mobiliario no influye considerablemente en la inversión de los activos fijos.

### 18.2.2. Activos nominales

Son el conjunto de bienes inmateriales, representados en derechos, privilegios o ventajas de competencia, que contribuyen a un aumento en ingresos o utilidades por medio de su empleo en el curso normal de los negocios. Son inversiones que se realizan previo a la puesta en marcha del proyecto, las cuales no se recuperan, pero deben ser amortizadas durante el período correspondiente. Para el cálculo de estos se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Ingeniería de proyecto: corresponde al 5% del monto total de los activos fijos sin considerar el IVA.

- Investigaciones y estudios de Ingeniería: corresponde al 5% de la suma de los costos de obras civiles y maquinarias, sin tener en cuenta el flete y el IVA.
- Capacitación: corresponde al 1% del monto total de los activos fijos sin considerar el IVA.
- Automatización: se estima que su costo es del 6% en base al monto total de maquinarias, sin tener en cuenta el flete y el IVA.
- Puesta en marcha: corresponde a los días de puesta en marcha sobre costo de producción, en este caso se consideran 30 días.
- Montaje de equipos: corresponde al 20% del monto total de los equipos, sin tener en cuenta el flete y el IVA.
- Seguros: corresponde al 1% del monto total de los activos fijos sin considerar el IVA.
- Otros imprevistos: se estima que su costo es del 2% en base al monto total de los activos fijos sin considerar el IVA.

En la Tabla 18.6 se detallan los montos sin IVA, y en la Figura 18.3 se representan con la finalidad de una mejor visualización.

Tabla 18.6. Activos nominales.

CATEGORÍA	COSTO [USD]	PORCENTAJE [%]
Ingeniería de proyecto	486.994	10,02
Investigaciones y estudios de Ingeniería	424.804	8,75
Capacitación	84.961	1,75
Automatización	431.217	8,88
Montaje de equipos	1.437.391	29,59
Gastos de puesta en marcha	1.700.379	35,00
Seguros	97.399	2,00
Otros imprevistos	194.798	4,01
<b>TOTAL ACTIVOS NOMINALES</b>	<b>4.857.942</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

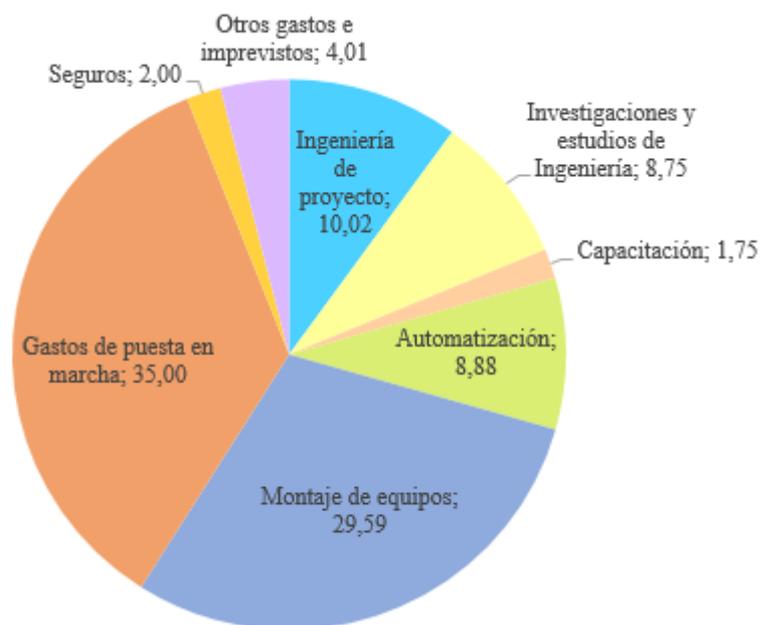


Figura 18.3. Resumen de activos nominales.

### 18.2.3. Capital de trabajo

Capital de trabajo hace referencia a aquellos recursos que se requieren para la producción de los bienes o servicios. Para la puesta en marcha, normalmente el capital de trabajo se necesita con anticipación, por lo tanto, se recuperará cuando se activen los costos, es decir, una vez que se ha realizado el primer desembolso para el pago de los insumos de la operación normal del proyecto, la recuperación del capital de trabajo se producirá cuando se venda el producto terminado y quedan disponibles los fondos para cancelar nuevos insumos.

Como se puede observar, el capital de trabajo se encuentra relacionado con los niveles de producción; por lo tanto, si el nivel de producción aumenta, también lo hará el capital de trabajo en términos diferenciales. (IPLACEX, 2019).

Para su estimación se tuvo en cuenta el gasto de insumos, mano de obra y servicios necesarios para 15 días de producción. Debido a que la materia prima debe ser importada, la cantidad mínima que transporta el busque es de 10.000 toneladas, lo cual equivale a 4 meses de producción.

En la Tabla 18.7 se detallan los montos, y en la Figura 18.4 se plasma el porcentaje de participación.

Tabla 18.7. Capital de trabajo.

CAPITAL DE TRABAJO	MONTO [USD]	PORCENTAJE [%]
Materia prima e insumos	6.000.000	98,70
Mano de obra directa	54.738	0,90



Mano de obra indirecta	10.639	0,17
Servicios	13.848	0,23
<b>TOTAL</b>	<b>6.079.225</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

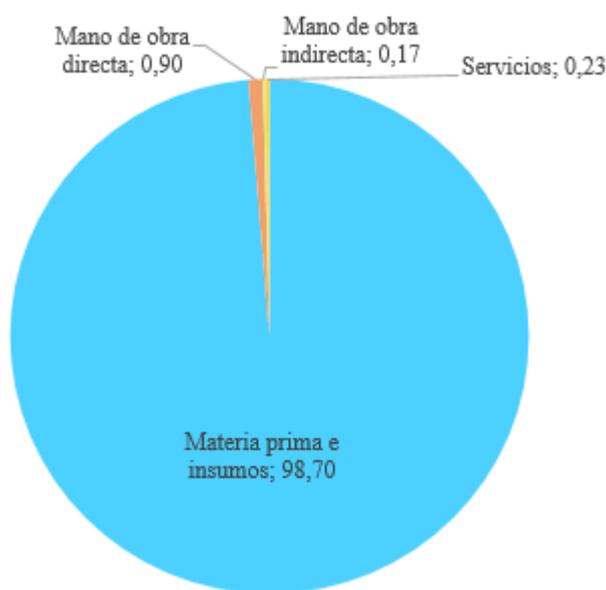


Figura 18.4. Resumen capital de trabajo.

#### 18.2.4. Inversión total del proyecto

Una vez conocidos los montos de los activos fijos, nominales y capital de trabajo, se calcula el costo total de la inversión. En la Tabla 18.8 se representan estos resultados y en la Figura 18.5 la participación de cada rubro.

Tabla 18.8. Inversión total del proyecto.

CATEGORÍA	MONTO [USD]	PORCENTAJE [%]
Activos fijos	9.739.882	42,23
Activos nominales	4.857.942	21,06
Capital de trabajo	6.079.225	26,35
IVA	2.389.195	10,36
<b>TOTAL</b>	<b>23.066.244</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

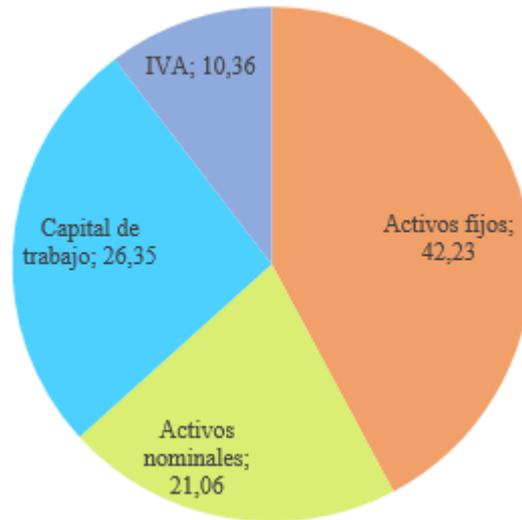


Figura 18.5. Resumen de la inversión total.

### 18.3. COSTO DE PRODUCCIÓN

Al evaluar un proyecto se deberán considerar todos los costos que pueden afectar el flujo de caja proyectado, y por ende, el resultado del proyecto; para ello, se pueden clasificar los costos de acuerdo a la finalidad del gasto, en: costos operacionales, gastos de administración y ventas, financieros, otros gastos, etc. Los costos operacionales o de producción corresponden a aquellos desembolsos relacionados con la fabricación o elaboración del producto o servicio; los cuales pueden ser directos o indirectos y se encuentran detallados a continuación. (IPLACEX, 2019)

En la siguiente figura se muestra la clasificación detallada de los costos fijos y variables del proyecto.

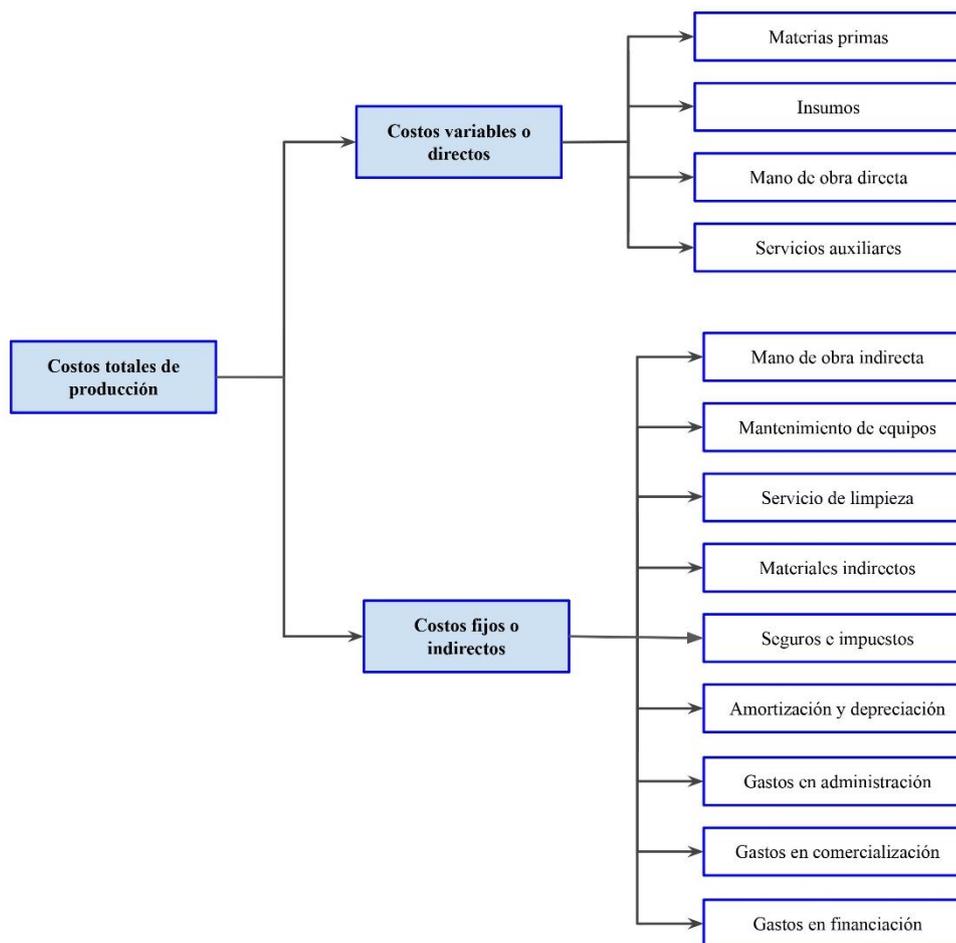


Figura 18.6. Costos de producción.

Elaboración propia.

### 18.3.1. Costos variables o directos

Los costos directos son aquellos que están relacionados directamente con la producción de un producto determinado, por lo que, afecta claramente sobre el precio de este.

#### 18.3.1.1. Materias primas e insumos

Las materias primas de este proyecto son el azufre y el aire ambiente. El azufre se adquiere importándolo de la empresa Nitron ubicada en Rusia.

Como insumos se considera el pentóxido de vanadio que se emplea como catalizador el cual se obtiene de la empresa Monsanto ubicada en Estados Unidos. El flete tiene un valor de 0,5 dólar la tonelada.

En la Tabla 18.9 se representan estos costos para el año 10 del proyecto.

Tabla 18.9. Costos de materia prima e insumos.

Materia prima/ insumo	Cantidad [t/año]	Precio [USD/t]	Flete [USD]	Costo [USD]
Azufre	45.644	600	22.596	27.408.948,0
Pentóxido de vanadio	3,71	15.000	1,8	55.602,3
<b>TOTAL CON FLETE</b>				<b>27.464.550,3</b>

Elaboración propia.

### 18.3.1.2. Servicios auxiliares

El proyecto cuenta con servicio de electricidad, agua de proceso y agua de red. El servicio de electricidad es brindado por la empresa Eden S.A. y para el cálculo del consumo y costo se tiene en cuenta la infraestructura del parque industrial Comirsa. En cuanto al agua de proceso, es suministrada de forma gratuita por el parque Comirsa para todas aquellas actividades industriales como pueden ser la dilución y la refrigeración. Por último, el servicio de agua de red es suministrado a través de una red de distribución de la empresa Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA) y se aplican tarifas según el tipo de planta y su consumo.

En la Tabla 18.10 se muestra el consumo anual y los costos.

Tabla 18.10. Costos de servicios.

Servicio	Consumo anual	Unidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Energía eléctrica	9.213,69	MW-h	36	331.692,67
Agua de red	3.020,0	m <sup>3</sup>	0,20	604
Gasoil	87,5	litro	0,71	62,13
<b>TOTAL</b>				<b>332.358,8</b>

Elaboración propia.

### 18.3.1.3. Mano de obra directa

La mano de obra directa se refiere a la generada por obreros y operarios quienes tienen relación directa con la producción. En la siguiente tabla, se presentan los costos según el cargo del personal. El valor del costo total anual de mano de obra directa incluye las cargas sociales, consideradas como un 45% del gasto nominal. Los días de trabajo anual considerados para el cálculo son 350.

Tabla 18.11. Costos de mano de obra directa.

Sector	Cargo	Nº	Jornal por hora [USD]	Aguinaldo [USD]	Gasto anual nominal [USD]	Carga social [USD]	Gasto total anual [USD]
Producción	Jefe	1	7,3	1.707	20.482	9.985,1	32.174,1
	Supervisor	4	4,7	4.385	52.625	25.654,5	82.664,6
	Operario	32	3,5	26.389	316.668	154.375,9	497.433,4
Mantenimiento	Jefe	1	7,1	1.662	19.945	9.723,3	31.330,6
	Supervisor	4	5,0	4.705	56.460	27.524,4	88.689,7
	Operario	24	3,5	19.792	237.501	115.781,9	373.075,1
	Calderista	4	4,1	3.836	46.027	22.438,4	72.301,4
Calidad	Jefe	1	7,3	1.707	20.482	9.985,1	32.174,1
	Encargado	2	4,7	2.212	26.542	12.939,5	41.693,8
	Analista	4	3,5	3.299	39.584	19.297,0	62.179,2
<b>TOTAL</b>							<b>1.313.715,9</b>

Elaboración propia.

18.3.1.4. Resumen de costos variables o directos

En la Tabla 18.12 se especifican los costos directos de producción a lo largo de un año de máxima capacidad operativa de la planta, y en la Figura 18.7 se plasma la composición porcentual correspondiente.

Tabla 18.12. Resumen de costos variables.

Categoría	Costo anual [USD]	Porcentaje [%]
Materia prima e insumos	27.464.550,3	94,35
Servicios auxiliares	332.358,8	1,14
Mano de obra directa	1.313.715,9	4,51
<b>TOTAL</b>	<b>29.110.625</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

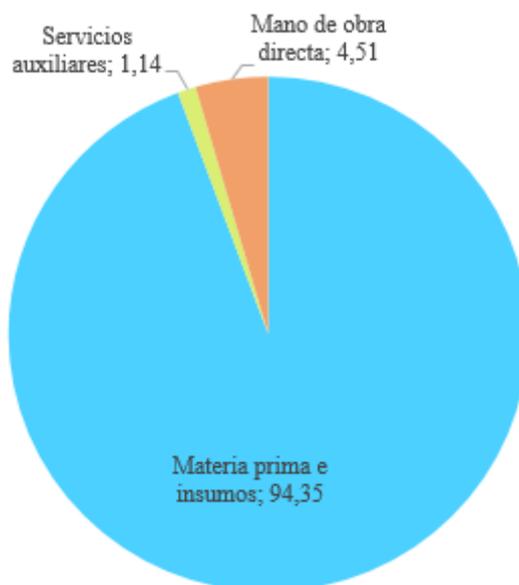


Figura 18.7. Resumen porcentajes costos variables o directos.

### 18.3.2. Costos fijos o indirectos

Los costos indirectos son aquellos que resultan de actividades que no están involucradas directamente en el proceso de producción.

#### 18.3.2.1. Mano de obra indirecta

La mano de obra indirecta hace referencia a aquellos empleados que no trabajan directamente en la sección de producción, como lo podrían ser un contador, un guardia de seguridad, entre otros. Para el gasto total anual se utilizan 13 meses para considerar el aguinaldo. Los costos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 18.13. Costos de mano de obra indirecta.

Cargo	Nº	Sueldo [USD/mes]	Gasto anual nominal [USD]	Aguinaldo [USD]	Carga social [USD]	Gasto total anual [USD]
Gerente general	1	2.740	32.877	2.740	16.027	51.644
Encargado administrativo	1	685	8.219	685	4.007	12.911
Contador	1	1.507	18.082	1.507	8.815	28.404
Responsable de recursos humanos	2	685	16.438	1.370	8.014	25.822
Encargado de compras	1	685	8.219	685	4.007	12.911

Encargado de ventas	1	685	8.219	685	4.007	12.911
Jefe de logística	1	1.096	13.151	1.096	6.411	20.658
Operario de logística	2	822	19.726	1.644	9.616	30.986
Responsable de higiene y seguridad	1	205	2.466	205	1.202	3.873
Personal de limpieza	2	411	9.863	822	4.808	15.493
Personal de seguridad	4	548	26.301	2.192	12.822	41.315
<b>TOTAL</b>						<b>256.928</b>

Elaboración propia.

#### 18.3.2.2. Seguros e impuestos

La Ley N° 13.656 de Promoción Industrial de la Provincia de Buenos Aires, otorgan a las empresas que se radiquen en Parque industriales, importantes beneficios y exenciones impositivas de hasta el 100% de los impuestos provinciales, por un período de hasta 10 años:

- El impuesto a los ingresos brutos.
- El impuesto inmobiliario.
- El impuesto de sellos.

#### 18.3.2.3. Mantenimiento

En esta sección se consideran los gastos en mantenimientos preventivos y correctivos. Para determinar este gasto, se estima que el mantenimiento representa el 2% sobre el costo de equipos industriales y accesorios, lo cual da un valor de 128.828 USD para el año 10.

#### 18.3.2.4. Gastos de administración y comercialización

Los gastos de comercialización y administración se estiman como el 0,1% y 0,5% del costo total anual de producción, representando un valor de 30.194 USD y 150.970 USD respectivamente para el año 10. A continuación, se resumen estos costos sin tener en cuenta los gastos de puesta en marcha y posteriormente se representa gráficamente la composición porcentual del mismo.

Tabla 18.14. Costos de comercialización y administración.

Gastos administrativos [USD]	150.970
Gastos de comercialización [USD]	30.194
<b>TOTAL</b>	<b>181.165</b>

Elaboración propia.

### 18.3.2.5. Financiación de proyecto

Una empresa está financiada cuando ha pedido capital en préstamos para cubrir cualquiera de sus necesidades. En este proyecto de producción, el capital que se requiere para la inversión es aportado por el Banco Internacional con una TNA de 6% y sistema de amortización francés. El sistema de amortización francés es aquel mediante el cual el prestatario se compromete a pagar unas cuotas periódicas constantes, que incluyen capital e intereses. Estas cuotas se calculan siguiendo una regla financiera, mediante este procedimiento de cálculo, se obtiene una cuota de amortización constante en cada período. De esta forma, siempre se paga la misma cantidad, si el préstamo se concedió a un tipo de interés fijo. Existe una variante cuando el interés es variable, referenciado con un indicador, que normalmente es el interés interbancario de referencia de cada país. En este caso, las cuotas son constantes en los períodos de tiempo en que este indicador no varía. El cálculo de la cuota se realiza con la siguiente ecuación:

$$Valor\ de\ la\ cuota = \frac{\frac{TNA}{100}}{1 - \left(1 + \frac{TNA}{100}\right)^{-n}} \cdot INV$$

Ecuación 18.1

Donde

n: número de cuotas (3 años).

INV: monto de la inversión [USD].

Se decide pagar el préstamo en tres años debido a que esto permite obtener un margen de ganancias anuales considerables y reducir los intereses.

En la Tabla 18.15 se puede observar el modo de financiamiento acordado junto con la inversión necesaria y demás condiciones obtenidas a partir de la ecuación planteada anteriormente.

Tabla 18.15. Características del crédito.

Monto del crédito [USD]	23.056.023
TNA	6 %
Número de cuotas	3

Valor de la cuota	8.625.484
IVA	21%
Tasa de seguro	0,15
Sistema de amortización	Francés

Elaboración propia.

Se detalla en la Tabla 18.16 la amortización del crédito solicitado.

Tabla 18.16. Cuotas anuales.

Cuota	Capital [USD]	Interés [USD]	IVA [USD]	Seguro [USD]	Valor de la cuota [USD]
1	7.242.123	1.383.361	290.506	34.584	8.950.574
2	7.676.650	948.834	199.255	23.721	8.848.460
3	8.137.249	488.235	102.529	12.206	8.740.220
<b>TOTAL</b>		2.820.430	592.290	70.511	26.539.254

Elaboración propia.

### 18.3.2.6. Depreciaciones y amortizaciones

La depreciación es la disminución del valor que experimentan los bienes del activo fijo tangible, por el uso y el transcurso del tiempo. Sus causas pueden ser físicas (uso, transcurso del tiempo) o funcionales (obsolescencia, insuficiencia). Por su parte, la amortización, que tiene un concepto similar, es la absorción del costo de activos nominales o intangibles durante un período de tiempo determinado.

Para estimar los costos de amortización, se consulta la ley tributaria, y se define la vida útil de los bienes:

- Obras civiles: 50 años.
- Equipos y accesorios: 5 años.
- Muebles y útiles: 5 años.

Una vez determinada la vida útil de cada rubro, puede extraerse de este valor la tasa lineal de depreciación de un bien. De esto se desprende que al finalizar el proyecto (diez años), algunos de los bienes tendrán un valor nulo o residual, exceptuando el terreno ya que no está sujeto a depreciación.

En la siguiente tabla se detallan los costos en base a la depreciación y amortización.

Tabla 18.17. Costos de depreciaciones y amortizaciones.

Categoría	Inversión [USD]	Tasa [%]	Depreciación anual [USD]
Terreno	940.000	3,33	31.333
Obras civiles	2.054.663	10	205.466

Equipos y accesorios	6.441.412	5	322.071
Rodados	140.000	20	28.000
Muebles y útiles	34.979	20	6.996
Otros gastos e imprevistos	64.414	10	6.441
<b>TOTAL</b>			<b>600.307</b>

Elaboración propia.

18.3.2.7. Resumen de costos fijos o indirectos

En la Tabla 18.18 se detallan los montos de los costos indirectos involucrados para el año 10, y en la Figura 18.8 los porcentajes correspondientes.

Tabla 18.18. Resumen de costos fijos o indirectos.

Categoría	Costo anual [USD]	Porcentaje [%]
Mano de obra indirecta	256.928,1	20,32
Seguros e impuestos	97.398,8	7,70
Gastos de mantenimiento	128.828,0	10,19
Gastos de comercialización	30.194,0	2,38
Gastos administrativos	150.970,0	11,94
Depreciación y amortización	600.307,0	47,47
<b>TOTAL</b>	<b>1.264.625,9</b>	<b>100</b>

Elaboración propia.

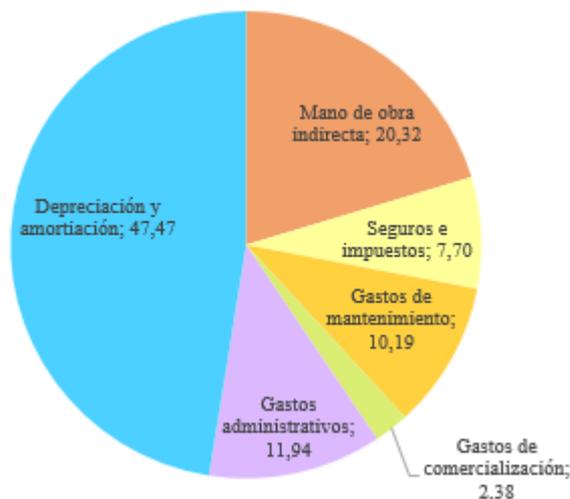


Figura 18.8. Resumen costos fijos o indirectos.

### 18.3.3. Costo de producción unitario para el ácido sulfúrico

El costo unitario es una medida contable que informa sobre el gasto total que presenta una empresa por producir una unidad de un producto. Brinda una visión de las relaciones entre ingresos, costos y ganancias, por lo que, ayuda a verificar si una empresa está produciendo de manera eficiente y rentable, y a determinar cuándo comenzarán a obtener ganancias para poder establecer un precio de venta a los productos (Lifeder, 2023).

Se calcula según la ecuación que se presenta a continuación.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costos fijos} + \text{Costos variables}}{\text{Total de unidades}} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Total de unidades}}$$

Ecuación 18.2

En la siguiente tabla se presenta el costo total de producción y los costos unitarios del ácido sulfúrico para cada año considerado.

Tabla 18.19. Costo unitario.

Año	Costo total de producción [USD]	Volumen de producción [t]	Costo unitario [USD/t]
1	29.715.981	85.051,25	349,39
2	30.621.651	90.010,00	340,20
3	31.580.064	94.968,75	332,53
4	23.712.903	99.027,50	239,46
5	24.973.151	104.886,25	238,10
6	26.039.805	109.845,00	237,06
7	27.106.458	114.803,75	236,11
8	28.173.112	119.762,50	235,24
9	29.239.765	124.721,25	234,44
10 - 20	30.375.252	130.000,00	233,66

Elaboración propia.

### 18.4. INGRESO TOTAL POR VENTAS

El ingreso por ventas hace referencia al monto de dinero que se percibe por la venta del producto. En base al estudio de mercado y a investigaciones, se obtiene que el precio del ácido sulfúrico al 98,5%p/p es de 500 USD/t y el del vapor que se comercializa como subproducto es de 20 USD/t. Estos valores se consideran constantes a lo largo del período considerado en este proyecto (10 años). En la Tabla 18.20 se resumen los ingresos por ventas y en la Figura 18.9 se representan los ingresos por ventas a lo largo de los años.

Tabla 18.20. Ingreso por ventas.

Año	Factor de producción	Ingresos proyectados (Ácido sulfúrico) [USD]	Ingresos proyectados (Vapor) [USD]
1	0,654	42.525.625	2.222.604
2	0,692	45.005.000	2.352.189
3	0,731	47.484.375	2.481.774
4	0,762	49.513.750	2.587.839
5	0,807	52.443.125	2.740.943
6	0,845	54.922.500	2.870.528
7	0,883	57.401.875	3.000.112
8	0,921	59.881.250	3.129.697
9	0,959	62.360.625	3.259.282
10 - 20	1,000	65.000.000	3.397.229

Elaboración propia.

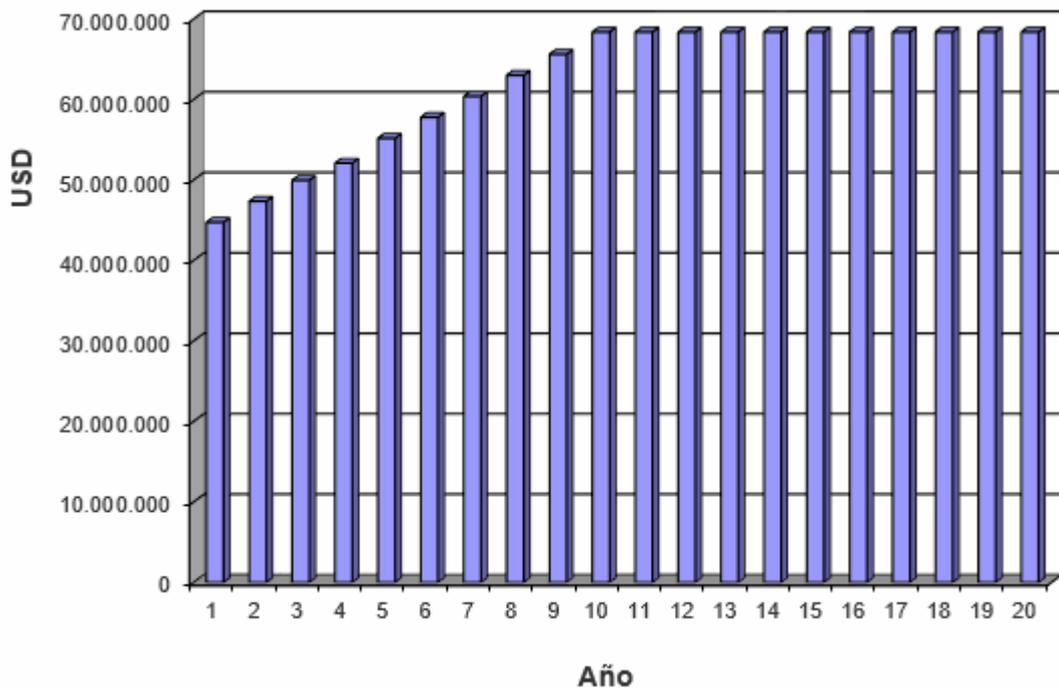


Figura 18.9. Ingresos por ventas.

## 18.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para determinar la factibilidad económico-financiera del proyecto, se calculan una serie de indicadores económicos. Los mismos permiten saber si será viable o no el proyecto. A continuación, se nombran los indicadores:

- Rendimiento: se calcula como la relación porcentual entre los Flujos Netos de Efectivo (FNE) y las ventas netas.
- FNE: quedan determinados por la diferencia entre los ingresos y egresos de dinero registrados en un periodo determinado.
- VAN (Valor Actual Neto) es la suma de los FNE actualizados, incluyendo la inversión inicial. Este valor me indica que el proyecto es rentable mientras su valor sea positivo, lo que indica que está ingresando capital a la empresa.
- TIR (Tasa Interna de Retorno) es la tasa que iguala la inversión inicial con la suma de los FNE, hace que el VAN sea igual a cero.
- TMAR, Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.
- PR (Período de Recupero) es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

Para proceder a la estimación de estos índices, primero se calcula el estado de resultados.

### 18.5.1. Estado de resultados

El estado de resultados es un estado financiero dinámico, que brinda de manera detallada los ingresos y gastos que ha tenido una empresa durante un determinado período. A partir de esa información, permite calcular la utilidad o pérdida neta del periodo, la cual permitirá tomar decisiones sobre la compañía. Esto es:

$$\textit{Utilidad neta o beneficio} = \textit{Ingresos} - \textit{Gastos}$$

Ecuación 18.3

Dentro de los objetivos que persigue el Estado de resultados, se pueden mencionar:

- Evaluar la rentabilidad de la empresa.
- Estimar su potencial de crédito.
- Estimar la cantidad, el tiempo y la certidumbre de un flujo de efectivo.
- Evaluar el desempeño de la empresa.
- Medir riesgos.
- Repartir dividendos.

Con estos datos se posibilita el análisis y la toma de decisiones. Entre los componentes del estado de resultados se encuentran:

- Ventas netas: Definidas como los ingresos por ventas en el período considerado para la producción de la empresa.
- Costos de producción: Referido a lo vendido, se consideran los costos de materias primas, mano de obra directa e indirecta y servicios directos.
- Resultado operativo: Diferencia entre los ingresos por ventas y los costos totales de producción.
- Gastos administrativos, comerciales y de financiación.
- Depreciación y amortización: Estimados en la sección correspondiente.
- Resultado antes de impuestos: lo que resulta de sustraerle a la utilidad operativa las depreciaciones y los gastos administrativos, comerciales y de financiación.
- Impuestos: se considera principalmente el impuesto a las ganancias, el cual es el 35% de la utilidad antes de impuestos más la depreciación y amortización (dado que no suponen desembolso de dinero, se reincorporan para determinar el flujo neto efectivo).
- Resultado neto o flujo neto efectivo: Ganancia o pérdida final que la empresa obtiene después de la actividad, y que resulta de adicionarle los impuestos.

En las siguientes tablas se detalla el estado de resultados para el período de actividad del proyecto. En la Figura 18.10 se representan los flujos netos efectivos y su evolución.

Tabla 18.21. Resultados.

AÑO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por ventas	44.748.229	47.357.189	49.966.149	52.101.589	55.184.068
Costo de producción de lo vendido	20.641.558	21.643.331	22.703.622	23.571.474	24.824.206
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	24.106.672	25.713.858	27.262.526	28.530.115	30.359.862
Gastos administrativos	103.208	108.217	113.518	117.857	124.121
Gastos comerciales	20.642	21.643	22.704	23.571	24.824
Gastos financieros	8.950.574	8.848.460	8.740.220	0	0
Depreciación-Amortización	600.307	600.307	600.307	600.307	600.307
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	14.431.941	16.135.230	17.785.777	27.788.379	29.610.609
Depreciación-Amortización	600.307	600.307	600.307	600.307	600.307
Impuesto a las Ganancias	5.261.287	5.857.438	6.435.130	9.936.040	10.573.821
<b>FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)</b>	9.770.961	10.878.100	11.950.955	18.452.646	19.637.096

Elaboración propia.

Tabla 18.22. Continuación de resultados.

AÑO	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10 - 20
Ingresos por ventas	57.793.028	60.401.987	63.010.947	65.619.907	68.397.229
Costo de producción de lo vendido	25.884.498	26.944.789	28.005.081	29.065.373	30.194.088
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	31.908.530	33.457.198	35.005.866	36.554.534	38.203.141
Gastos administrativos	129.422	134.724	140.025	145.327	150.970
Gastos comerciales	25.884	26.945	28.005	29.065	30.194
Gastos financieros	0	0	0	0	0
Depreciación-Amortización	600.307	600.307	600.307	600.307	600.307
<b>RESULTADOS SIN IMPUESTOS</b>	31.152.916	32.695.222	34.237.528	35.779.834	37.421.669
Depreciación-Amortización	600.307	600.307	600.307	600.307	600.307
Impuesto a las Ganancias	11.113.628	11.653.435	12.193.242	12.733.050	13.307.692
<b>FNE (FLUJO NETO DE EFECTIVO)</b>	20.639.595	21.642.094	22.644.593	23.647.092	24.714.285

Elaboración propia.

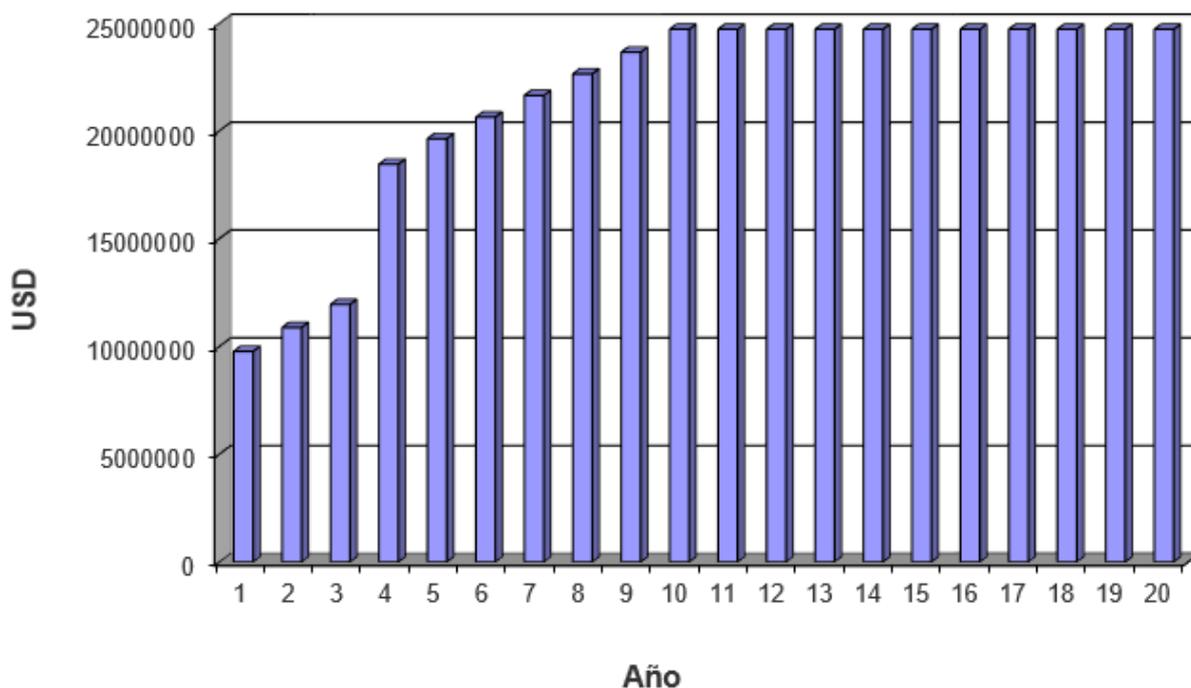


Figura 18.10. Flujo neto de fondos a lo largo de los años.

### 18.5.2. Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Para formarse, toda empresa debe realizar una inversión inicial. El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes: sólo de personas físicas (inversionistas), de éstas con personas morales (otras empresas), de inversionistas e instituciones de crédito (bancos) o de una mezcla de inversionistas, personas morales y bancos. Como sea que haya sido la aportación de capitales, cada uno de ellos tendrá asociado un costo al capital que aporte, y la nueva empresa así formada tendrá un costo de capital propio. Antes de invertir, una persona siempre tiene en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, llamada TMAR. En nuestro caso, el capital proviene del Banco y la misma es muy baja, es simplemente el interés que la institución cobra por hacer un préstamo. En el momento de realizar el análisis económico la TMAR correspondiente es de 6%.

### 18.5.3. Valor Actual Neto (VAN)

El término VAN, corresponde a la suma de valores actuales o presentes de los flujos netos de efectivo, menos la suma de los valores presentes de las inversiones netas. La tasa que se emplea para descontar los flujos de fondos es la rentabilidad mínima aceptable por parte de la empresa, por debajo de la cual los proyectos de inversión no deben llevarse a cabo; por ende:

- Si el  $VAN > 0$ , la inversión produce ganancias y el proyecto debe aceptarse.
- Si el  $VAN = 0$ , el proyecto no produce ni ganancias ni pérdidas y no puede decidirse en función de las ganancias.
- Si el  $VAN < 0$ , la inversión produce pérdidas y el proyecto debe rechazarse.

El valor del VAN es de 207.687.236 USD, lo cual indica que se producen ganancias y el presente proyecto es viable.

### 18.5.4. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR, es la tasa de descuento que hace que los flujos netos de efectivo igualen el monto de la inversión. Esta tasa tiene que ser mayor que la tasa mínima de rendimiento exigida al proyecto de inversión. También se puede decir que es la tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto.

Un proyecto puede considerarse como viable si su TIR es mayor que la TMAR, y en este caso se acepta el mismo. Si la TIR es alta, se trata de un proyecto rentable. Si la TIR es baja, es factible que existan otras opciones mejores en el mercado para invertir.

El valor de la TIR para el presente proyecto es del 56,66%. Dado que el valor obtenido de la TIR es mayor que la TMAR (6%) propuesta por el banco prestador, se concluye que el proyecto es rentable.

### 18.5.5. Periodo de Recupero de la Inversión (PRI)

El PRI, es un instrumento de fácil cálculo y aplicación, que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de la inversión recuperen su costo o inversión inicial. Es un factor importante para saber si se emprende el proyecto, ya que generalmente se prefieren los períodos de recuperación más cortos posibles.

Tabla 18.23. Recupero de la inversión realizada.

Período		FNE	Saldo
Inversión inicial		-	-23.056.023
Año 1		9.770.961	-13.285.061
Año 2		10.878.100	-2.406.962
Año 3	Mes 1	995.913	-1.411.049
	Mes 2	995.913	-415.136
	Mes 3	995.913	580.777

Elaboración propia.

El periodo de recuperación de un proyecto es el número de años a partir de los cuales el acumulado de los flujos netos efectivos (FNE) previstos iguala la inversión inicial.

El valor del PRI para el presente proyecto es de 2 años y 3 meses. Analizando este resultado, se destaca que la inversión se recuperará en un período relativamente corto, comparado con los diez años previstos de actividad.

### 18.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Un análisis de sensibilidad se realiza dentro de una empresa con el objetivo de facilitar la toma de decisiones, ya que indica las variables que más afectan el resultado económico del proyecto y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final.

El análisis de sensibilidad permite determinar los márgenes de rentabilidad de un proyecto, con el aumento o reducción de un indicador económico como la TIR y/o el VAN, frente a la fluctuación del precio de venta, el precio de la materia prima y los costos de mano de obra, ya que son las principales variables que influyen en las utilidades.

El análisis surge de forma gráfica, representando la variación de la TIR y del VAN con la fluctuación de las variables mencionadas con anterioridad y comparándola con la función constante TMAR (6%), dado que si la primera se encuentra sobre esta última el proyecto es rentable, caso contrario deja de serlo.

En las siguientes figuras se presenta la variación de la TIR y el VAN con la desviación del precio de venta, el precio de la materia prima, los costos de mano de obra, energía eléctrica y gas.

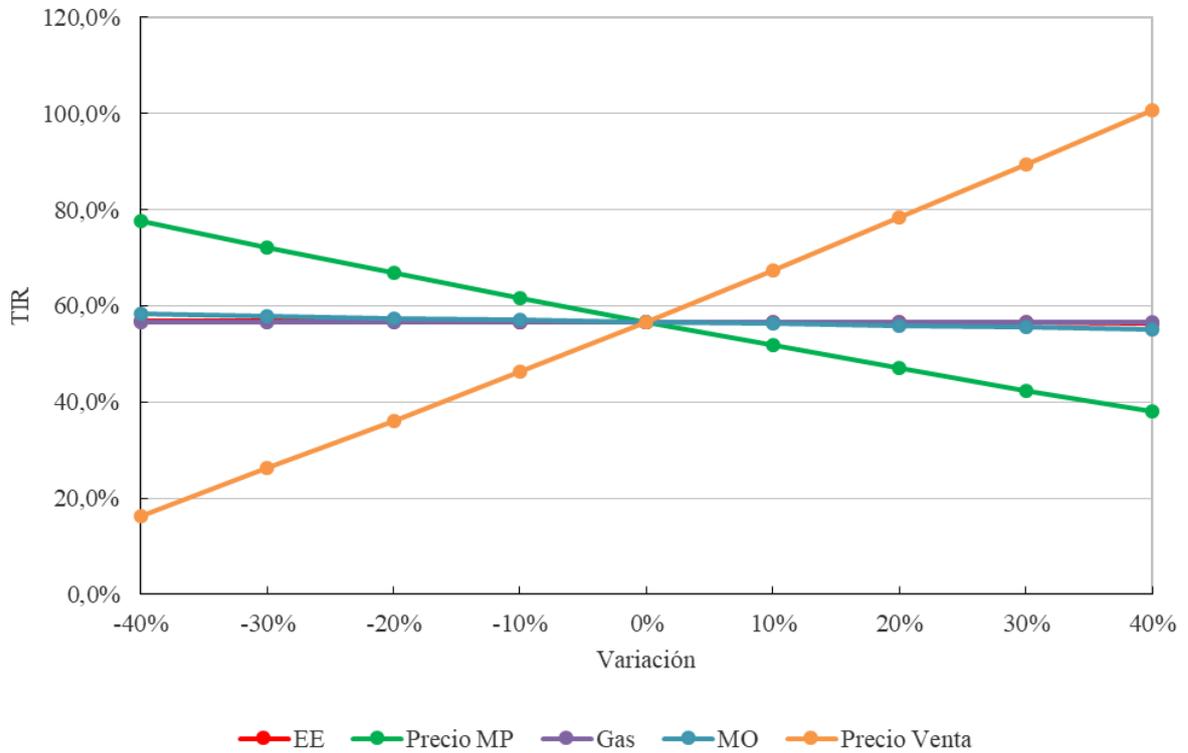


Figura 18.11. Variación de la TIR.

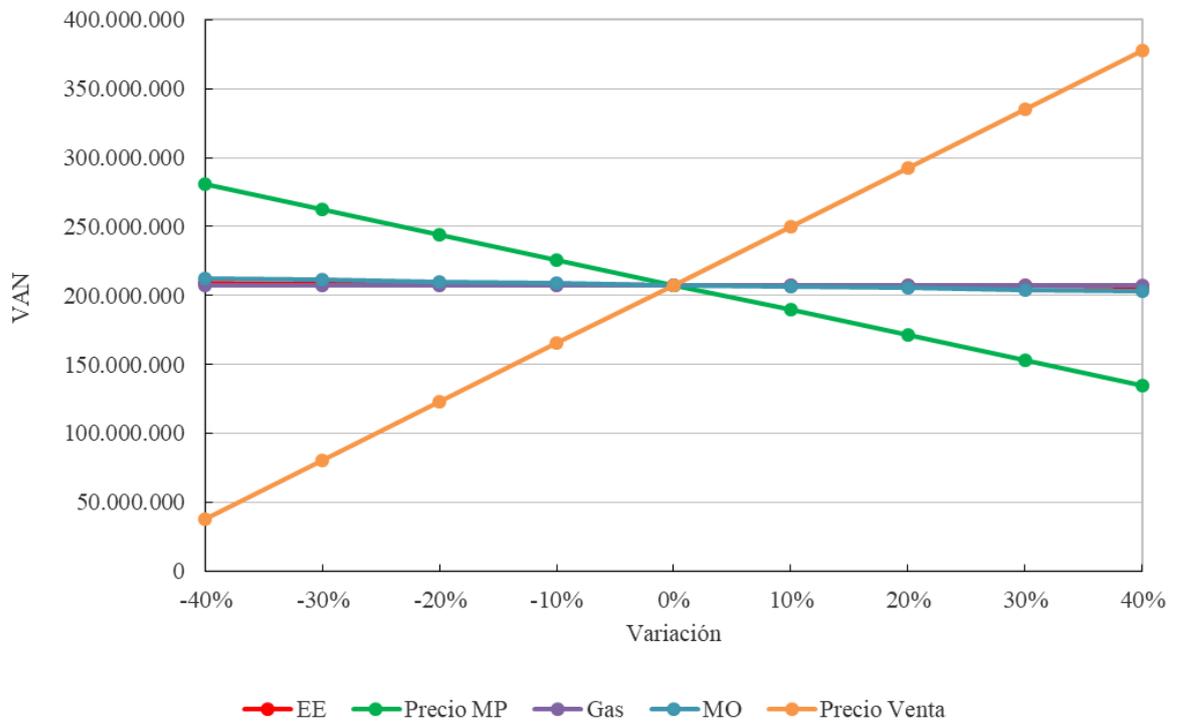


Figura 18.12. Variación del VAN.

### 18.7. CONCLUSIÓN

El análisis económico financiero realizado permite concluir que la puesta en marcha de la planta de producción de ácido sulfúrico requiere de una inversión inicial de 23.056.023 USD, monto financiado por crédito del Banco Internacional, con una tasa nominal anual fija del 6% y un plazo de pago de 3 años.

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir del análisis de los indicadores económicos, como el VAN, TIR y PRI, se observa la viabilidad económica del proyecto y su rentabilidad.

Con respecto a los indicadores, se obtuvo una TIR de 56,66%, un VAN positivo de 207.687.236 USD y un PRI de 2 años y 3 meses; demuestran numéricamente la rentabilidad del proyecto.

En el análisis de sensibilidad se determina que:

- La variación del costo de la mano de obra, energía eléctrica y gas tiene escasa influencia sobre la TIR y el VAN.
- El proyecto deja de ser rentable si el precio de venta del ácido sulfúrico cae por debajo de 255 USD/t (la mitad de su valor comercial actual) y si el precio del azufre aumenta el doble su valor actual (1200 USD/t).

# CONCLUSIÓN

---

## CONCLUSIÓN

A lo largo de este proyecto:

- Se ha profundizado de manera exhaustiva en las propiedades y características del ácido sulfúrico.
- Se seleccionó el proceso más adecuado, con un enfoque en la reducción del impacto ambiental, asegurando la sostenibilidad y responsabilidad ambiental en la producción.
- El estudio de mercado ha identificado una demanda insatisfecha que experimenta un crecimiento sostenido, consolidando la decisión estratégica de producir ácido sulfúrico en Argentina, contribuyendo a la independencia frente a las importaciones.
- La elección de la localización en el Parque Industrial Comirsa, en la provincia de Buenos Aires, se fundamentó en criterios sólidos relacionados con la logística y la proximidad de puertos, optimizando la operación del proyecto de manera integral.
- El diseño de equipos, respaldado por balances de masa y energía, junto con la selección de materiales adecuados, garantiza la eficiencia y seguridad en el proceso de producción, reflejando un enfoque de ingeniería robusto.
- La automatización del sector de dilución, aplicando conocimientos avanzados de control automático, fortalece la seguridad del proceso y calidad del producto.
- Los planos detallados y la distribución de las instalaciones de la planta proporcionan una guía clara para la implementación del proyecto.
- El análisis económico-financiero ha proporcionado resultados sólidos, con indicadores como el VAN y la TIR validando la factibilidad y rentabilidad del proyecto, lo que respalda sin lugar a dudas la toma de decisiones de inversión.

En conclusión, se han alcanzado de manera concluyente los objetivos establecidos en el Capítulo 1, gracias a la combinación de conocimientos adquiridos durante la carrera y a una minuciosa investigación de información pertinente.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Recuperado el 24 de Abril de 2023, de Observatorio de complejidad económica (OEC):  
[https://oec.world/es/profile/hs/sulfuric-acid#:~:text=%C3%81cido%20sulf%C3%BArico%20es%20el%20producto,%2C%20y%20Alemania%20\(%24112M\)](https://oec.world/es/profile/hs/sulfuric-acid#:~:text=%C3%81cido%20sulf%C3%BArico%20es%20el%20producto,%2C%20y%20Alemania%20(%24112M))
- (s.f.). Obtenido de Parque Industrial Comirsa: <http://www.parquecomirsa.com.ar/>
- (s.f.). Obtenido de Parque Industrial Norte: <https://www.pinorte.com.ar/>
- (s.f.). Obtenido de Parque Industrial San Lorenzo: <https://www.pisanlorenzo.com/index.php>
- (2014). Obtenido de Carfos Azufres: <http://www.carfos.com.ar/productos/>
- Ácido Sulfúrico. (s.f.). Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia4.pdf>
- Aerzen. (s.f.). *Modular system for large blowers*. Obtenido de [https://www.meacomp.com/wp-content/uploads/2018/01/Aerzen\\_Alpha\\_Blower-catalog.pdf](https://www.meacomp.com/wp-content/uploads/2018/01/Aerzen_Alpha_Blower-catalog.pdf)
- Agencia de Administración de Bienes del Estado. (2023). *Manual de Estándares de Espacios de Trabajo del Estado Nacional*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo\\_de\\_iluminacion\\_interior\\_en\\_oficinas\\_-\\_metodo\\_de\\_los\\_lumenes.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf)
- Agrovin. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad: Dióxido de azufre*. Obtenido de [https://www.agrovin.com/agrv/pdf/fichas\\_seguridad/antioxidantes/es/FDS\\_DIOXIDO\\_AZUFRE\\_es.pdf](https://www.agrovin.com/agrv/pdf/fichas_seguridad/antioxidantes/es/FDS_DIOXIDO_AZUFRE_es.pdf)
- Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA). (s.f.). Obtenido de <https://www.aguasbonaerenses.com.ar/empresa/informacion-institucional/>
- Aguirre Bravo, D., Carrasco Espinoza, F., García Hernández, R., Hernández Quintana, P., Herrera Melo, O., Martínez Sánchez, J., . . . Traslaviña Carmona, R. (2011). *Prefactibilidad técnica y económica para el diseño de una planta combinada de ácido sulfúrico y dióxido de azufre líquido a partir de azufre elemental*. Obtenido de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-0500/UCF0564\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0500/UCF0564_01.pdf)
- Álvarez, D. O. (15 de Mayo de 2017). *Azufre*. Obtenido de Enciclopedia humanidades: <https://humanidades.com/azufre/>
- Anexo I Documento complementario del código de la edificación N° I (a)*. (s.f.). Obtenido de Reglamento sobre estructuras de mampostería y suelos.:

- 
- <https://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/madera-en-la-construccion/decreto-1332-codigo-de-edificacion.pdf>
- Ashar, N., & Golwalkar, K. (2013). Processes of Manufacture of Sulfuric Acid. En *A Practical Guide to the Manufacture of Sulfuric Acid, Oleums, and Sulfonating Agents*. Springer International Publishing Switzerland.
- Attusa. (s.f.). *Equipo de tratamiento de agua y depósito de condensados*. Obtenido de <https://www.attsu.com/uploads/files/producto/attsu-wtc-equipo-de-tratamiento-de-agua-y-descalcificacion/catalogo-wtc-espanol.pdf>
- ATUSA. (s.f.). *Válvulas actuadas*. Obtenido de ATUSA GRUPO EMPRESARIAL S.A.: [https://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP6575/files/3/ATUSA\\_CAT\\_AV\\_ES.pdf](https://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP6575/files/3/ATUSA_CAT_AV_ES.pdf)
- Auxiliares*. (s.f.). Obtenido de Quimicauch: <https://www.quimicauch.com/producto/auxiliares>
- Azufre*. (s.f.). Obtenido de YPF: <https://www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Azufre.aspx>
- Azufre sólido*. (s.f.). Obtenido de Meranol: <https://meranol.com.ar/productos/azufre-piedras-tecnico/>
- Bahamonde Rivera, D. F. (2021). *Estudio de la obtención de ácido sulfúrico por métodos de contacto*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24391/1/T-ESPEL-IPE-0070.pdf>
- Bermo. (s.f.). *BP100 - Intercambiador de calor de placas con juntas*. Obtenido de <https://bermo.com.br/produtos/detalhes/bp100-trocador-de-calor-a-placas-gaxetado/>
- Bermo. (s.f.). *BP150 - Intercambiador de calor de placas con juntas*. Obtenido de <https://bermo.com.br/produtos/detalhes/bp150-trocador-de-calor-a-placas-gaxetado/>
- BlackGrape. (s.f.). *Hoja de seguridad: Dióxido de azufre*.
- Bosch. (s.f.). *Bosch Termotecnología*. Obtenido de <https://www.bosch.com.ar/productos-y-servicios/industria-y-negocios/termotecnologia/>
- Calabrian. (s.f.). *Hoja de datos de seguridad: Dióxido de azufre*. Obtenido de [https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/safety-data-sheets/so2\\_2015\\_sds\\_rev4\\_spa.pdf](https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/safety-data-sheets/so2_2015_sds_rev4_spa.pdf)
- Catalizador de pentóxido de vanadio*. (s.f.). Obtenido de Alibaba: [https://www.alibaba.com/product-detail/vanadium-pentoxide-catalyst-V2O5-catalyst-for\\_1600802825901.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.65ec7e4f8IVUNs](https://www.alibaba.com/product-detail/vanadium-pentoxide-catalyst-V2O5-catalyst-for_1600802825901.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.65ec7e4f8IVUNs)
- Catalizador de pentóxido de vanadio*. (s.f.). Recuperado el 24 de Abril de 2023, de Quiminet: [https://www.quiminet.com/productos/catalizadores-de-pentoxido-de-vanadio-257086468.htm?page\[11\]=1](https://www.quiminet.com/productos/catalizadores-de-pentoxido-de-vanadio-257086468.htm?page[11]=1)
-

- Central pollution control board. (2007). *Comprehensive industry document on sulphuric acid plant*.
- Centro Atómico Bariloche. (s.f.). *Absorción atómica*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/quimica/absorcion-atmica>
- CIAFA (Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos). (s.f.). *Ficha de Datos de Seguridad de Materiales: Ácido Sulfúrico*. Obtenido de <https://www.ciafa.org.ar/files/qKzC6XQKs7Ck7K966mbkQTexmqOIaKiJCNi6ppq5s.pdf>
- Cirprotec. (Junio de 2016). *Importancia del sistema de puesta a tierra*. Obtenido de <http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra#:~:text=El%20sistema%20de%20puesta%20a,en%20el%20material%20el%20C3%A9ctrico%20utilizado>
- Clark Solutions. (s.f.). *Ácido Sulfúrico*. Obtenido de <https://clarksolutions.com.br/es/mercado/acido-sulfurico/#aplicacao>
- Clark Solutions. (s.f.). *Eliminador de Névoas FiberBed*. Obtenido de [https://www.clarksolutions.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Fiberbed\\_NewVersion-V02.pdf](https://www.clarksolutions.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Fiberbed_NewVersion-V02.pdf)
- CODELCO. (2001). *Reglamento Interno Específico de Minería “Medidas de Seguridad en Operaciones en Plantas de Ácido Sulfúrico”*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *Complejos productivos y territorio en la Argentina. Aportes para el estudio de la geografía económica del país*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39227/1/S1500880\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39227/1/S1500880_es.pdf)
- Constitución de la Nación Argentina*. (3 de Enero de 1995). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24430-804/texto>
- Corcepret, Prensados de hormigón. (s.f.). *Método constructivo Sistema Corcepret*. Obtenido de [www.corblock.com/pdf/metodo-constructivo-corcepret.pdf](http://www.corblock.com/pdf/metodo-constructivo-corcepret.pdf)
- Cryogas. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad: Dióxido de azufre*. Obtenido de <http://www.cryogas.com.co/Descargar/Di%C3%B3xido%20de%20Azufe%20SO2?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fco%2Fbiblioteca%2F31a7b5bbb47341f7b044f2dac6f11cbc.pdf>
- Dastec. (s.f.). *Blue-Mag 1800*. Obtenido de Dastec S.R.L.: <https://www.dastecsrl.com.ar/producto/blue-mag-1800-caudalimetro-electromagnetico-para-liquidos-conductivos>
- Davenport, W., King, M., & Moats, M. (2013). *Sulfuric Acid Manufacture. Analysis, control and optimization*.

*Decreto 280/97.* (s.f.). Obtenido de Impuestos:

<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/42701/texact.htm>

*Decreto 351/79 - B.O. 22579.* (5 de Febrero de 1979). Obtenido de Gobierno de la Provincia de

Buenos Aires: [https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Decreto\\_351-79.pdf](https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Decreto_351-79.pdf)

Díaz Velázquez, J. M. (2017). *Sistema de gestión de la energía en una planta de ácido sulfúrico.*

Obtenido de [https://oa.upm.es/47830/1/TFG\\_JOSE\\_MARIA\\_DIAZ\\_VELAZQUEZ.pdf](https://oa.upm.es/47830/1/TFG_JOSE_MARIA_DIAZ_VELAZQUEZ.pdf)

Dirección General de Industrias Departamento Planificación Industrial. (s.f.). *Parques y áreas industriales.* Obtenido de

<http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/64088/310351/file/>

Dunlop Argentina S.A. (s.f.). *Cintas Transportadoras.* Obtenido de

<https://dunlop.com.ar/productos/cintas-transportadoras/>

EDEN. (s.f.). Obtenido de

[https://docs.google.com/document/d/1d23yuPEHCjBvQFRLtJcsaysn6hrwVR5YcS\\_KpPjbdU0/edit](https://docs.google.com/document/d/1d23yuPEHCjBvQFRLtJcsaysn6hrwVR5YcS_KpPjbdU0/edit)

Elvers, B., & Hawkins, S. (1989). *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemical* (Quinta ed., Vol. 24). New York, U.S.A.: VCH.

Environmental Protection Agency (EPA). (Octubre de 1985). *Sulfuric Acid Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment.* Obtenido de

[http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=291](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=291)

*Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc.* (s.f.). Obtenido de Trade Map:

[https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c2807%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1](https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c2807%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1)

Faradayos. (2014). *Tipos de tomacorrientes eléctricos y sus aplicaciones.* Obtenido de

[https://www.faradayos.info/2014/01/tipos-tomacorrientes-nema-aplicacion.html#google\\_vignette](https://www.faradayos.info/2014/01/tipos-tomacorrientes-nema-aplicacion.html#google_vignette)

Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la R.A. (s.f.).

*Sindicatos Adheridos.* Obtenido de <http://www.festiqypra.com.ar/>

Fernández, J. R. (2017). *Sistema de gestión ambiental en una planta de ácido sulfúrico.* Obtenido de

[https://oa.upm.es/46784/1/TFG\\_JAVIER\\_ROSINO\\_FERNANDEZ.pdf](https://oa.upm.es/46784/1/TFG_JAVIER_ROSINO_FERNANDEZ.pdf)

- Froment, G., Bischoff, K., & De Wilde, J. (2011). *Chemical Reactor Analysis and Design* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc. Obtenido de [https://ia801009.us.archive.org/17/items/chemicalreactoranalysisanddesign\\_201907/Chemical%20Reactor%20Analysis%20and%20Design.pdf](https://ia801009.us.archive.org/17/items/chemicalreactoranalysisanddesign_201907/Chemical%20Reactor%20Analysis%20and%20Design.pdf)
- G. Davenport, W., & J. King, M. (2006). *Sulfuric Acid Manufacture*.
- Garcés M., I. (s.f.). *AZUFRE (S)*. Recuperado el 26 de Abril de 2023, de Uantof.cl: <https://intranetua.uantof.cl/salares/Fichas/Azufre.pdf>
- GEMU. (s.f.). *GEMÜ 543 eSyStep*. Obtenido de Sinergy by GEMU: [https://www.gemu-group.com/es\\_ES/disenos-de-valvulas/valvulas-de-globo/valvula-de-globo-543/](https://www.gemu-group.com/es_ES/disenos-de-valvulas/valvulas-de-globo/valvula-de-globo-543/)
- Generac. (21 de Septiembre de 2020). *Generador eléctrico industrial*. Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/generador-electrico-industrial>
- Generalitat, V. (2010). *Vertido de Aguas Residuales*. Legislación Medioambiental para la Industria.
- Glassdoor. (s.f.). Obtenido de <https://www.glassdoor.com.ar/Sueldos/index.htm>
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (13 de Diciembre de 1995). *Ley 11.720*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-11720-123456789-0abc-defg-027-1100bvorpyel>
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (6 de Septiembre de 1996). *Decreto 3395/1996*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-3395-123456789-0abc-593-3000-6991bvorpced/actualizacion>
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (1997). *Resolución (SPA) 242/97. Del 1/7/1997. B.O.: 1/7/1997. Complementario del Decreto 3395/96*. Obtenido de [https://www.ecofield.net/Legales/BsAs/res242-97\\_SPA.htm](https://www.ecofield.net/Legales/BsAs/res242-97_SPA.htm)
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (19 de Agosto de 2004). *Ley 1.356*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-1356-123456789-0abc-defg-653-1000xvorpyel>
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (27 de Noviembre de 2018). *Decreto 1074/2018*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-1074-2018-316751/texto>
- Gómez Pascual, J. L., Ross Hechavarría, J., Otero de Zayas, M., Tumbarell Ferrer, O., Linchenat Dennes, E., & Quevedo Álvarez, O. (2006). *Determinación de vanadio por espectrometría de absorción atómica en fuel oils*. Obtenido de <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA308436020&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&lin>

---

kaccess=abs&issn=02540525&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Ed0e704a9&aty=open-web-entry

Guijarro Kaneko, E. M. (2018). *Sistema de gestión de calidad en una planta de fabricación de ácido sulfúrico y su integración con otras modalidades de gestión*. Obtenido de [https://oa.upm.es/50384/1/TFG\\_EVA\\_MARIA\\_GUIJARRO\\_KANEKO.pdf](https://oa.upm.es/50384/1/TFG_EVA_MARIA_GUIJARRO_KANEKO.pdf)

Hualian. (s.f.). *Catalizador para ácido sulfúrico*. Obtenido de <http://sinocatalysts.com/2-11-vanadium-pentoxide-catalyst/>

INDEC. (2023). Trabajo e ingresos. Obtenido de [https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/mercado\\_trabajo\\_eph\\_4trim22BE2C110849.pdf](https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/mercado_trabajo_eph_4trim22BE2C110849.pdf)

Ingeniería Mecafenix. (27 de Marzo de 2019). *Que tipos de tableros eléctricos se utilizan en la industria*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/electricidad-industrial/tableros-electricos/>

Instituto Geológico y Minero de España. (s.f.). *Caracterización geoquímica y comportamiento ambiental de balsas de lodos mineros en diferentes ambientes*. Obtenido de [https://info.igme.es/SidPDF/131000/592/131592\\_0000001.pdf](https://info.igme.es/SidPDF/131000/592/131592_0000001.pdf)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>

Instituto Petroquímico Argentino (IPA). (Mayo de 2022). Información estadística de la industria petroquímica y química de Argentina.

International Labour Organization (ILO). (2000). *Azufre*. Obtenido de [http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=1166&p\\_edit=&p\\_version=2&p\\_lang=es](http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1166&p_edit=&p_version=2&p_lang=es)

International Labour Organization (ILO). (2002). *Trióxido de azufre*. Obtenido de [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_version=2&p\\_card\\_id=1202&p\\_lang=es](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_version=2&p_card_id=1202&p_lang=es)

International Labour Organization (ILO). (2006). *Dióxido de azufre*. Obtenido de [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=74&p\\_edit=&p\\_version=2&p\\_lang=es](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=74&p_edit=&p_version=2&p_lang=es)

International Labour Organization (ILO). (2016). *Ácido sulfúrico*. Obtenido de [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=362&p\\_edit=&p\\_version=2&p\\_lang=es](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=362&p_edit=&p_version=2&p_lang=es)

- 
- IPLACEX. (2019). *Formulación y evaluación de proyectos*. Obtenido de [https://cursos.iplacex.cl/CED/FEP4004/S3/ME\\_3.pdf](https://cursos.iplacex.cl/CED/FEP4004/S3/ME_3.pdf)
- Jiménez, H. C. (2012). *Fundamentos de Organización Industrial*.
- Katz, M. (2011). Azufre. En *Materiales y materias primas*. Obtenido de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL007405.pdf>
- Kern, D. (1999). *Transferencia de la Energía Térmica*.
- Kiss, A., Bildea, C., & Grievink, J. (2010). *Dynamic modeling and process optimization of an industrial sulfuric acid plant*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894710000446>
- Ley 11.459 - B.O. 22571. (16 de Noviembre de 1993). Obtenido de Gobierno de la Provincia de Buenos Aires: <https://normas.gba.gob.ar/documentos/V9OJIsPx.html>
- Ley 13.656 - B.O. 25644. (12 de Abril de 2007). Obtenido de Gobierno de la Provincia de Buenos Aires: <https://normas.gba.gob.ar/documentos/BeAywi7B.html>
- Ley 13656. (s.f.). Obtenido de <https://normas.gba.gob.ar/documentos/BeAywi7B.html>
- Ley 5.965. (2 de Diciembre de 1958). Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-5965-123456789-0abc-defg-569-5000bvorpyel/actualizacion>
- Lifeder. (5 de Mayo de 2023). *Costos unitarios*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/costo-unitario/>
- Lifeder. (s.f.). *Conductores eléctricos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/conductores-electricos/>
- Lista de los productos químicos distribuidos*. (s.f.). Obtenido de Todini Chemicals: <https://www.todini.com/es/productos-quimicos>
- Loayza P., J., Silva M., M., Najarro V., Y., & Tafur E., E. (2013). Análisis del proceso de producción del ácido sulfúrico aplicando los principios fundamentales para el diseño de procesos industriales sostenibles.
- Louie, D. (2005). *Handbook of Sulfuric Acid Manufacture*.
- Lutron Led Lighting. (s.f.). *Serie LOEN*. Obtenido de <https://www.lutron.com.ar/loen/>
- Lutron Led Lighting. (s.f.). *Serie MOSS*. Obtenido de <https://www.lutron.com.ar/moss/>
- Lutron Led Lighting. (s.f.). *Serie OSLO*. Obtenido de <https://www.lutron.com.ar/oslo/>
- Made in China. (s.f.). *Filtro de hojas de presión horizontal*. Obtenido de <https://separators.en.made-in-china.com/product/LekJCzujEbtZ/China-Wyb-Horizontal-Pressure-Leaf-Filter-for-Filter-Edible-Oil.html>
-

Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Reverte.

Marley. (s.f.). *NX™ torre de enfriamiento. Datos técnicos y especificaciones*. Obtenido de [https://spxcooling.com/wp-content/uploads/sp\\_NX-TS-20.pdf](https://spxcooling.com/wp-content/uploads/sp_NX-TS-20.pdf)

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. McGraw-Hill.

*Medición de la concentración y densidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - Producción de ácido sulfúrico*. (s.f.). Obtenido de SensoTech: <https://www.sensotech.com/es/produccion-de-acido-sulfurico>

Méndez Rodríguez, M. (2013). *Consideraciones para el diseño de laboratorios en la industria química*. Área de innovación y desarrollo, S.L. España.

*Mercado de ácido sulfúrico: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2023 - 2028)*. (s.f.). Obtenido de Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/sulfuric-acid-market>

*Mercado de azufre: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2023 - 2028)*. (s.f.). Obtenido de Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/sulfur-market>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (s.f.). *Higiene y seguridad en el trabajo: normativa nacional*. Recuperado el 2023, de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/agencia/higiene-seguridad-laboral#1>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (21 de Abril de 1972). *Ley N°19.587*. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/17612/norma.htm>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (21 de Abril de 1974). *Ley N°19.587*. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/17612/norma.htm>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (8 de Enero de 1992). *Ley N° 24.051*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/texact.htm>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (25 de Julio de 2002). *Ley 25.612*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/76349/norma.htm>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (27 de Noviembre de 2002). *Ley 25.675*. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>

Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (30 de Diciembre de 2002). *Ley 25.688*. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/80000-84999/81032/norma.htm>

Ministerio de la Producción. (2013). *Áreas y Parques Industriales en la Provincia de Santa Fe*. Obtenido de

---

<https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/162405/791894/version/2/file/Arreas+Industriales+-+Febrero+2013.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Industria Química inorgánica de gran volumen de producción*. Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea. Sistemas de gestión y tratamiento de aguas y gases residuales en el sector químico*.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. (2008). *1816-2016 Argentina del centenario. Plan estratégico territorial*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_estrategico\\_territorial\\_2008\\_-\\_avance\\_i.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_2008_-_avance_i.pdf)

Ministerio de Producción y Trabajo. (2019). *Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parques\\_industriales\\_inscriptos\\_en\\_el\\_renpi\\_para\\_web\\_-\\_abril\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parques_industriales_inscriptos_en_el_renpi_para_web_-_abril_2019.pdf)

Ministerio de Producción y Trabajo. (2019). *Señalización*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/05\\_guia\\_senalizacion\\_ok.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/05_guia_senalizacion_ok.pdf)

Ministerio del Interior, Obras Públicas y Viviendas. (2018). *Plan estratégico territorial. Argentina*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_estrategico\\_territorial\\_2018\\_baja.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_2018_baja.pdf)

Mise, J. (1 de Enero de 2023). *2503 azufre de cualquier clase, excepto el precipitado y el coloidal*. Obtenido de Acavir: <https://www.acavir.com/notas-explicativas-sistema-armonizado/productos-minerales/sal-azufre-tierras-y-piedras-yesos-cales-y-cementos/azufre-de-cualquier-clase-excepto-el-sublimado-el-precipitado-y-el-coloidal/>

*Motorreductor*. (s.f.). Obtenido de Waisens: [https://www.waisens.com.ar/MLA-1368361597-motorreductor-trifasico-2hp-caja-90-150-30-rpm-\\_JM?gclid=CjwKCAjww7KmBhAyEiwA5-PUSi1iaBL1DLGWDzltKVOGwPEqy2WxJ6sBR05stobn\\_0xsNejOUkUBtBoC7qsQAvD\\_BwE](https://www.waisens.com.ar/MLA-1368361597-motorreductor-trifasico-2hp-caja-90-150-30-rpm-_JM?gclid=CjwKCAjww7KmBhAyEiwA5-PUSi1iaBL1DLGWDzltKVOGwPEqy2WxJ6sBR05stobn_0xsNejOUkUBtBoC7qsQAvD_BwE)

Municipalidad de Ramallo. (s.f.). *Ordenanzas 2023 - Secretaría de hacienda*. Obtenido de [http://www.haciendaramallo.com.ar/?page\\_id=54](http://www.haciendaramallo.com.ar/?page_id=54)

New Jersey Department of Health. (s.f.). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas: Trióxido de azufre*. Obtenido de <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1767sp.pdf>

Noracid. (15 de Junio de 2021). *Conversión de SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub>*. Obtenido de Noracid:

<https://noracid.cl/conversion-de-so2-a-so3/>

nVent HOFFMAN. (25 de Marzo de 2021). *Qué es un tablero eléctrico y cuáles son sus*

*características*. Obtenido de <https://hoffman-latam.com/blog/que-es-un-gabinete-o-tablero-electrico/>

Ocon García, J., & Tojo Barreiro, G. (1974). *Problemas en ingeniería química, operaciones básicas. Tomo I*.

OMS. (1995). *Vanadio y algunas sales de vanadio*. World Health Organization. Obtenido de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Junio2006/CD2/pdf/spa/doc10820/doc10820-contenido.pdf>

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2012). *Directrices de ensayo 109 del OECD*. Obtenido de [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-109-density-of-liquids-and-solids\\_9789264123298-en#page2](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-109-density-of-liquids-and-solids_9789264123298-en#page2)

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (s.f.). *C155 - Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155)*. Obtenido de [https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C155#:~:text=Art%C3%ADculo%2016&text=Deber%C3%A1%20exigirse%20a%20los%20empleadores,toman%20medidas%20de%20protecci%C3%B3n%20adecuadas](https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C155#:~:text=Art%C3%ADculo%2016&text=Deber%C3%A1%20exigirse%20a%20los%20empleadores,toman%20medidas%20de%20protecci%C3%B3n%20adecuadas)

Parque industrial Comirsa. (s.f.). Obtenido de <http://www.parquecomirsa.com.ar/>

PDVSA. (1991). *Preparación de diagramas de proceso. Manual de ingeniería de diseño*. (Vol. 15).

PDVSA. (1993). *Manual de ingeniería de riesgos*. (Vol. 1).

*Pentóxido de vanadio*. (s.f.). Obtenido de Esmalty color: <https://www.esmaltycolor.com/materias-primas/2741-pentoxido-de-vanadio.html>

*Pentóxido de vanadio*. (s.f.). Obtenido de Todini Chemicals: <https://www.todini.com/es/productos-quimicos/vanadio/vanadio-pentoxido>

*Pentóxido de Vanadio*. (s.f.). Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST):

[https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=0596&p\\_version=2&p\\_lang=es](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0596&p_version=2&p_lang=es)

Pernett Bolaño, L., Ochoa Martínez, I., Robledo Barrios, M., & Rueda Durán, C. (2016). Obtenido de <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/647>

Piedra, F. J. (2017). *Sistema de gestión de seguridad en una planta de ácido sulfúrico*. Obtenido de [https://oa.upm.es/46723/1/TFG\\_FRANCISCO\\_JAVIER\\_BENITO\\_PIEDRA.pdf](https://oa.upm.es/46723/1/TFG_FRANCISCO_JAVIER_BENITO_PIEDRA.pdf)

Poder Ejecutivo Nacional (P.E.N.). (25 de Abril de 1972). *Ley 19.550*. Obtenido de

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-19550-25553/actualizacion>

*Proveedores de azufre*. (s.f.). Obtenido de Quiminet:

[https://www.quiminet.com/principal/resultados\\_busqueda.php?N=azufre&d=P](https://www.quiminet.com/principal/resultados_busqueda.php?N=azufre&d=P)

*Proveedores de azufre en Argentina*. (s.f.). Obtenido de Infocomercial:

[https://www.infocomercial.com/b/en\\_argentina/azufre.php](https://www.infocomercial.com/b/en_argentina/azufre.php)

*Proveedores de pentóxido de vanadio*. (s.f.). Obtenido de Quiminet:

[https://www.quiminet.com/principal/resultados\\_busqueda.php?pagina=1&N=Pent%C3%B3xido%20de%20vanadio&d=P](https://www.quiminet.com/principal/resultados_busqueda.php?pagina=1&N=Pent%C3%B3xido%20de%20vanadio&d=P)

Ramírez Ortega, A., & San José Arango, C. (2006). *El azufre en la naturaleza* (Vol. 10). Obtenido de

<https://www.radoctores.es/doc/1V10N2-ramirez-san%20jose-azufre.pdf>

Repicky. (2012). *Sopladores de Aire y Bombas de Vacío de Lóbulos Rotativos*. Obtenido de

<https://repicky.com.ar/site/wp-content/uploads/2016/01/Folleto-Sopladores-y-Bombas-RA-Repicky.pdf>

*Resúmenes de la salud pública - Vanadio*. (s.f.). Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades:

[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs58.html#:~:text=El%20pent%C3%B3xido%20de%20vanadio%20se,la%20producci%C3%B3n%20de%20imanes%20superconductores.&text=El%20sulfato%20de%20vanadio%20y,han%20usado%20en%20suplementos%20diet%C3%A9ticos](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs58.html#:~:text=El%20pent%C3%B3xido%20de%20vanadio%20se,la%20producci%C3%B3n%20de%20imanes%20superconductores.&text=El%20sulfato%20de%20vanadio%20y,han%20usado%20en%20suplementos%20diet%C3%A9ticos)

Río Seco: Procesadora Industrial. (2019). *Hoja de Datos de Seguridad del Material: Trióxido de azufre*. Obtenido de

[https://www.buenaventura.com/assets/uploads/hoja\\_de\\_datos\\_de\\_seguridad\\_del\\_material\\_hds\\_m/2019/HDSM\\_1568\\_TRIOXIDO%20DE%20AZUFRE.pdf](https://www.buenaventura.com/assets/uploads/hoja_de_datos_de_seguridad_del_material_hds_m/2019/HDSM_1568_TRIOXIDO%20DE%20AZUFRE.pdf)

Riso Engineering. (s.f.). *Filtration techniques*. Obtenido de

<https://m.indiamart.com/proddetail/horizontal-pressure-leaf-filter-molten-sulphur-filter-veg-oil-dewaxing-filter-19463189233.html>

Sapag, N., & Sapag, R. (1989). *Preparación y evaluación de proyectos*.

Secretaría de Políticas Universitarias. (2021). *Síntesis de Información Estadísticas Universitarias 2020-2021*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sintesis\\_2020-2021\\_sistema\\_universitario\\_argentino.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sintesis_2020-2021_sistema_universitario_argentino.pdf)

SensoTech. (2020). *Sulfuric acid production*. Obtenido de

[https://www.sensotech.com/fileadmin/sensotech/lsm/lsm200/LSM242\\_01\\_06.pdf](https://www.sensotech.com/fileadmin/sensotech/lsm/lsm200/LSM242_01_06.pdf)

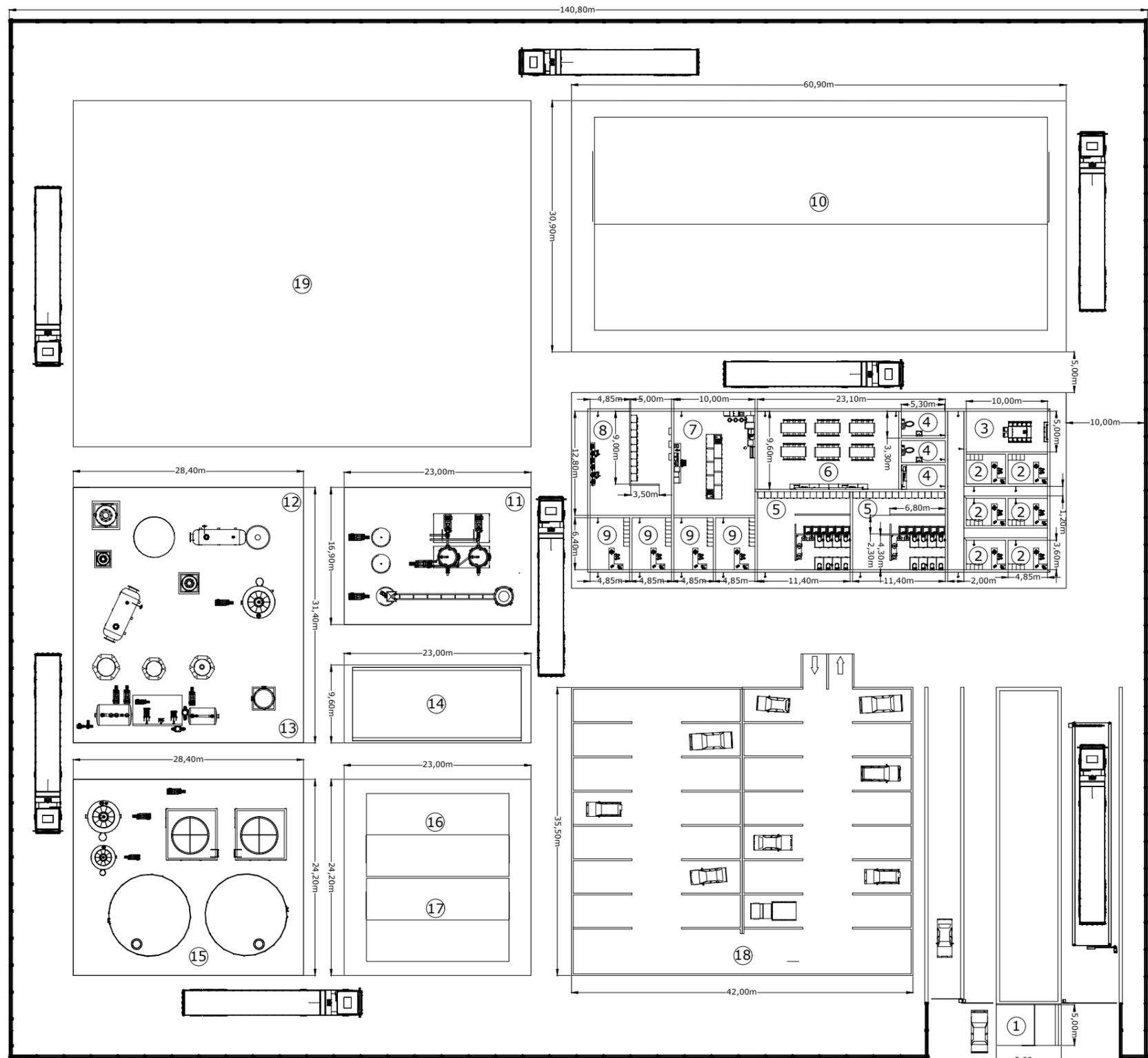
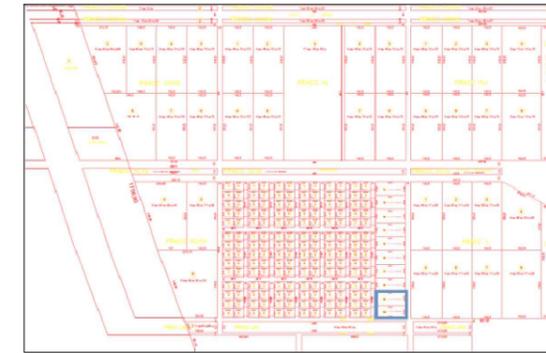
- 
- Sevas Educational Society. (2007). *Production of sulfuric acid*. Obtenido de VirtualPro:  
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/produccion-de-acido-sulfurico>
- Sharplex. (s.f.). *Filtro De Azufre Fundido*. Obtenido de <https://www.sharplex.com/spanish/molten-sulphur-filter.htm>
- Sharplex. (s.f.). *Filtro Vertical De Hojas De Presión*. Obtenido de  
<https://www.sharplex.com/spanish/vertical-pressure-leaf-filter.htm>
- Sitoran Technology Empresas. (2008). *Bombas AGP Sitoran*. Obtenido de  
[http://www.sitoran.com/wp-content/uploads/2015/07/CATALOGO\\_BOMBAS\\_AGP\\_SITORAN1.pdf](http://www.sitoran.com/wp-content/uploads/2015/07/CATALOGO_BOMBAS_AGP_SITORAN1.pdf)
- Skoog, D. A., West, D. M., Crouch, S. R., & Holler, F. (2014). *Fundamentos de química analítica* (Novena ed.).
- Smith, C., & Corripio, A. (1991). *Control Automático de Procesos. Teoría y Práctica* (1 ed.). Limusa.
- Spraying Systems CO. (s.f.). *Optimizad Spray Technology for Sulfuric Acid Production*. Obtenido de  
[https://www.spray.com/-/media/dam/industrial/usa/sales-material/product-market-bulletin/b760\\_sulfur\\_guns.pdf](https://www.spray.com/-/media/dam/industrial/usa/sales-material/product-market-bulletin/b760_sulfur_guns.pdf)
- SPX Cooling. (2 de Diciembre de 2022). *Torres de enfriamiento*. Obtenido de Froztec:  
<https://blog.froztec.com/que-es-una-torre-de-enfriamiento>
- Subasgar, K., & Otros. (2013). *Design of a plant to manufacture sulfuric acid from sulfur*.
- Sulfonation Technology. (s.f.). *Sulfur furnaces for SO3 production*. Obtenido de  
<https://www.iitsrl.it/sulfur-furnace>
- Sulphuric Acid on the Web. (s.f.). *Sulphur Systems - Sulphur Filtration*. Obtenido de  
<http://www.sulphuric-acid.com/techmanual/sulphur/filtration.htm>
- Sulphurnet. (s.f.). *Sulphur Melting and Purification*. Obtenido de <https://sulphurnet.com/sulphur-processing/>
- Tecsa. (31 de Octubre de 2019). *¿Qué es un transformador eléctrico y cómo funciona?* Obtenido de  
<https://www.tecsaqro.com.mx/blog/que-es-un-transformador-electrico/>
- Universidad Nacional del Litoral. (2018). *Resolución 159/2018*. Obtenido de  
<https://www.fiq.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/Res-159-18-Protocolo-duchas-lavaojos.pdf>
- Valero Santos, B. (2022). *Estudio del diseño del proceso de producción de ácido sulfúrico mediante el modelado*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/94180/fichero/TFG-4180+VALERO+SANTOS%2C+BEATRIZ.pdf>

- Vega. (s.f.). *Interruptor de nivel vibratorio para líquidos*. Obtenido de <https://www.google.com/url?q=https://www.vega.com/es/productos/catalogo-de-productos/interruptores-de-nivel/vibracion/vegaswing-61&sa=D&source=docs&ust=1694445123740443&usg=AOvVaw2261YmUeKZamq0IcxZ8cxZ>
- Vega. (s.f.). *Sensor TDR para la medición continua de nivel e interfase en líquidos*. Obtenido de <https://www.vega.com/es/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/radar-guiado/vegaflex-83>
- Vega. (s.f.). *Transmisor de presión con celda de medición cerámica*. Obtenido de <https://www.vega.com/es/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/hidrostatico/vegabar-82>
- Waisens. (s.f.). *Motor Trifásico 20hp*. Obtenido de [https://www.waisens.com.ar/MLA-1147680799-motor-trifasico-20hp-1500rpm-b3-con-patas-uso-continuo-\\_JM](https://www.waisens.com.ar/MLA-1147680799-motor-trifasico-20hp-1500rpm-b3-con-patas-uso-continuo-_JM)
- Waisens. (s.f.). *Motorreductor Trifásico 4 hp*. Obtenido de [https://www.waisens.com.ar/MLA-1363351621-motorreductor-trifasico-4hp-caja-110-125-60-rpm-\\_JM?gclid=CjwKCAjw\\_aemBhBLEiwAT98FMrafJsRECULQif0MZzSa17gVR8iK9sTilNgIaF6YZnCOW7bTYgSGJRoCbdMQAvD\\_BwE](https://www.waisens.com.ar/MLA-1363351621-motorreductor-trifasico-4hp-caja-110-125-60-rpm-_JM?gclid=CjwKCAjw_aemBhBLEiwAT98FMrafJsRECULQif0MZzSa17gVR8iK9sTilNgIaF6YZnCOW7bTYgSGJRoCbdMQAvD_BwE)
- Waisens. (s.f.). *Motorreductor Trifásico 7,5 hp*. Obtenido de [https://www.waisens.com.ar/MLA-1377978370-motorreductor-trifasico-75hp-caja-130-125-60rpm-6528nm-\\_JM#position=12&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=effd2d10-eb05-4ec8-bad9-486e89e55856](https://www.waisens.com.ar/MLA-1377978370-motorreductor-trifasico-75hp-caja-130-125-60rpm-6528nm-_JM#position=12&search_layout=stack&type=item&tracking_id=effd2d10-eb05-4ec8-bad9-486e89e55856)
- WEISZ. (s.f.). *Sensor de temperatura*. Obtenido de <https://www.weisz.com/wp-content/uploads/2022/07/PT-100v3.pdf>

# **ANEXO**

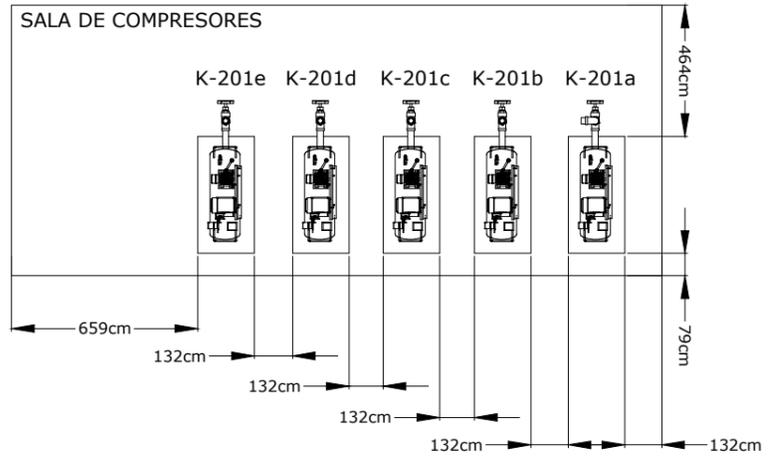
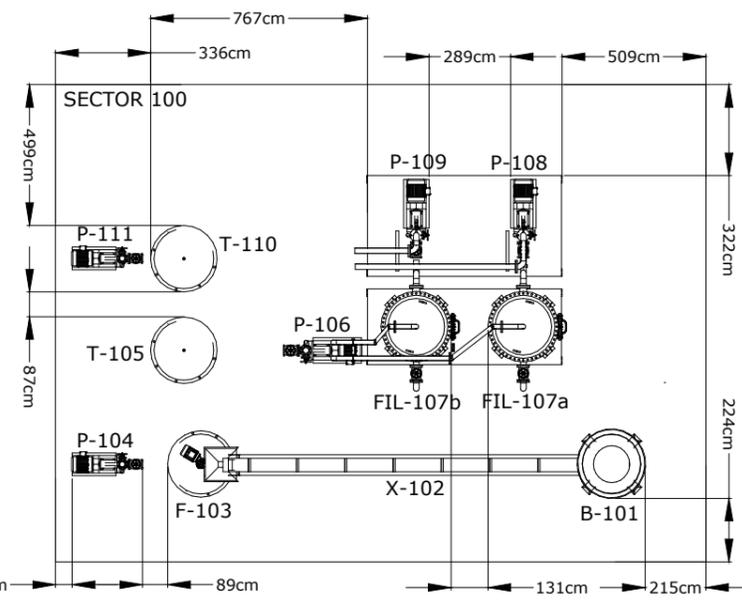
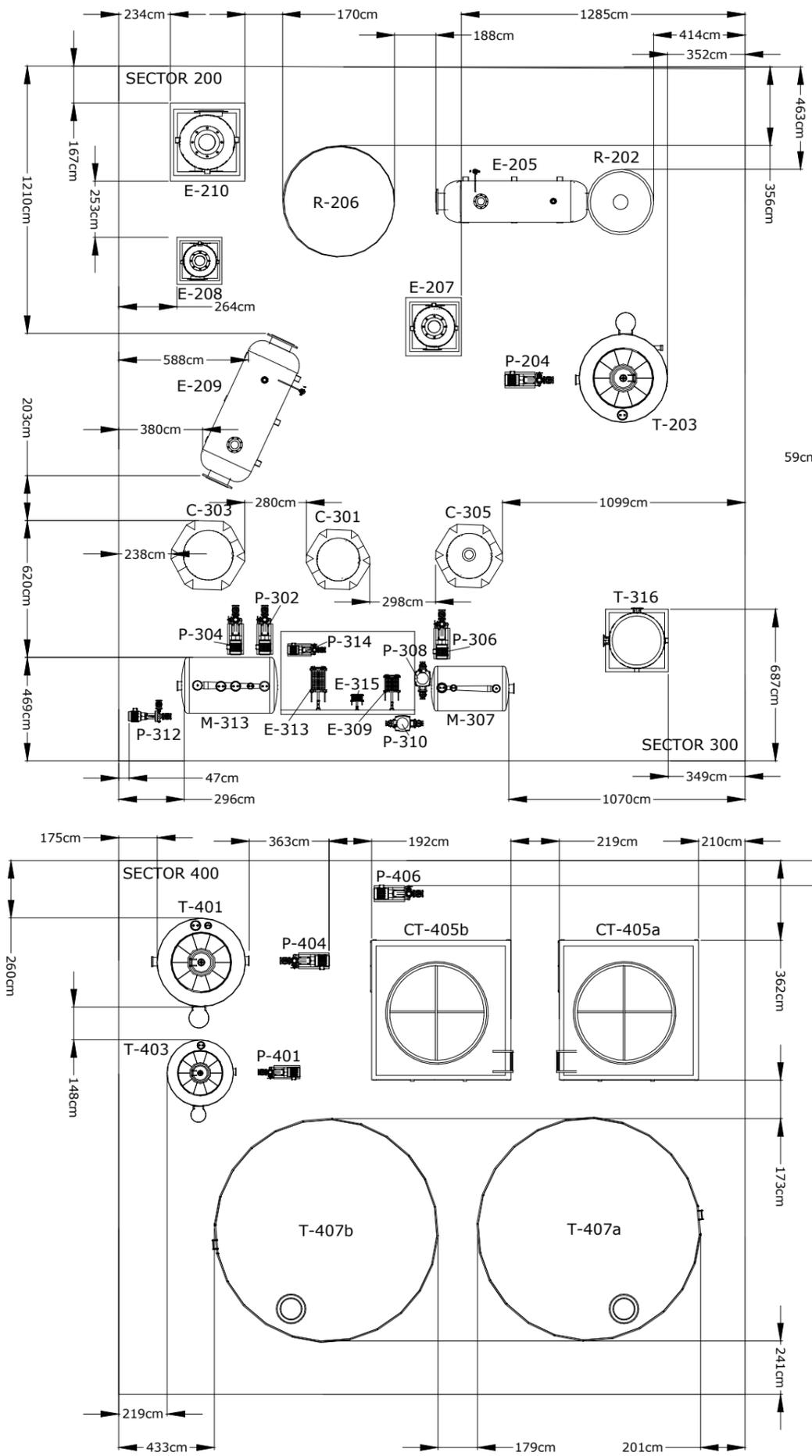
# **PLANOS**

Parque Industrial Comirsa Pymes II  
San Nicolas de los Arroyos, provincia de Buenos Aires.



Referencias	
①	Portería
②	Oficinas de administración
③	Sala de reunión
④	Baños y cocina de administración
⑤	Baños y vestuarios
⑥	Comedor
⑦	Laboratorio
⑧	Puesto de control
⑨	Oficinas 1,2,3 y 4
⑩	Almacén de azufre
⑪	Sector de fundición de azufre
⑫	Sector de reacción catalítica
⑬	Sector de absorción reactiva
⑭	Sala de compresores
⑮	Almacenamiento de producto terminado
⑯	Taller de mantenimiento
⑰	Depósitos
⑱	Estacionamiento
⑲	Zona de ampliación

<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	<b>Nº DE PLANO 1</b>
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Escala	Norma	Título	
1:600		Distribución General	



Referencias	
<b>Sector 100</b>	
B-101	Tolva de almacenamiento
X-102	Cinta transportadora de azufre sólido
F-103	Horno de fundición de azufre
P-104	Bomba
T-105	Tanque pulmón
P-106	Bomba
FIL-107	Filtro de azufre fundido
P-108	Bomba
P-109	Bomba
T-110	Tanque pulmón
P-111	Bomba
<b>Sector 200</b>	
K-201	Compresor de aire
R-202	Reactor de combustión
T-203	Tanque pulmón
P-204	Bomba
E-205	Intercambiador de calor
R-206	Reactor catalítico
E-207	Intercambiador de calor
E-208	Intercambiador de calor
E-209	Intercambiador de calor
E-210	Intercambiador de calor
<b>Sector 300</b>	
C-301	Torre de secado
P-302	Bomba
C-303	Torre de absorción intermedia
P-304	Bomba
C-305	Torre de absorción final
P-306	Bomba
M-307	Mezclador
P-308	Bomba
E-309	Intercambiador de calor
P-310	Bomba
M-311	Mezclador
P-312	Bomba
E-313	Intercambiador de calor
P-314	Bomba
E-315	Intercambiador de calor
T-316	Tanque pulmón
<b>Sector 400</b>	
T-401	Tanque pulmón
P-402	Bomba
T-403	Tanque pulmón
P-404	Bomba
CT-405	Torre de enfriamiento
P-406	Bomba
T-407	Tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico 98,5% p/p

Macellari-Martinez-Rosso		Dibujado		Aprobado		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	
Firma							
Escala	Norma	Título	Nº DE PLANO				
1:250			<b>Distribución de Equipos</b> <b>2-a</b>				

Equipo	Materiales
B-101	Acero al carbono
X-102	Nylon bajo la codificación NF 800/3-5
F-103	Acero al carbono recubierto de ladrillos refractarios
P-104	Acero inoxidable
T-105	Acero al carbono
P-106	Acero inoxidable
FIL-107	Acero al carbono con hojas de acero inoxidable
P-108	Acero inoxidable
P-109	Acero inoxidable
T-110	Acero al carbono
P-111	Acero inoxidable
K-201	Acero al carbono
R-202	Acero al carbono con revestimiento de ladrillos refractarios
T-203	Acero al carbono
P-204	Acero inoxidable
E-205	Acero al carbono
R-206	Acero al carbono con recubrimiento de ladrillos refractarios
E-207	Acero al carbono
E-208	Acero al carbono
E-209	Acero al carbono
E-210	Acero al carbono
C-301	Acero inoxidable con recubrimiento de ladrillos refractarios
P-302	Acero inoxidable
C-303	Acero inoxidable con recubrimiento de ladrillos refractarios
P-304	Acero inoxidable
C-305	Acero inoxidable con recubrimiento de ladrillos refractarios
P-306	Acero inoxidable
M-307	Acero inoxidable
P-308	Acero inoxidable
E-309	Acero inoxidable
P-310	Acero inoxidable
M-311	Acero inoxidable
P-312	Acero inoxidable
E-313	Acero inoxidable
P-314	Acero inoxidable
E-315	Acero inoxidable
T-316	Acero al carbono
T-401	Acero al carbono
P-402	Acero inoxidable
T-403	Acero al carbono
P-404	Acero inoxidable
CT-405	Fibra de vidrio
P-406	Acero inoxidable
T-407	Acero al carbono

Detalles constructivos		
Equipo	Diámetro [m]	Altura [m]
B-101	1,70	2,62
F-103	2,10	3,43
T-105	3,00	6,61
FIL-107	1,10	2,80
T-110	3,00	6,61
R-202	3,00	6,61
T-203	4,00	5,00
R-206	5,00	14,00
C-301	1,90	4,00
C-303	2,20	7,00
C-305	2,00	6,00
M-307	2,50	4,01
M-311	3,00	5,01
T-316	2,50	3,51
T-401	3,00	4,00
T-403	4,00	5,00
T-407	10,00	10,00

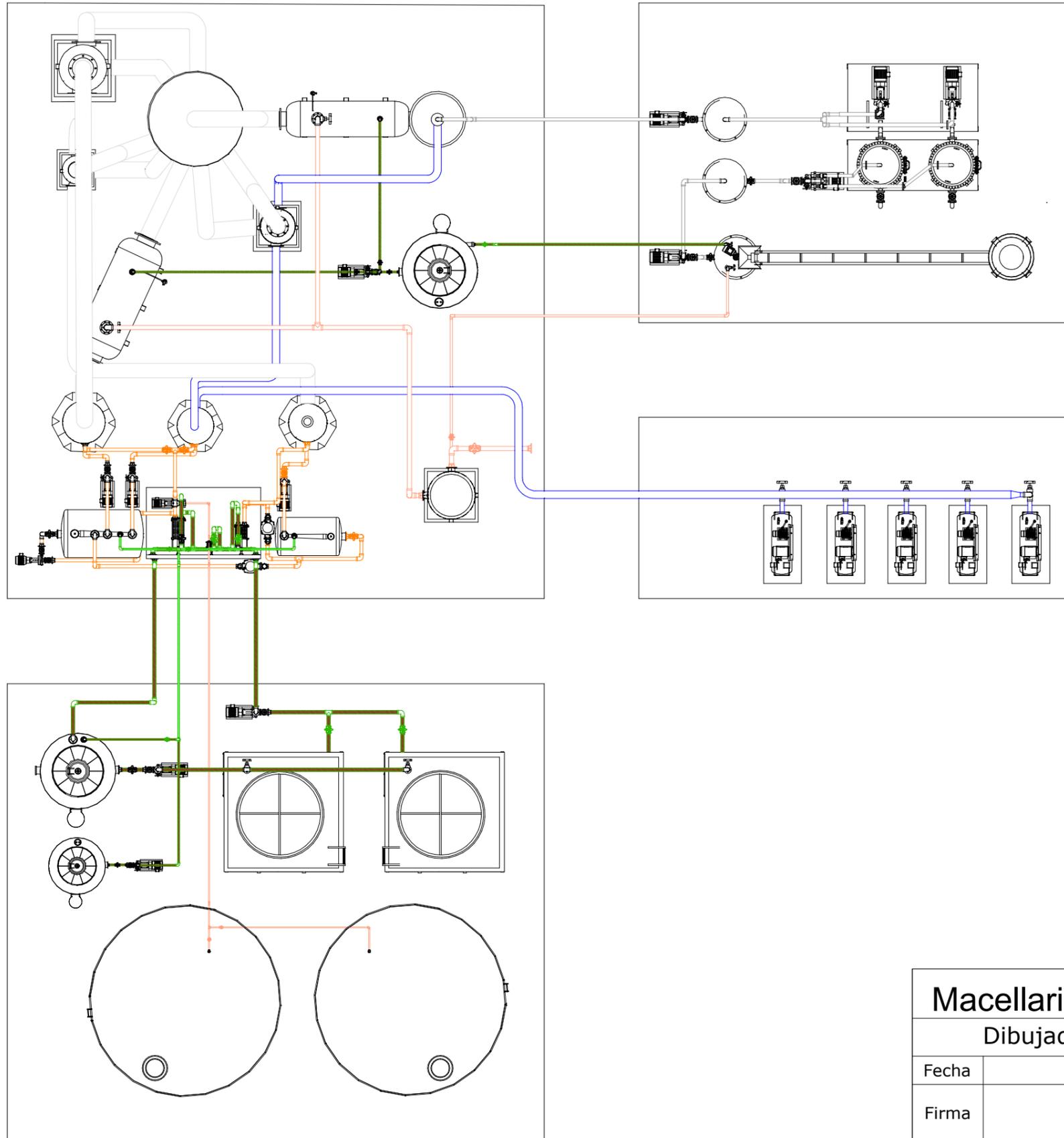
Especificaciones de bombas	
Equipo	Potencia [hp]
P-104	1,50
P-106	3,00
P-108	1,50
P-109	1,50
P-111	1,50
P-204	15,00
P-302	5,50
P-304	10,00
P-306	5,50
P-308	5,50
P-310	1,50
P-312	15,00
P-314	1,50
P-402	1,50
P-404	15,00
P-406	15,00

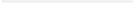
Detalles constructivos			
Equipo	Ancho [m]	Altura [m]	Largo [m]
X-102	0,40	4,50	13,16
K-201	2,00	2,34	3,43
CT-405	6,05	5,89	3,90

Detalles constructivos de intercambiadores de casco y tubo			
Equipo	Diámetro carcasa [m]	Largo tubos [m]	Nº de tubos
E-205	2,00	5,00	660
E-207	1,80	2,50	800
E-208	1,50	2,00	550
E-209	2,50	5,00	1.000
E-210	2,50	2,80	1.400

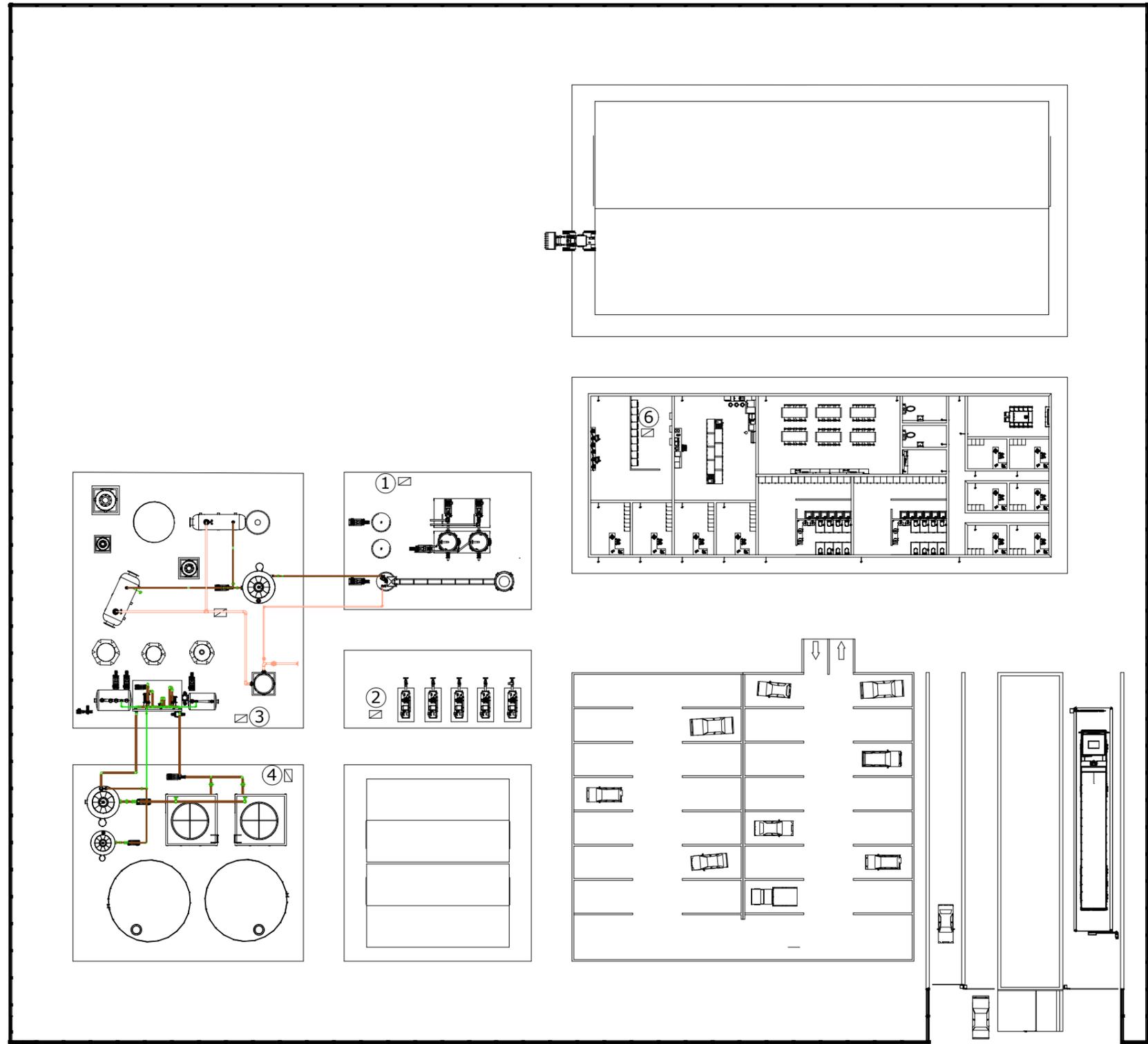
Detalles constructivos de intercambiadores de placas				
Equipo	Nº de placas	Altura [m]	Ancho [m]	Espesor [mm]
E-309	60	1,89	0,61	0,50
E-313	120	1,89	0,61	0,50
E-315	50	1,08	0,47	0,50

Macellari-Martinez-Rosso		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
					Dibujado	
Fecha						
Firma						
Escala	Norma	Título		Nº DE PLANO		
1:50		Distribución de Equipos (Tablas)		2-b		



Referencias	
Color de cañerías	
	Aire comprimido
	Agua de proceso
	Agua de enfriamiento
	Ácido sulfúrico
	Vapor
	Azufre
	Gases de proceso

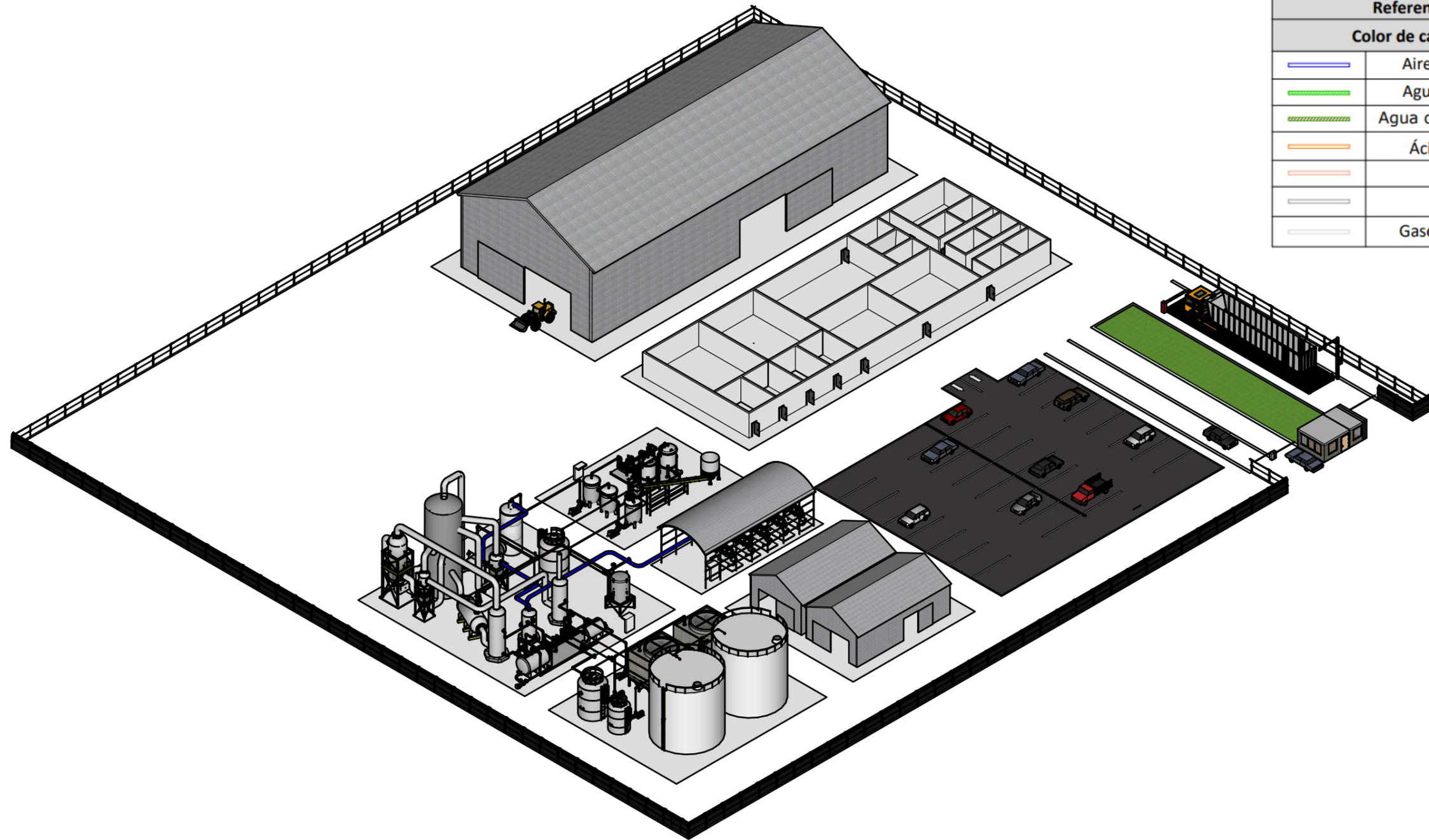
<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	<b>Nº DE PLANO 3</b>
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Escala 1:250	Norma 	Título Distribución de Cañerías	



Referencias	
Color de cañerías	
	Agua de proceso
	Agua de enfriamiento
	Vapor
	Tablero eléctrico

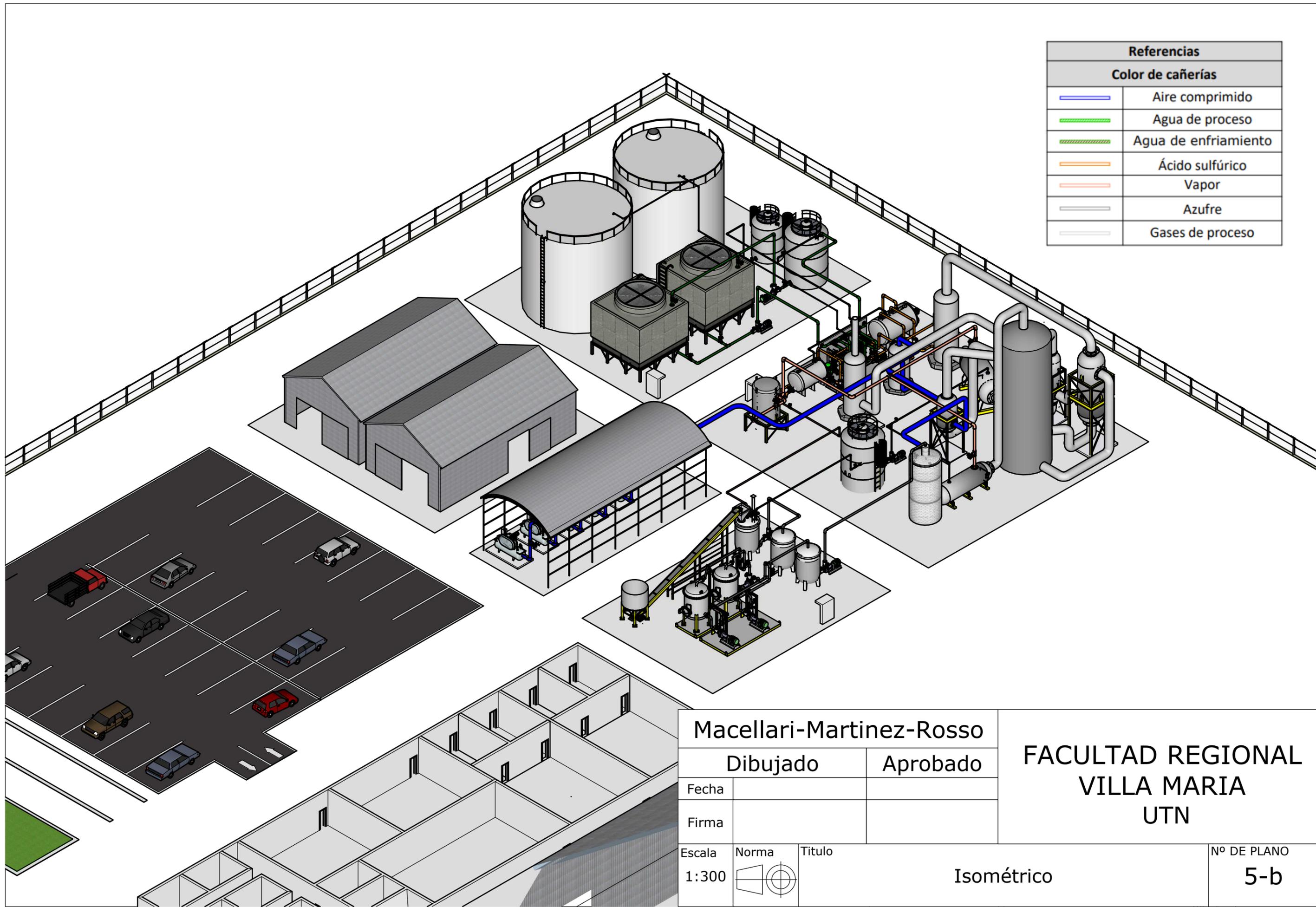
Referencias	
Tablero 1	
X-102	Cinta transportadora de azufre sólido
F-103	Horno de fundición de azufre
P-104	Bomba
P-106	Bomba
P-108	Bomba
P-109	Bomba
P-111	Bomba
Tablero 2	
P-204	Bomba
Tablero 3	
P-302	Bomba
P-304	Bomba
P-306	Bomba
M-307	Mezclador
P-308	Bomba
P-310	Bomba
M-311	Mezclador
P-312	Bomba
P-314	Bomba
Tablero 4	
P-402	Bomba
P-404	Bomba
CT-405	Torre de enfriamiento
P-406	Bomba
Tablero 5	
K-201	Compresor de aire
Tablero 6	
Tablero general	

Macellari-Martinez-Rosso			<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>
Dibujado		Aprobado	
Fecha			
Firma			
Escala	Norma	Título	Nº DE PLANO
1:600		Servicios auxiliares e instalaciones eléctricas	



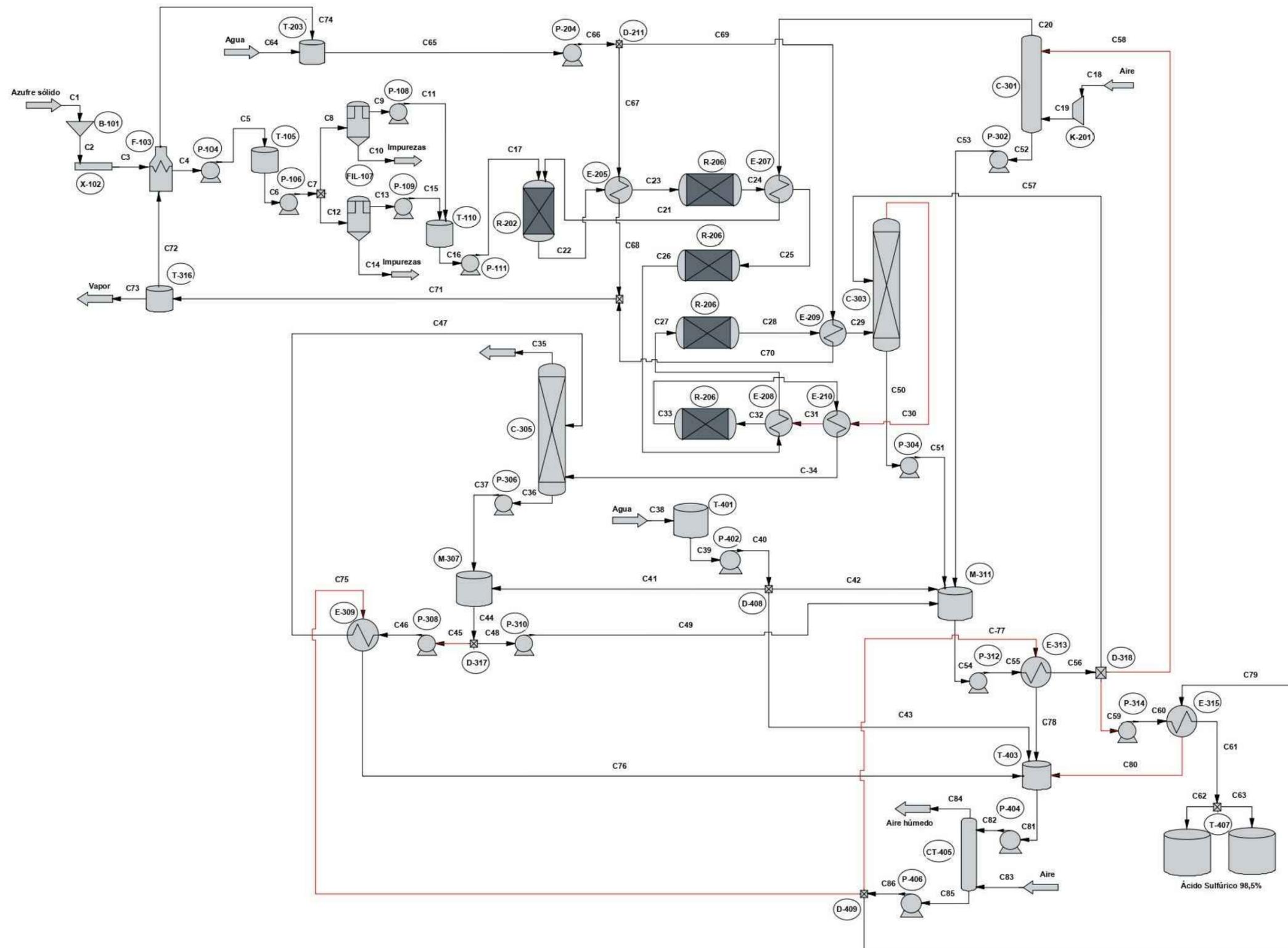
Referencias	
Color de cañerías	
	Aire comprimido
	Agua de proceso
	Agua de enfriamiento
	Ácido sulfúrico
	Vapor
	Azufre
	Gases de proceso

Macellari-Martinez-Rosso		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Escala	Norma	Titulo
1:600		Isométrico
		Nº DE PLANO
		5-a



Referencias	
Color de cañerías	
	Aire comprimido
	Agua de proceso
	Agua de enfriamiento
	Ácido sulfúrico
	Vapor
	Azufre
	Gases de proceso

Macellari-Martinez-Rosso			FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN
Dibujado		Aprobado	
Fecha			
Firma			
Escala	Norma	Titulo	Nº DE PLANO
1:300		Isométrico	5-b



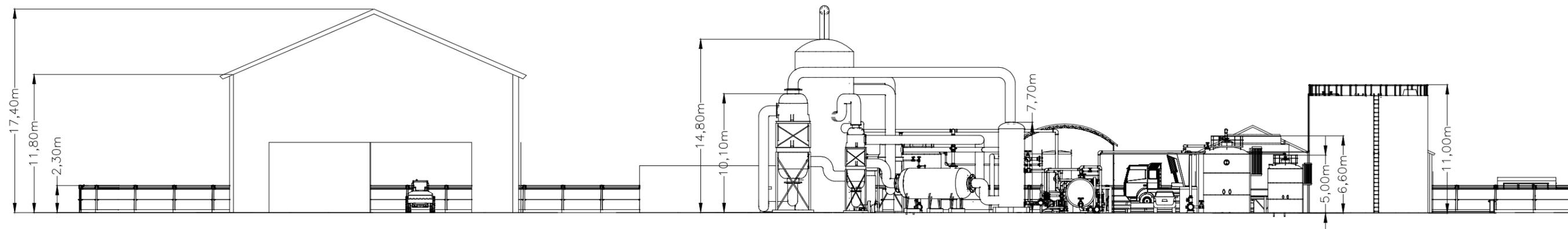
<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	<b>Nº DE PLANO 6-a</b>
Dibujado	Aprobado		
Fecha	Firma		
Escala 1:500	Norma 	Título <b>Flowsheet</b>	

Corriente	Descripción	Caudal [kg/h]	Temperatura [°C]	Presión [bar]
C1	Azufre sólido	5.406,70	23,00	1,01
C2	Azufre sólido	5.406,70	23,00	1,01
C3	Azufre sólido	5.406,70	23,00	1,01
C4	Azufre fundido	5.406,70	140,00	1,01
C5	Azufre fundido	5.406,70	140,00	1,36
C6	Azufre fundido	5.406,70	140,00	1,01
C7	Azufre fundido	5.406,70	140,00	4,00
C8	Azufre fundido	5.406,70	140,00	4,00
C9	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C10	Impurezas	26,70	140,00	4,00
C11	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C12	Azufre fundido	5.406,70	140,00	4,00
C13	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C14	Impurezas	26,70	140,00	4,00
C15	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C16	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C17	Azufre fundido filtrado	5.380,00	140,00	4,00
C18	Aire	40.735,20	27,00	1,01
C19	Aire	40.735,20	68,40	1,42
C20	Aire seco	40.362,40	64,95	1,36
C21	Aire seco	40.362,40	289,10	1,36
C22	Dióxido de azufre	45.742,40	1.266,10	1,35
C23	Dióxido de azufre	45.742,40	420,00	1,35
C24	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	623,40	1,27
C25	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	430,00	1,25
C26	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	512,20	1,24
C27	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	437,70	1,21
C28	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	468,70	1,20
C29	Dióxido y trióxido de azufre	45.742,40	200,00	1,18
C30	Dióxido y trióxido de azufre	33.305,40	65,30	1,13
C31	Dióxido y trióxido de azufre	33.305,40	320,70	1,12
C32	Dióxido y trióxido de azufre	33.305,40	420,00	1,11
C33	Trióxido de azufre	33.305,40	449,50	1,11
C34	Trióxido de azufre	33.305,40	200,00	1,11
C35	Gases de cola	32.267,40	60,00	1,03
C36	Ácido sulfúrico 98,62% p/p	307.038,00	73,20	1,11
C37	Ácido sulfúrico 98,62% p/p	307.038,00	73,20	1,11
C38	Agua	13.343,00	25,00	1,01
C39	Agua	13.343,00	25,00	1,01
C40	Agua	13.343,00	25,00	1,01
C41	Agua	252,00	25,00	1,01
C42	Agua	2.601,00	25,00	1,01
C43	Agua	10.490,00	25,00	1,01
C44	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	307.290,00	73,10	1,00
C45	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	306.000,00	73,10	1,10
C46	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	306.000,00	73,10	1,10
C47	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	306.000,00	60,00	1,04
C48	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	1.290,00	73,10	1,10
C49	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	1.290,00	73,10	1,10
C50	Ácido sulfúrico 99,20% p/p	412.437,00	100,20	1,18
C51	Ácido sulfúrico 99,20% p/p	412.437,00	100,20	1,18
C52	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	160.372,80	69,50	1,36
C53	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	160.372,80	69,50	1,36
C54	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	576.700,80	90,70	1,00
C55	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	576.700,80	90,70	1,51
C56	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	576.700,80	65,00	1,37
C57	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	400.000,00	65,00	1,37
C58	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	160.000,00	65,00	1,37
C59	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	16.700,80	65,00	1,37
C60	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	16.700,80	65,00	1,37
C61	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	16.700,80	30,00	1,31
C62	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	16.700,80	30,00	1,31
C63	Ácido sulfúrico 98,5% p/p	16.700,80	30,00	1,31
C64	Agua	20.221,60	25,00	1,01
C65	Agua	20.788,90	28,70	1,01
C66	Agua	20.788,90	28,70	6,00
C67	Agua	16.117,30	28,80	6,00
C68	Vapor	16.117,30	159,60	5,97
C69	Agua	4.671,60	28,80	6,00
C70	Vapor	4.671,60	159,70	5,97
C71	Vapor	20.788,90	159,70	5,97
C72	Vapor	567,30	159,60	5,97
C73	Vapor	20.221,60	159,60	5,97
C74	Agua	567,30	158,30	5,97
C75	Agua	97.359,40	25,00	1,10
C76	Agua	97.359,40	40,00	1,00
C77	Agua	364.273,90	25,00	1,10
C78	Agua	364.273,90	40,00	1,00
C79	Agua	13.924,60	25,00	1,10
C80	Agua	13.924,60	40,00	1,00
C81	Agua	486.047,90	40,00	1,01
C82	Agua	486.047,90	40,00	1,01
C83	Aire	255.000,00	27,00	1,00
C84	Aire húmedo	265.490,00	39,30	1,00
C85	Agua	475.557,90	25,40	1,01
C86	Agua	475.557,90	25,40	1,10

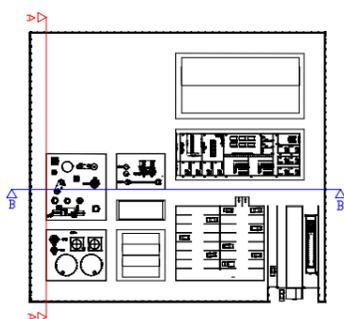
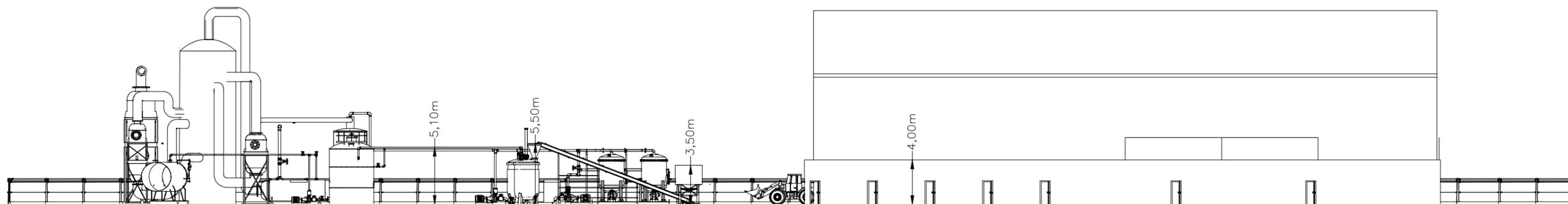
Referencias	
<b>Sector 100</b>	
B-101	Tolva de almacenamiento
X-102	Cinta transportadora de azufre sólido
F-103	Horno de fundición de azufre
P-104	Bomba
T-105	Tanque pulmón
P-106	Bomba
FIL-107	Filtro de azufre fundido
P-108	Bomba
P-109	Bomba
T-110	Tanque pulmón
P-111	Bomba
<b>Sector 200</b>	
K-201	Compresor de aire
R-202	Reactor de combustión
T-203	Tanque pulmón
P-204	Bomba
E-205	Intercambiador de calor
R-206	Reactor catalítico
E-207	Intercambiador de calor
E-208	Intercambiador de calor
E-209	Intercambiador de calor
E-210	Intercambiador de calor
D-211	Divisor
<b>Sector 300</b>	
C-301	Torre de secado
P-302	Bomba
C-303	Torre de absorción intermedia
P-304	Bomba
C-305	Torre de absorción final
P-306	Bomba
M-307	Mezclador
P-308	Bomba
E-309	Intercambiador de calor
P-310	Bomba
M-311	Mezclador
P-312	Bomba
E-313	Intercambiador de calor
P-314	Bomba
E-315	Intercambiador de calor
T-316	Tanque pulmón
D-317	Divisor
D-318	Divisor
<b>Sector 400</b>	
T-401	Tanque pulmón
P-402	Bomba
T-403	Tanque pulmón
P-404	Bomba
CT-405	Torre de enfriamiento
P-406	Bomba
T-407	Tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico 98,5% p/p
D-408	Divisor
D-409	Divisor

Macellari-Martinez-Rosso		Dibujado		Aprobado		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	
Firma							
Escala	Norma	Título	Nº DE PLANO				
1:500		Flowsheet (Tablas)	6-b				

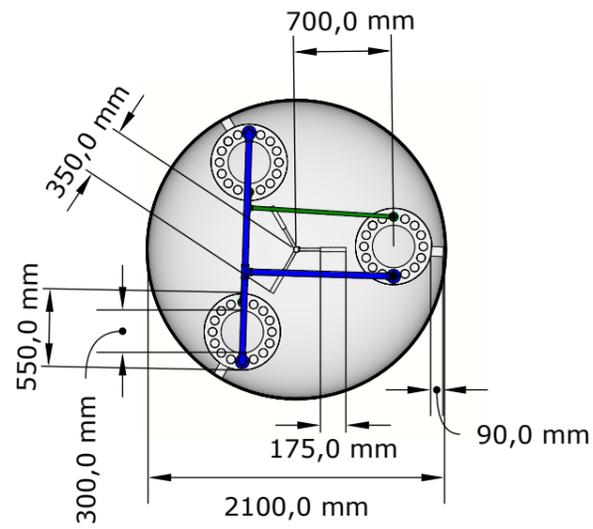
# CORTE A.-A



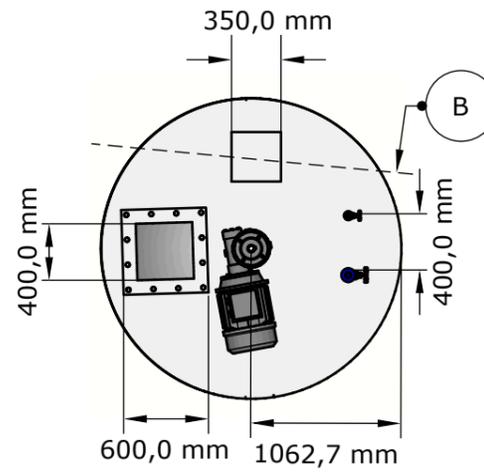
# CORTE B-B



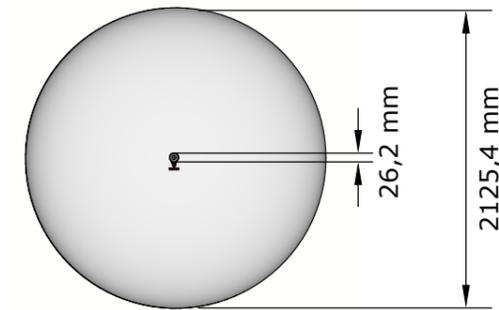
<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>			FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN	Nº DE PLANO <b>7</b>
Dibujado	Aprobado			
Fecha				
Firma				
Escala 1:350	Norma 	Título	Cortes de Planta	



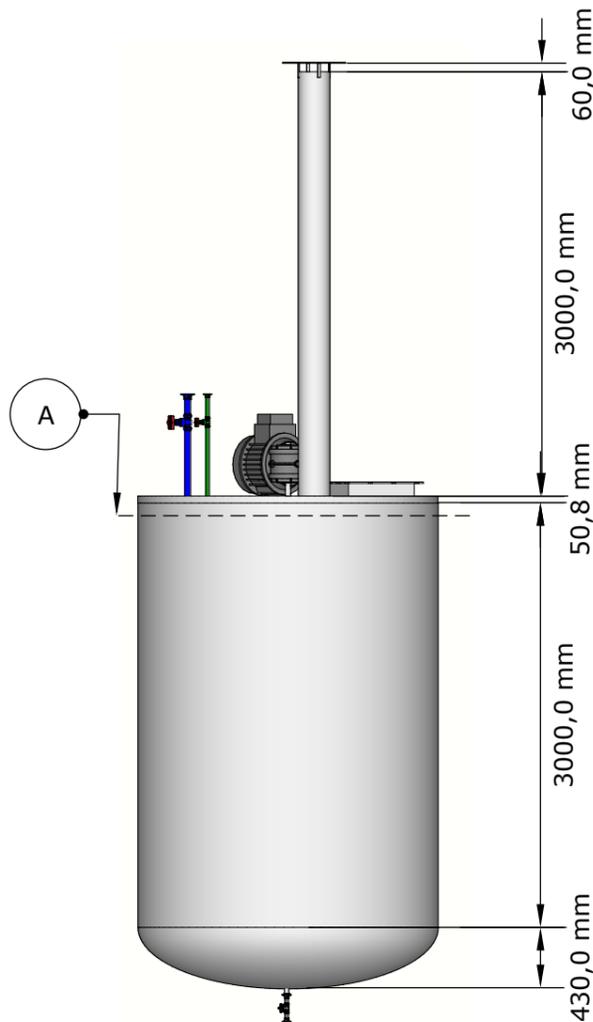
Corte A



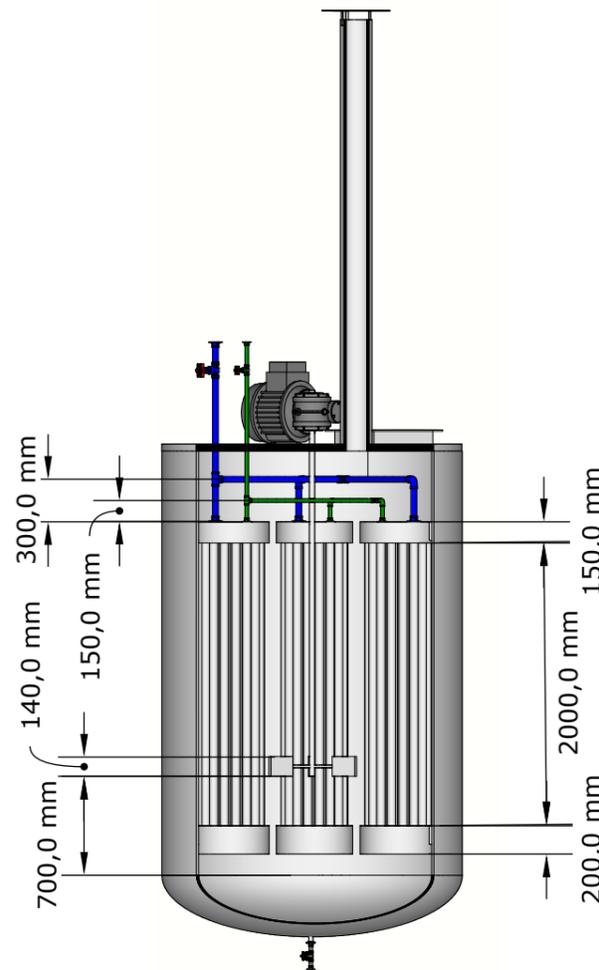
Vista superior



Vista inferior



Vista lateral

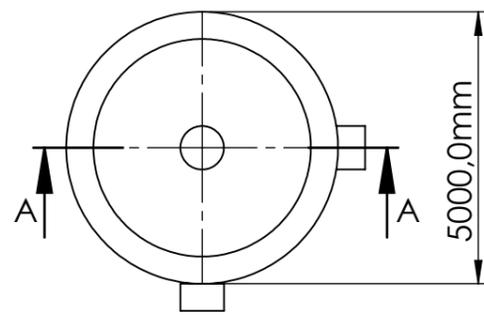


Corte B

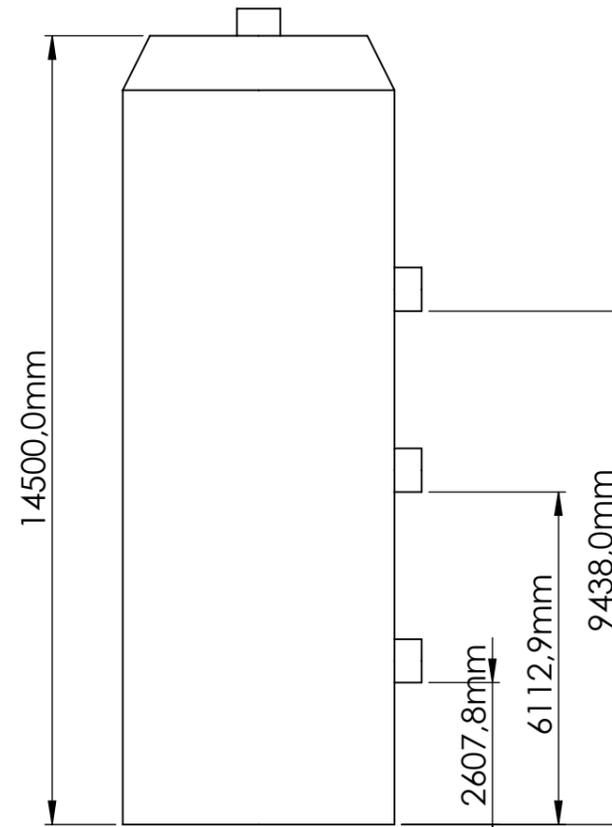
LISTADO DE MATERIALES			
	Cantidad	Material	Detalles constructivos
Tubos intercambiador de calor	48	Acero al carbono	Diámetro exterior = 60,45 mm Espesor de pared = 5,60 mm
Agitador	1	Acero al carbono	Longitud del eje = 2700mm
Carcasa	1	Acero al carbono	Espesor = 12,7 mm
Tapa	1	Acero al carbono	Diámetro = 2125,4 mm Espesor = 50,8 mm
Chimenea	1	Acero al carbono	Diámetro = 200 mm Espesor = 12,7 mm

CONEXIONES			
	Caudal (kg/hr)	Componente	Detalles constructivos
1	5406,7	Azufre sólido	Cuadrado de 400mm de lado
2	567,3	Vapor	Diámetro = 32,5 mm
3	567,3	Agua	Diámetro = 7,2 mm
4	5406,7	Azufe fundido	Diámetro = 26,2 mm

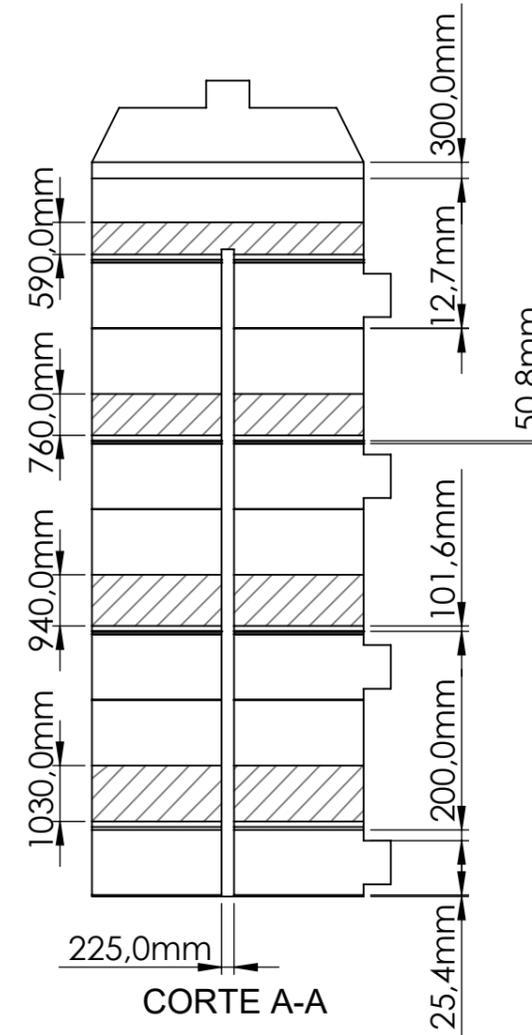
<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma		<b>Horno de fundición F-103</b>	
Escala	Norma		
1:50		<b>Nº DE PLANO</b>	
		<b>8</b>	



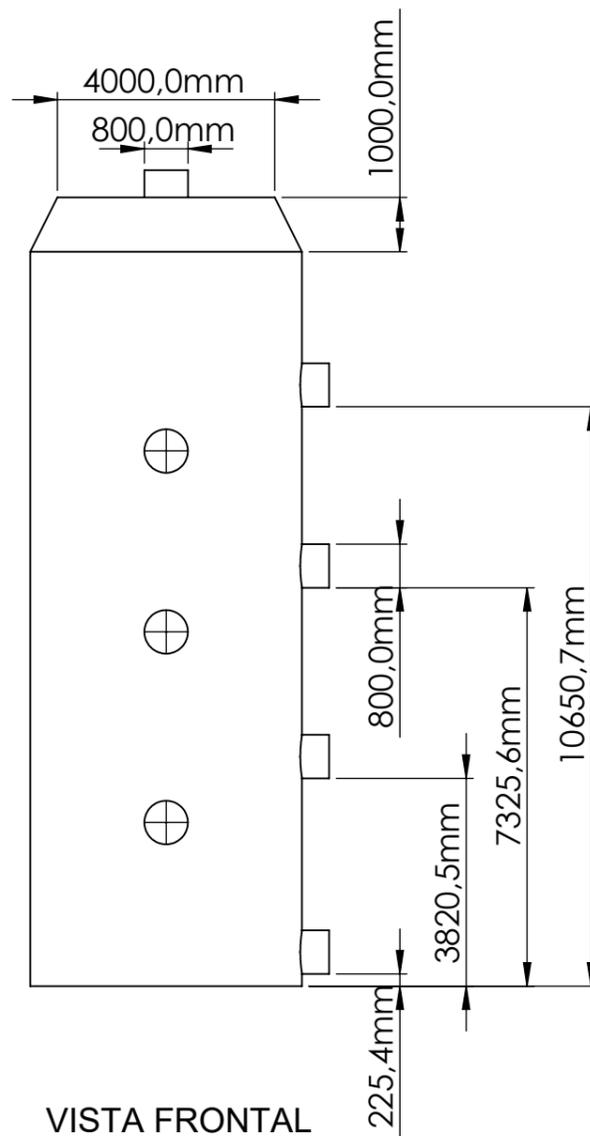
VISTA SUPERIOR



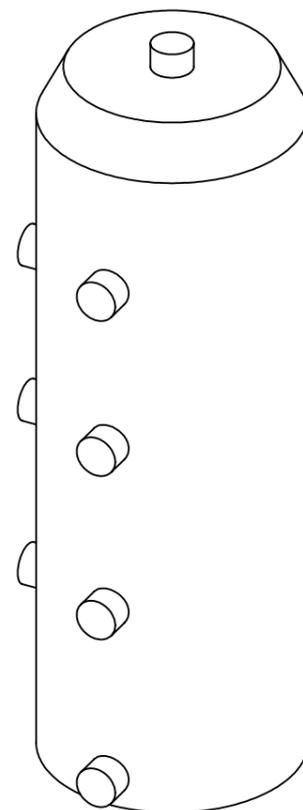
VISTA LATERAL DERECHA



CORTE A-A

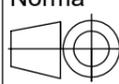


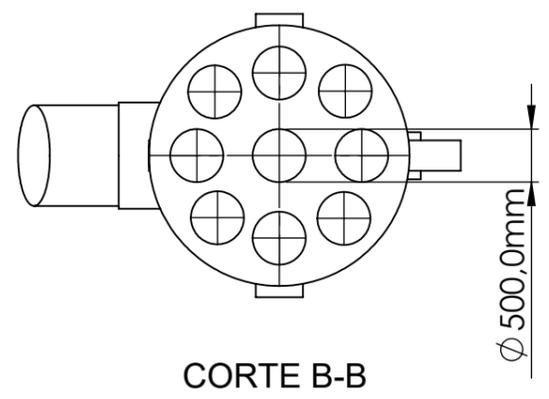
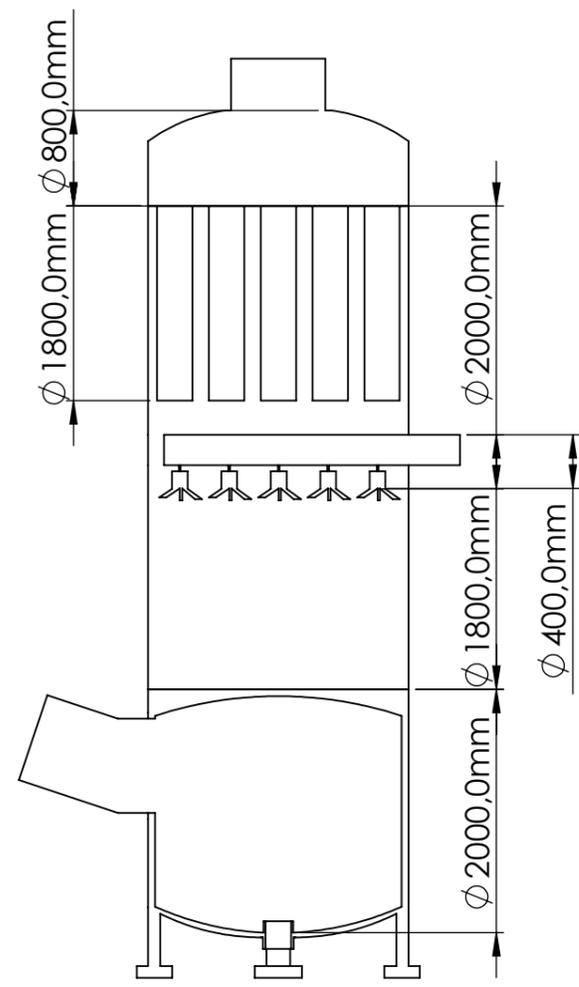
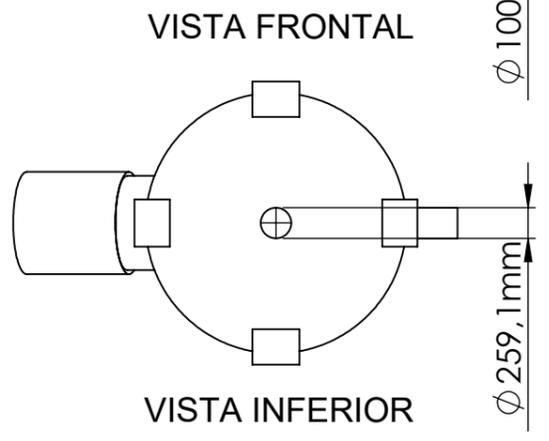
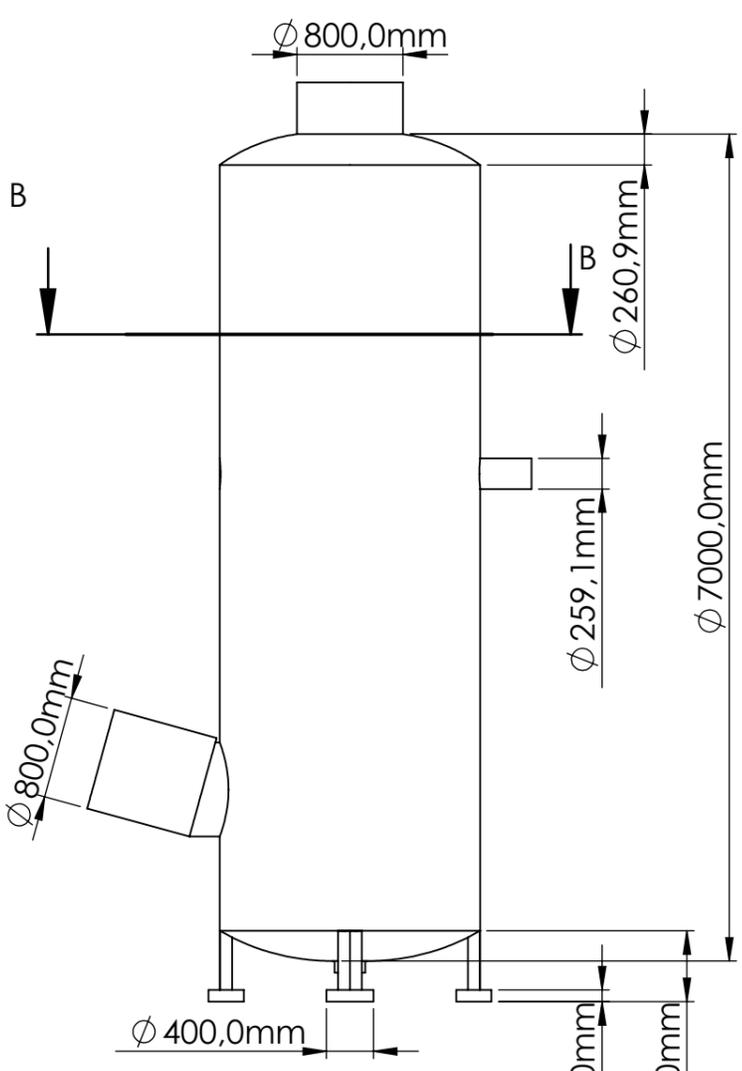
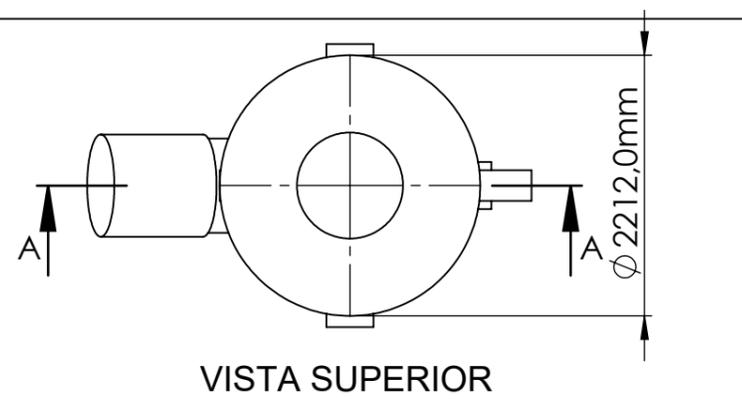
VISTA FRONTAL



VISTA ISOMETRICA

ESPECIFICACIONES		
Material	Acero al carbono con recubrimiento de ladrillos refractarios	
Diámetro [mm]	5.000	
Altura [mm]	14.500	
Altura de los lechos catalíticos [mm]	Lecho N°1	590
	Lecho N°2	760
	Lecho N°3	940
	Lecho N°4	1030
Catalizador		
Material	7,5-8,5%p/p de óxido de vanadio 18-23%p/p de sulfato de potasio 65-75%p/p de óxido de silicio	
Tipo	Star ring (cinco solapas)	
Diámetro interior [mm]	4	
Diámetro exterior [mm]	11	
Longitud [mm]	10-15	
Densidad aparente [kg/m <sup>3</sup> ]	500-600	
Masa [kg]	36.891	

<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>		<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>
Dibujado	Aprobado	
Fecha	Firma	
Escala	Titulo	
1:130		<b>Reactor Catalítico R-206</b>
		N° DE PLANO <b>9</b>



ESPECIFICACIONES		
Material	Acero inoxidable con recubrimiento de ladrillos refractarios	
Tipo de torre	Empacada	
Diámetro [mm]	2.200	
Altura [mm]	Sección superior	800
	Sección de eliminación de niebla	2.400
	Sección de relleno	1.800
	Sección inferior	2.000
	Total	7.000
Relleno		
Material	Cerámica	
Tipo	Intalox Saddles	
Tamaño [mm]	76,2	
Masa de catalizador [kg]	3.626	
dP [mbar]	38,42	
Factor de inundación [%]	72,23	
Eliminador de niebla		
Material	Fibra de vidrio con estructura de soporte metálico	
Diámetro de las velas [mm]	500	
Altura de las velas [mm]	1.800	
Número de velas	9	

<b>Macellari-Martinez-Rosso</b>			<b>FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN</b>
Dibujado		Aprobado	
Fecha			
Firma			
Escala	Norma	Titulo	N° DE PLANO
1:130		Torre de Absorción C-303	