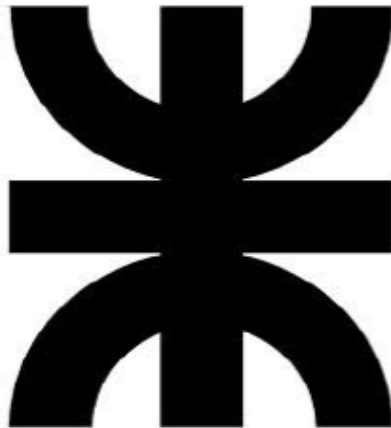


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María



**PRODUCCION DE METOXIDO DE
SODIO A PARTIR DE METANOL**

**PROYECTO FINAL PARA OBTENER EL GRADO EN
INGENIERÍA QUÍMICA**

ARISTIMUÑO, Araceli
STROZZI, María Belén
VOTTERO, Tomás Jesús

Año 2019

Firma de los alumnos:

Apellido y Nombres:

Apellido y Nombres:

Apellido y Nombres:

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:

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras familias, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas.

A nuestros amigos por el apoyo incondicional a través de estos años.

A nuestra querida UTN Facultad Regional Villa María por habernos recibido y brindarnos a extraordinarios docentes para formarnos como futuros profesionales, no solo nos transmitieron sus valiosos conocimientos sino también principios y valores que hoy forman parte de nuestras vidas. Hacemos mención especial al Ingeniero Rubén Baccifava, quien nos ayudó y guió en todo momento con nuestro proyecto final de grado, depositando toda su confianza en nosotros, gracias a Él fue que formamos este hermoso grupo de trabajo.

Finalmente, queremos brindar nuestro agradecimiento a Dios por habernos guiado e iluminado en nuestro camino y permitir que hoy alcancemos uno de los mayores logros de nuestras vidas, ser ingenieros. Gracias a la vida por este nuevo triunfo.

Queremos dedicar la realización de este proyecto final especialmente a Constanza, Paulina y Joaquín, hijos de Araceli, a Perla, sobrina de Belén, a Milena y Emilia, sobrinas de Tomás y a su ahijado Agustín. Para que tengan siempre presente que no existen imposibles, que con esfuerzo y dedicación los sueños se cumplen sin importar las circunstancias de la vida.

También, para María Alejandra Rinaudo y Eliana Moitre, a quienes se las guarda y ennoblece en la memoria.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

INDICE

CAPÍTULO N°1.....	13
OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	13
1.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	14
1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	14
CAPÍTULO N°2.....	16
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, PROPIEDADES Y USOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	16
2.1 INTRODUCCIÓN	17
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	17
2.2.1 Definición	17
2.2.2 Propiedades	18
2.2.3 Aplicaciones	18
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	19
2.3.1 Metanol	19
2.3.1.1 Definición	19
2.3.1.2 Propiedades.....	20
2.3.1.3 Aplicaciones.....	20
2.3.2 Hidróxido de sodio.....	21
2.3.2.1 Definición	21
2.3.2.2 Propiedades.....	21
2.3.2.3 Aplicaciones.....	22
CAPÍTULO N°3.....	23
ESTUDIO DE MERCADO.....	23
3.1 INTRODUCCIÓN	24
3.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE METÓXIDO DE SODIO.....	24
3.2.1 Principales empresas productoras de Metóxido de Sodio a escala Global	25
3.2.2 BASF y EVONIK líderes mundiales con presencia en Sudamérica	25
3.3 DEMANDA MUNDIAL DE METÓXIDO DE SODIO	25
3.3.1 Demanda Sudamericana de Metóxido de Sodio	26
3.3.1.1 Brasil.....	26
3.3.1.2 Colombia.....	27

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.3.1.3 Uruguay	28
3.4 PRODUCCIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO	28
3.5 IMPORTACIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO.....	30
3.6 EXPORTACIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO.....	31
3.7 CONSUMO APARENTE DE METÓXIDO DE SODIO	32
3.8 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO	36
3.9 PRECIO NACIONAL DEL METÓXIDO DE SODIO	38
3.10 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA.....	41
3.10.1 Metanol	41
3.10.1.1 Configuración de la Industria Argentina de Metanol	41
3.10.1.2 Mercado Nacional de Metanol: producción, balanza comercial, consumo y disponibilidad.....	42
3.10.1.3 Precio Nacional del Metanol.....	46
3.10.2 Hidróxido de Sodio	47
3.11 ANÁLISIS DE FODA	48
3.12 CONCLUSIONES	49
CAPÍTULO N°4.....	50
LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA	50
4.1 INTRODUCCIÓN	51
4.2 MACROLOCALIZACIÓN	51
4.2.1 Disponibilidad de materia prima.....	52
4.2.2 Zonas de consumo o mercado	53
4.2.3 Distancia a la competencia.....	53
4.2.4 Disponibilidad de servicios generales y terreno	54
4.3 MICROLOCALIZACIÓN.....	55
4.3.1 Distribución de parques industriales en la provincia de Santa Fe	56
4.3.2 Disponibilidad de la materia prima y costo del transporte	56
4.3.3 Distribución de la población en la provincia de Santa Fe y disponibilidad de mano de obra.....	57
4.3.4 Disponibilidad de lotes.....	58
4.3.5 Disponibilidad de servicios y beneficios impositivos	59
4.3.6 Método de puntuaciones ponderadas.....	59
4.4 PARQUE INDUSTRIAL SAN LORENZO	60
4.4.1 Conectividad.....	61
4.4.2 Características y servicios.....	61
4.4.3 Distribución de Lotes y ubicación	63

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

4.4.4 Ventajas y beneficios impositivos	64
CAPÍTULO N°5.....	65
SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	65
5.1 INTRODUCCIÓN	66
5.2 PROCESOS CONVENCIONALES PARA LA PRODUCCIÓN DE METÓXIDO DE SODIO	66
5.2.1 Proceso I: Amalgama de sodio	66
5.2.2 Proceso II: Sodio Metálico	67
5.2.3 Proceso III: Acetato de sodio	69
5.2.4 Proceso IV: Hidróxido de sodio.....	70
5.3 ELECCIÓN DEL PROCESO	71
5.4 AMPLIACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN VÍA HIDRÓXIDO DE SODIO.....	72
CAPÍTULO N°6.....	76
CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA PLANTA.....	76
6.1 INTRODUCCIÓN	77
6.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD	77
6.3 CAPACIDAD DE LAS PLANTAS EXISTENTES	80
6.4 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA.....	80
6.5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ADOPTADA.....	80
CAPÍTULO N°7.....	81
BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	81
7.1 INTRODUCCIÓN	82
7.2 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	82
7.2.1 Diagrama de flujo	83
7.2.2 Zona de materia prima y recuperación de calor: Zona 100	85
7.2.2.1 Mezclador de metanol T-103.....	85
7.2.2.2 Intercambiador de calor I-108	87
7.2.2.3 Evaporador de metanol I-113.....	88
7.2.2.4 Compresor de metanol K-114	88
7.2.2.5 Tanque mezclador de hidróxido de sodio T-105.....	89
7.2.2.6 Divisor de corriente de hidróxido de sodio 50% p/p D-109	91
7.2.2.7 Enfriador de agua I-111	92
7.2.3 Zona de destilación reactiva: Zona 200	93
7.2.3.1 Columna de destilación reactiva C-201	93
7.2.3.2 Condensador de la columna de destilación reactiva I-204.....	95
7.2.3.3 Rehervidor de la columna de destilación reactiva I-205	96

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7.2.4 Zona de recuperación metanol/agua: Zona 300	97
7.2.4.1 Columna de destilación C-301	97
7.2.4.2 Condensador de la columna de destilación I-304	99
7.2.4.3 Rehervidor de la columna de destilación I-305	100
7.2.4.4 Divisor de corrientes D-304	101
CAPÍTULO N°8	103
DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS	103
8.1 INTRODUCCIÓN	104
8.2 ZONA DE MATERIA PRIMA Y RECUPERACIÓN DE CALOR: ZONA 100	105
8.2.1 Recibo de la materia prima: pesaje	105
8.2.1.1 Hidróxido de sodio	105
8.2.1.2 Metanol	105
8.2.2 Tanques de almacenamiento de metanol fresco: T-101	105
8.2.2.1 Cálculo de la capacidad y cantidad de los tanques requeridos	106
8.2.2.2 Características de los tanques adoptados	107
8.2.3 Tanque mezclador de metanol: T-103	107
8.2.3.1 Cálculo de las dimensiones del tanque mezclador	108
8.2.3.2 Cálculo del sistema de agitación	108
8.2.3.3 Potencia del motor del mezclador T-103	110
8.2.4 Silo de almacenamiento de hidróxido de sodio SL-104	111
8.2.5 Tanque mezclador de dilución de hidróxido de sodio sólido T-105	111
8.2.5.1 Cálculo de las dimensiones del tanque mezclador T-105	112
8.2.5.2 Cálculo del sistema de agitación	113
8.2.5.3 Potencia del motor del mezclador T-103	114
8.2.6 Intercambiador de calor metanol/hidróxido de sodio 50% p/p I-108	115
8.2.7 Evaporador de metanol I-113	116
8.2.8 Compresor de metanol K-114	117
8.2.9 Intercambiador de calor agua/agua I-111	119
8.3 ZONA DE DESTILACIÓN REACTIVA: ZONA 200	119
8.3.1 Columna de destilación reactiva C-201	119
8.3.1.1 Parámetros cinéticos de la reacción	120
8.3.1.2 Diseño de la columna de destilación reactiva C-201	120
8.3.1.3 Diseño del condensador de la columna de destilación reactiva I-204	121
8.3.1.4 Diseño del rehervidor de la columna de destilación reactiva I-205	122
8.3.2 Tanque de almacenamiento de producto final T-203	123
8.3.2.1 Cálculo de la capacidad y cantidad de los tanques requeridos	123

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.3.2.2 Características de los tanques adoptados.....	123
8.4 ZONA DE RECUPERACIÓN METANOL/AGUA: ZONA 300.....	124
8.4.1 Columna de destilación C-301.....	124
8.4.1.1 Diseño de la columna de destilación C-301	124
8.4.1.2 Diseño del condensador de la columna de destilación I-304.....	125
8.4.1.3 Diseño del rehervidor de la columna de destilación I-305	126
8.5 ADOPCIÓN DE BOMBAS DE PROCESO	127
8.5.1 Procedimiento de cálculos para la adopción de bombas	128
8.5.1.1 Pérdidas de carga en el sistema	128
8.5.1.2 Altura de impulsión neta.....	128
8.5.1.3 Potencia real de la bomba.....	129
8.5.1.4 Altura neta de succión positiva disponible (NSPH disponible).....	129
8.5.2 Características de las diferentes líneas de bombeo.....	129
8.5.3 Resumen de cálculos de bombas del proceso productivo	130
8.5.4 Descripción de las bombas seleccionadas	131
CAPÍTULO N°9.....	132
SERVICIOS AUXILIARES	132
9.1 INTRODUCCIÓN	133
9.2 SUMINISTRO DE AGUA DE CIRCUITO CERRADO EN PROCESO DE PRODUCCIÓN	133
9.3 SUMINISTRO DE AGUA PARA USOS GENERALES	133
9.3.1 Adopción de cisternas para el almacenamiento de agua para usos generales	134
9.4 SERVICIO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE PLANTA.....	135
9.4.1 Consumo de agua de enfriamiento.....	136
9.4.2 Adopción de los tanques para el almacenamiento de agua de reposición para enfriamiento	136
9.4.3 Adopción del sistema de tratamiento de agua, ABA-402	137
9.4.4 Adopción del sistema de enfriamiento de agua	138
9.4.4.1 Adopción de torres de enfriamiento.....	139
9.4.4.2 Torre de enfriamiento T-403.....	139
9.4.4.3 Torre de enfriamiento T-404.....	140
9.5 PRODUCCIÓN DE VAPOR	141
9.5.1 Consumo de vapor	142
9.5.2 Adopción de tanques para el circuito cerrado de agua de caldera, T-405a y T-405b	142
9.5.3 Adopción de la caldera SG-406.....	143

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.5.4 Dimensionamiento de cañerías	144
9.6 ADOPCIÓN DE BOMBAS DE SERVICIOS AUXILIARES	146
9.6.1 Procedimiento de cálculos para la adopción de bombas	146
9.6.1.1 Pérdidas de carga en el sistema	146
9.6.1.2 Altura de impulsión neta.....	146
9.6.1.3 Potencia real de la bomba.....	147
9.6.1.4 Altura neta de succión positiva disponible (NSPH disponible).....	147
9.6.2 Características de las diferentes líneas de bombeo.....	148
9.6.3 Resumen de cálculo de las bombas de servicios auxiliares.....	148
9.6.4 Descripción de las bombas seleccionadas	149
9.7 SERVICIO DE GAS NATURAL.....	150
CAPÍTULO N°10	152
CONTROL DE CALIDAD	152
10.1 INTRODUCCION	153
10.2 PLAN DE CALIDAD	153
10.2.1 Plan de calidad para materias primas.....	154
10.2.2 Plan de calidad para el control del proceso	159
10.2.2.1 Control de acondicionamiento de los reactivos	159
10.2.2.1.1 Control de solución del hidróxido de sodio.....	159
10.2.2.1.2 Control del metanol	159
10.2.2.2 Control de la síntesis del metóxido de sodio.	162
10.2.2.3. Control de recuperación del metanol.....	164
10.2.3 Plan de calidad para los productos terminados	166
10.3 REGISTROS.....	166
10.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS	173
10.4.1 TA-01: Determinación de humedad por titulación según Karl Fischer.....	173
10.4.1.a Principio de análisis	173
10.4.1.b Aparato	174
10.4.1.c Determinación	175
10.4.2 Determinación de pureza de metanol por cromatografía de gases	175
10.4.2.a Principio de análisis	175
10.4.2.b Aparato	176
10.4.2.c Determinación	177
10.4.3 Determinación de alcalinidad total y contenido de carbonatos en soda caustica comercial.....	178
10.4.3.a Principio de análisis	178

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.4.3.b Determinación.....	179
CAPÍTULO N°11.....	180
ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.....	180
11.1 INTRODUCCIÓN.....	181
11.2 TIPO DE EMPRESA.....	181
11.2.1 Constitución de la Sociedad Anónima (S.A.).....	182
11.2.2 Trámites para la puesta en funcionamiento de la empresa.....	183
11.3 ORGANIZACIÓN INTERNA.....	183
11.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO.....	185
11.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TURNOS DE TRABAJO.....	206
CAPÍTULO N°12.....	208
OBRAS CIVILES.....	208
12.1 INTRODUCCIÓN.....	209
12.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO.....	209
12.2.1 Puesto de control.....	212
12.2.2 Estacionamiento.....	213
12.2.3 Comedor.....	213
12.2.4 Baños y vestuarios.....	213
12.2.5 Sala de control/Departamento de ingeniería y producción.....	214
12.2.6 Administración.....	214
12.2.7 Sector de producción.....	214
12.2.8 Sala de calderas.....	214
12.2.9 Taller de mantenimiento.....	215
12.2.10 Laboratorios.....	215
12.2.11 Almacenamiento de producto terminado.....	215
CAPÍTULO N°13.....	217
INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	217
13.1 INTRODUCCIÓN.....	218
13.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	218
13.2.1 Transformador.....	218
13.2.2 Tableros eléctricos.....	218
13.2.3 Tomacorrientes.....	219
13.2.4 Conductores eléctricos.....	219
13.2.5 Bandejas de cables.....	220
13.2.6 Elementos de protección.....	220
12.2.7 Generador de emergencia.....	220

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

12.2.8 Pararrayos.....	220
12.2.9 Corrector de factor de potencia	221
12.2.10 Iluminación	221
12.2.11 Iluminación de emergencia.....	221
13.3 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE PROCESO	221
13.4 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	222
13.4.1 Determinación del nivel de iluminación requerido para cada ambiente.....	223
13.4.2 Adopción de tipos de luminarias para iluminación	223
13.4.3 Determinación de cantidad de luminarias requeridas	225
13.4.3.1 Iluminación interior.....	225
13.4.3.2 Iluminación exterior	228
13.4.4 Consumo energético total del sistema de iluminación	229
13.5 CONSUMO GLOBAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA.....	229
CAPÍTULO N°14.....	230
ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO	230
14.1 INTRODUCCIÓN	231
14.2 INVERSIÓN TOTAL.....	231
14.2.1 Activos fijos	231
14.2.1.1 Obras civiles	232
14.2.1.2 Equipos industriales, auxiliares y accesorios.....	232
14.2.1.3 Rodados	236
14.2.1.4 Mobiliario y elementos de oficina	236
14.2.1.5 Resumen de activos fijos	237
14.2.2 Activos nominales.....	237
14.2.2.1 Supervisión del proyecto	238
14.2.2.2 Capacitación	238
14.2.2.3 Automatización industrial	238
14.2.2.4 Ingeniería de proyecto	238
14.2.2.5 Montaje e instalación de equipos	238
14.2.2.6 Puesta en marcha de la planta.....	238
14.2.2.7 Resumen de los activos nominales	239
14.2.3 Capital de trabajo	239
14.2.4 Inversión total del proyecto.....	241
14.3 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN.....	242
14.3.1 Costos directos de producción.....	243
14.3.1.1 Materia prima	243

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

14.3.1.2 Insumos	243
14.3.1.3 Servicios auxiliares	244
14.3.1.4 Mano de obra directa	244
14.3.1.5 Resumen de costos directos de producción	245
14.3.2 Costos indirectos de producción	246
14.3.2.1 Mano de obra indirecta	246
14.3.2.2 Mantenimiento y limpieza de planta	247
14.3.2.3 Resumen de costos indirectos de producción	247
14.3.3 Costos fijos indirectos	248
14.3.3.1 Amortizaciones y depreciaciones	248
14.3.3.2 Seguros e impuestos	249
14.3.3.3 Resumen de los costos fijos indirectos	250
14.3.4 Costos generales	250
14.4 COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO DEL METÓXIDO DE SODIO PRODUCIDO ..	251
14.5 INGRESOS POR VENTAS	252
14.6 FINANCIACIÓN DEL PROYECTO	253
14.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA	254
14.7.1 Estado de los resultados	255
14.7.2 Indicadores	257
14.7.2.1 Valor actual neto (VAN)	257
14.7.2.2 Periodo de recupero de la inversión realizada	258
14.7.2.3 Tasa interna de retorno (TIR)	258
14.7.2.4 Relación Beneficio/Costo	259
14.7.3 Análisis de sensibilidad	259
14.7.3.1 Variación de la TIR con el precio del metóxido de sodio	260
14.7.3.2 Variación de la TIR con el precio de los insumos	260
14.7.3.3 Variación de la TIR con el precio de la materia prima	261
14.7.3.4 Variación de la TIR con el precio de la mano de obra	262
14.7.3.5 Variación de la TIR con respecto al volumen de producción	263
14.8 CONCLUSIONES	264
CONCLUSION FINAL	266
BIBLIOGRAFIA	268
PLANOS	276

CAPÍTULO N°1

OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

1.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

- Comprobar y demostrar la viabilidad técnico-económica del proyecto de instalación de una planta productora de metóxido de sodio en Argentina.
- Integrar los conocimientos y habilidades profesionales del ingeniero químico adquiridos durante la carrera para poder llevar a cabo las tareas involucradas en el proyecto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Realizar un estudio de mercado que permita analizar el mercado consumidor y proveedor de las materias primas y producto elegido; como así también los actuales competidores en el mercado.
- Determinar la ubicación óptima del establecimiento para radicar el proyecto, viéndose favorecida por la cercanía al suministro de materias primas para la producción de metóxido de sodio.
- Definir el tamaño óptimo de la planta para operar de forma en que los costos se minimicen y la rentabilidad sea máxima.
- Analizar las distintas variantes de procesos productivos existentes para la producción de metóxido de sodio, con el fin de optar por el más adecuado.
- Diseñar los equipos y las instalaciones inherentes al proceso.
- Realizar un análisis técnico que permita llevar a cabo el proyecto propuesto.
- Confeccionar un estudio económico-financiero, que permita evaluar la viabilidad económica de una planta productora de metóxido de sodio.

1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

En el presente proyecto se analiza la factibilidad técnico-económica de instalar una planta de elaboración de metóxido de sodio, utilizando el método de producción que se considere más apropiado, con el fin de obtener un producto competitivo en cuanto a precio y calidad. El interés en este producto en particular surge de la necesidad de lograr la sustitución de importaciones del mismo con proyección a exportarlo, y además, aprovechar la creciente producción de biodiesel en nuestro país, ya que el mismo se utiliza como catalizador de la reacción.

Se analiza la situación del mercado nacional e internacional en forma global, obteniendo a partir de los datos actuales, estimaciones de las tendencias futuras de producción, consumo y precios tanto de la materia prima como del producto a elaborar, lo que posibilita la toma de las decisiones más adecuadas a cerca de la manera de llevar a cabo el proyecto en cuanto a la ubicación de la planta, los mercados proveedores y consumidores, e incluso, la cantidad de

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

producto a elaborar y la tecnología a emplear, que tienen directa incidencia sobre el análisis económico financiero.

Posteriormente, se determina la localización de la planta productora de metóxido de sodio, analizando los factores que inciden sobre todo en carácter económico lo cual permite optimizar la producción.

Se describen todos los procesos de producción de metóxido de sodio y se los evalúa teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, para seleccionar el más conveniente. Haciendo foco en factores como demanda, materia prima, y tecnología disponible, se determina la capacidad instalada para satisfacer la demanda del producto.

Se consideran también, normas de seguridad, acceso a servicios auxiliares en cantidad y calidad necesaria para obtener metóxido de características óptimas y superiores a las existentes en el mercado.

Por último, se realiza un estudio económico-financiero que permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto elegido.

CAPÍTULO N°2

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, PROPIEDADES Y USOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

2.1 INTRODUCCIÓN

El metóxido de sodio (o metilato de sodio) es un alcóxido ampliamente utilizado en síntesis orgánica, industria farmacéutica y reacciones de transesterificación en las que actúa como catalizador, siendo esta última la principal forma de obtener biodiesel.

La disponibilidad limitada del petróleo en el largo plazo ha generado un gran interés en la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables, y en esta escena aparecen los biocombustibles. El biodiesel constituye una de las opciones más prometedoras para la sustitución de los combustibles fósiles, esto ha creado un importante mercado para el metóxido de sodio, ya que toma un papel crucial en el proceso de producción de biodiesel.

El método de síntesis de cualquier alcóxido depende de la electronegatividad del metal y de las características químicas del alcohol. Los metales altamente electropositivos reaccionan fácilmente con los alcoholes, formando el alcóxido metálico correspondientes y liberando hidrógeno. Los alcóxidos también se producen a partir de hidróxidos, óxidos o amidas cuando reaccionan con alcohol. También se pueden obtener alcóxidos a partir de la síntesis electroquímica, donde se produce la disolución anódica del metal en presencia de un electrolito.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

2.2.1 Definición

El metóxido de sodio es un compuesto orgánico formado por la deprotonación del metanol, y es ampliamente empleado como reactivo tanto a nivel industrial como en laboratorio. También es una base (álcali) cáustica muy peligrosa. Es inflamable, pero no explosivo, y se puede descomponer cuando se expone a altas temperaturas.

Comercialmente, el metóxido de sodio está disponible en forma sólida (polvo inodoro de color blanco a amarillo pálido) o líquida (como una solución de metanol al 25%-30%).

El nombre IUPAC del compuesto es Metóxido de Sodio, su fórmula molecular semidesarrollada es $\text{Na}^+ \text{ } ^-\text{O} - \text{CH}_3$. En la figura 2.1 se encuentra la disposición espacial de la molécula del compuesto.

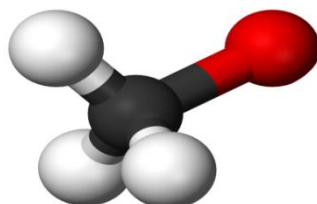


Figura 2.1: Molécula de metóxido de sodio.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

2.2.2 Propiedades

En la figura 2.2 se encuentran las propiedades físicas, químicas y riesgos del metóxido de sodio en solución al 30% p/p en metanol.

Físicas	
Estado	Líquido
Apariencia	Solución incolora
Densidad	970 kg/m ³ a 25°C
Masa Molar	54,05 g/mol
Punto de Fusión	-2°C
Punto de Ebullición	68°C
Presión de Vapor	50 mmHg a 25°C
Viscosidad	65,96 CP a 25°C
Químicas	
Solubilidad en Agua	Reacciona violentamente con agua.
Riesgos	
Inhalación	Somnolencia o mareos. Nauseas. Dolor de Cabeza. Estornudos, irritación y quemaduras.
Piel	Causa severas quemaduras en piel. La absorción crónica a través de la piel representa un riesgo a la salud.
Ojos	Serios daños oculares.
Ingestión	La toxicidad está asociada al metanol: nauseas, vómitos, dolor de cabeza y ceguera. Los síntomas pueden aparecer hasta 48hs despues de ingesta.

Figura 2.2: Propiedades físicas, químicas y riesgos.

Fuente: http://www.gelest.com/wp-content/uploads/AKS761.5_SODIUM-METHOXIDE-30-in-methanol_GHS-US_English-US.pdf.

2.2.3 Aplicaciones

Las aplicaciones del metóxido de sodio son las siguientes:

- Química orgánica: el metóxido se considera una base fuerte. Por lo cual, se utiliza regularmente en química orgánica para la síntesis de varios compuestos como productos farmacéuticos y agroquímicos. También se utiliza como base en condensaciones aldólicas y deshidrohalogenaciones. Actúa como nucleófilo en la fabricación de éteres metílicos.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Industria farmacéutica: este alcóxido en estado sólido se utiliza para la producción de sustancias como: Vitamina A1 y B1, trimetoprima (TMP), sulfadiazina, sulfadoxina y sulfametoxipiridazina.
- Industria de biodiesel: el biodiesel se fabrica a partir de triglicéridos de ácidos grasos, los cuales provienen de grasas animales y aceites vegetales. La transesterificación de los triglicéridos de ácidos grasos con metanol produce ésteres metílicos de ácidos grasos, siendo el metóxido de sodio un catalizador para esta reacción química.
- Otros usos: se utiliza en la producción de poliésteres, en la fabricación de pesticidas, síntesis química de alquenos a través de reacción de Witting.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

2.3.1 Metanol

2.3.1.1 Definición

El compuesto químico metanol, también conocido como alcohol de madera o alcohol metílico (o raramente alcohol de quemar), es el alcohol más sencillo. A temperatura ambiente se presenta como un líquido ligero (de baja densidad), incoloro, inflamable y tóxico que se emplea como anticongelante, disolvente y combustible.

El nombre IUPAC del compuesto es Metanol, y su fórmula molecular semidesarrollada es $\text{CH}_3\text{-OH}$. En la figura 2.2 se encuentra la disposición espacial de la molécula de metanol.

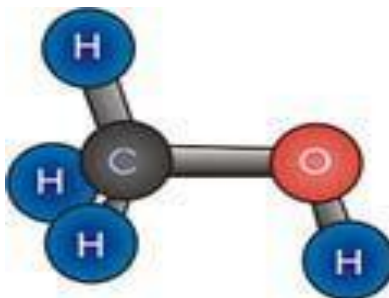


Figura 2.3: Molécula de Metanol.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

2.3.1.2 Propiedades

En la figura 2.2 se encuentran las propiedades físicas, químicas y riesgos del metanol.

Físicas	
Estado	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	791,8 kg/m ³ a 25°C
Masa Molar	32,04 g/mol
Punto de Fusión	-97°C
Punto de Ebullición	65°C
Presión de Vapor	50 mmHg a 25°C
Viscosidad	0,544 CP a 25°C
Químicas	
Solubilidad en Agua	Totalmente miscible
Riesgos	
Inhalación	Irritación leve. Altas concentraciones: tos y efectos similares a ingestión.
Piel	Irritación leve. Altas concentraciones: tos y efectos similares a ingestión.
Ojos	Irritación del tejido ocular. Lagrimado.
Ingestión	Nausea, vómitos. Altas concentraciones: cambio en composición de la sangre, dolor de cabeza, debilidad, trastornos en coordinación, ceguera, muerte.

Figura 2.4: Propiedades físicas, químicas y riesgos.

Fuente: <https://www.labchem.com/tools/msds/msds/VT430.pdf>.

2.3.1.3 Aplicaciones

Las principales aplicaciones del metanol son las siguientes:

- **Industria Química:** el uso en mayor escala en términos de volumen están ligadas a la producción de formaldehído –precursor de distintos tipos de resinas, pegamentos y diversos plásticos-, ácido acético –utilizado para la producción de fibras de poliéster y plásticos PET- y metil ter-butil éter (MTBE) –utilizado para mejorar la calidad de combustibles, aporta un aporte significativo a la reducción de la polución-.
- **Combustible:** es utilizado como combustible de combustión limpia en muchos países del mundo en mezclas de proporción de 85% metanol y 15% gasolina.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Biodiesel: es un componente clave en la producción, ya que reacciona con triglicéridos de ácidos grasos, los cuales provienen de grasas animales y aceites vegetales, dando como producto de reacción biodiesel y glicerina.
- Otros usos: se utiliza en celdas de combustible, tratamiento de aguas residuales, disolvente de pinturas, entre otros.

2.3.2 Hidróxido de sodio

2.3.2.1 Definición

El hidróxido de sodio, hidróxido sódico o hidrato de sodio, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico ampliamente usado en la industria. Es un compuesto iónico sólido blanco que consiste en cationes de sodio Na^+ y aniones hidróxido OH^- . Es que puede causar quemaduras químicas graves, altamente soluble en agua y absorbe fácilmente la humedad.

Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.

El nombre IUPAC del compuesto es hidróxido de sodio, y su fórmula molecular semidesarrollada es NaOH . En la figura 2.5 se encuentra la disposición espacial de la molécula.

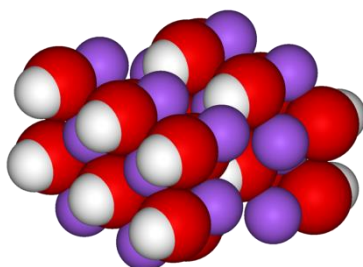


Figura 2.5: Molécula de hidróxido de sodio.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio.

2.3.2.2 Propiedades

En la figura 2.6 se encuentran las propiedades físicas, químicas y riesgos del hidróxido de sodio 50%.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Físicas	
Estado	Líquido
Apariencia	Solución incolora
Densidad	1525 kg/m ³ a 25°C
Masa Molar	40 g/mol
Punto de Fusión	12°C
Punto de Ebullición	143°C
Presión de Vapor	0,9 mmHg a 25°C
Viscosidad	79 CP a 20°C
Químicas	
Solubilidad en Agua	Soluble
Riesgos	
Inhalación	Sequedad y dolor de garganta. Toz. Irritación de mucosas nasales. Dificultades respiratorias
Piel	Quemadura química. Heridas de curación lenta.
Ojos	Daño permanente en ojos. Lesiones oculares graves.
Ingestión	Vómitos. Diarrea. Quemaduras en mucosa gástrica. Sangrado gastrointestinal.

Figura 2.6: Propiedades físicas, químicas y riesgos.

Fuente: <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC24150.pdf>.

2.3.2.3 Aplicaciones

Las principales aplicaciones del hidróxido de sodio son las siguientes:

- Producción de papel: en la fabricación de papel, la madera se trata con una solución que hidróxido de sodio, esto ayuda a disolver la mayor parte del material no deseado en la madera, dejando celulosa relativamente pura, que forma la base del papel.
- Producción de aluminio: el hidróxido de sodio se usa para extraer alúmina de minerales, para la posterior producción de aluminio.
- Industria de alimentos: se usa para eliminar la piel de frutas y verduras para el enlatado y también agente antibacteriano que promueve la conservación de alimentos.
- Tratamiento de aguas.
- Industria farmacéutica.
- Fabricación de productos de limpieza y desinfectantes.

CAPÍTULO N°3

ESTUDIO DE MERCADO

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analizan las características del mercado del metóxido de sodio y de la materia prima para su producción. Se estudia la evolución de la demanda, consumo, comercio exterior, producción, etc. en el contexto internacional, sudamericano y nacional del producto para luego realizar proyecciones acerca del comportamiento futuro del mercado.

3.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE METÓXIDO DE SODIO

El crecimiento en el sector de producción de biodiesel ha impactado positivamente en la producción global del metóxido de sodio, creando una alta demanda en la que se exige un procesamiento eficiente y simple del mismo. El aumento en las ventas de metóxido de sodio por parte de varias industrias, está creando grandes oportunidades para el crecimiento del mercado.

Al año 2017 la producción mundial de metóxido de sodio al 30 % (producto usado en la producción de biodiesel) ascendió a 500000 t/año.

La posición de Latinoamérica es muy buena, ya que ocupa el segundo lugar en producción de metóxido de sodio, alentado fuertemente por la creciente producción de biodiesel.

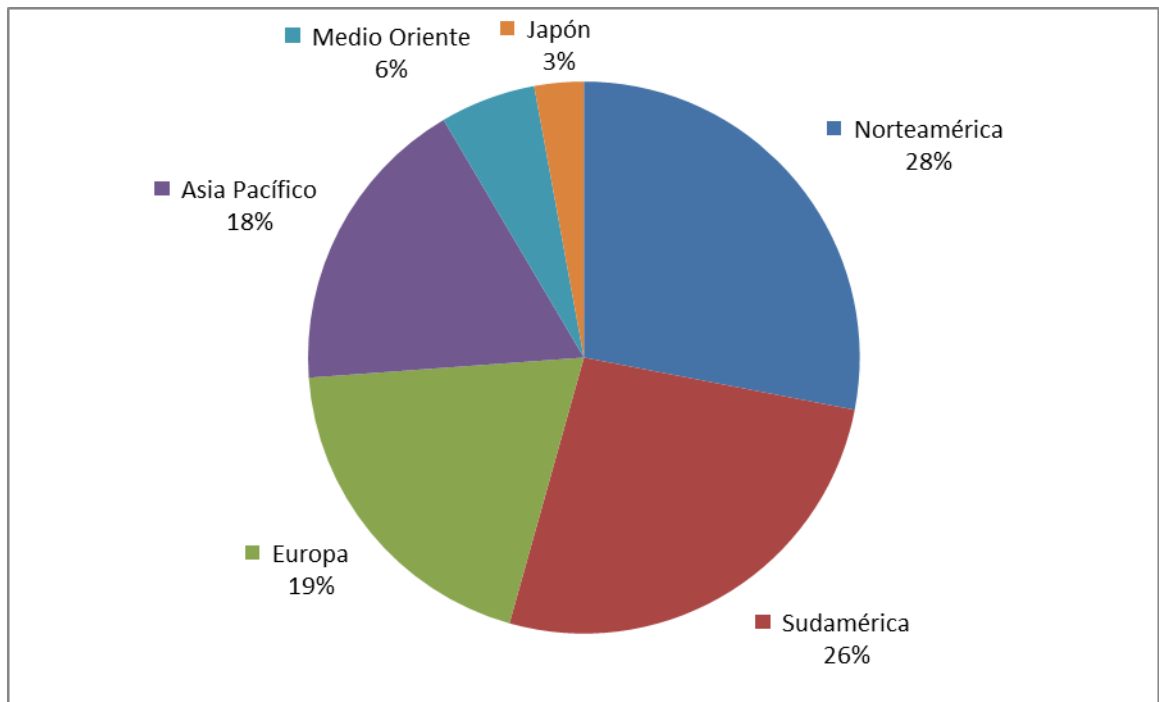


Figura 3.1: Distribución de la producción Mundial de Metóxido de Sodio en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia con datos de <https://www.factmr.com>.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.2.1 Principales empresas productoras de Metóxido de Sodio a escala Global

- **EVONIK:** esta empresa, cuya sede se encuentra radicada en Alemania lidera con creces la producción global de metóxido de sodio. Participa fuertemente en casi todo el globo: en la localidad de Mobile, Estados Unidos con una planta de producción de metóxido de sodio de 72000 t/año; en la localidad de Puerto General San Martín, Argentina con una planta de 60000 t/año y en su sede natal de *Niederkassel-Lulsdorf*, Alemania con una producción de 50000 t/año.
- **BASF:** empresa alemana, la cual opera en su país de origen, con una planta de producción con capacidad de 50000 t/año y en Guaratinguetá, Brasil con una planta de producción de 60000 t/año.
- **Otros:** la firma alemana Desatec, cuya producción es de 50000 t/año; la compañía saudí SMOTEC PLUS, que data de valores de producción similares. En la región de Asia-Pacífico las empresas líderes son SUPRA GROUP (India), Anhui Jinbang Medicine Chemical (China), Zibo Xusheng Chemical (China); las empresas de esta región son de volúmenes de producción menores ya que las mismas no superan las 10000 t/año, aunque están presentes en gran cantidad.

3.2.2 BASF y EVONIK líderes mundiales con presencia en Sudamérica

En la tabla 3.1 se expresa la capacidad de producción anual en el territorio sudamericano en el año 2018.

Tabla 3.1: Empresas productoras de Metóxido de Sodio en Sudamérica.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Compañía</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Capacidad de producción anual (t)</i>
BASF	Guaratinguetá, Sao Paulo, Brasil	60000
EVONIK	Puerto General San Martín, Santa Fé, Argentina	60000
<i>Capacidad de producción anual (t)</i>		<i>120000</i>

3.3 DEMANDA MUNDIAL DE METÓXIDO DE SODIO

Los principales mercados Mundiales de Consumo del metóxido de sodio están estrechamente ligados a la producción de biodiesel. Los principales consumidores son Europa (principal productor mundial de biodiesel), seguido por Norteamérica y Sudamérica (importantes productores de biodiesel); el mercado Asia Pacífico es menor, y el mercado de metóxido está

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

vinculado principalmente a la industria química. En el gráfico 3.2, se representa como está seccionada la demanda Mundial de metóxido de sodio.

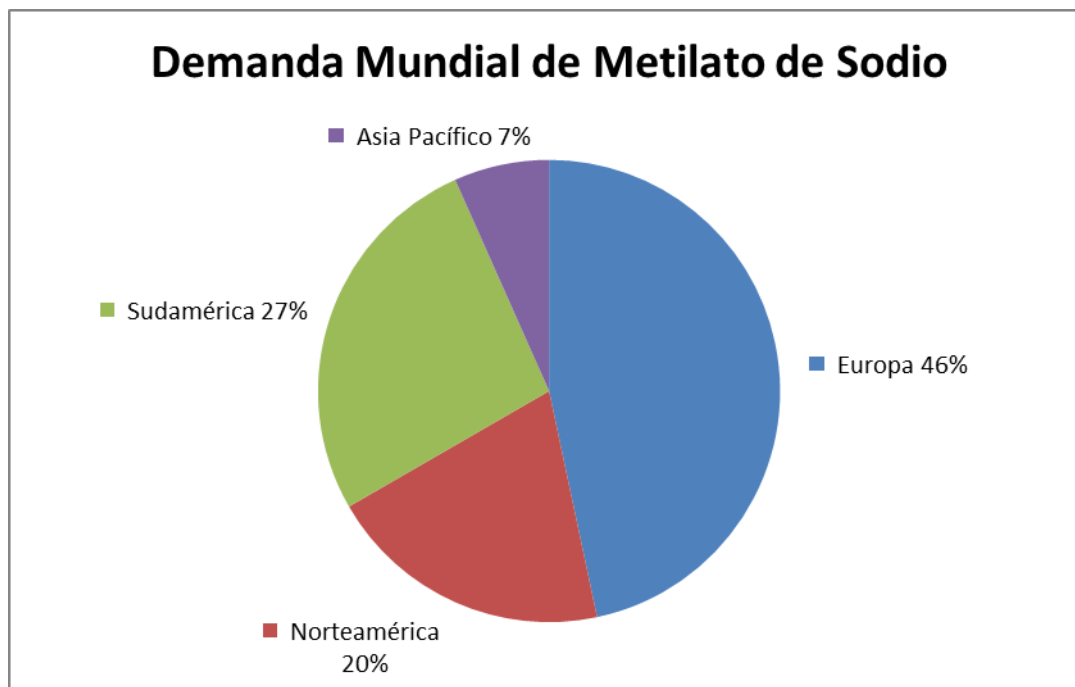


Figura 3.2: Demanda Mundial de Metóxido de Sodio.

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de <http://biofuel.org.uk/>.

3.3.1 Demanda Sudamericana de Metóxido de Sodio

3.3.1.1 Brasil

Brasil es uno de los principales productores mundiales de biodiesel, esta gran industria lleva consigo una gran demanda en la utilización de metóxido de sodio como catalizador en las reacciones de transesterificación para producir el biocombustible. En la tabla 3.2, se observan las importaciones anuales de metóxido en el período 2008 – 2018.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 3.2: Importaciones de metóxido de sodio en Brasil, período 2008 – 2018.

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por la Secretaría de Comercio Exterior de Brasil
<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/>.

<i>Año</i>	<i>Origen</i>	<i>Importación (t)</i>	<i>Año</i>	<i>Origen</i>	<i>Importación (t)</i>
2008	Asia Pacífico	47,5	2013	Asia Pacífico	131,6
	Europa	245,274		Europa	32,003
	Total	292,774		Medio Oriente	64
2009	Asia Pacífico	41,6	2014	Total	227,619
	Europa	105,202		Asia Pacífico	130,04
	Total	146,802		Europa	48,007
2010	Asia Pacífico	249,404	2015	Total	178,047
	Europa	104,016		Asia Pacífico	82,44
	Total	353,42		Europa	8,202
2011	Asia Pacífico	123,2	2016	Norteamérica	1,609
	Europa	64,011		Total	92,251
	Norteamérica	5		Asia Pacífico	174,8
	Total	192,211	Europa	32,002	
2012	Asia Pacífico	227,04	2017	Total	206,802
	Europa	96,012		Asia Pacífico	107,04
	Medio Oriente	96		Europa	4708,663
	Total	419,052	Argentina	4908,967	
			Total	9724,67	
			2018	Asia Pacífico	101,026
				Europa	7028,217
				Argentina	5542,14
				Total	12671,383

Se observa un aumento en la importación de metóxido en los últimos 3 años, dentro de los cuales, en los últimos 2 las importaciones desde Argentina han aumentado significativamente. Esto sugiere un creciente y potencial mercado consumidor de metóxido de sodio fabricado en territorio argentino.

3.3.1.2 Colombia

El país cafetero es el tercer productor de biodiesel en territorio sudamericano, luego de Brasil y Argentina. Ha mantenido una producción sostenida a lo largo del período 2011 – 2017, y es un importador total de metóxido de sodio ya que en su país no se disponen plantas. La información recabada detalla solo la producción colombiana anual de biodiesel, y por cada tonelada de biocombustible producida, se utiliza un 1.26% de metóxido de sodio como catalizador para su generación, valores que se aprecian en la tabla 3.3.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 3.3: Consumo de metóxido de sodio en Colombia, período 2008 – 2017.

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia <http://www.fedebiocombustibles.com/>.

Año	Producción de Biodiesel (t)	Consumo de Metilato de Sodio (t)
2008	22730	286
2009	163077	2055
2010	337713	4255
2011	443037	5582
2012	489990	6174
2013	503337	6342
2014	518093	6528
2015	513354	6468
2016	458800	5781
2017	460121	5798

3.3.1.3 Uruguay

La producción de biodiesel en Uruguay es baja, en consecuencia el consumo de metóxido de sodio también. Aunque la proximidad y facilidad de transporte lo posiciona como un país al cual se puede exportar sin problemas el metóxido que demandan. En la tabla 3.4 se detalla la capacidad anual de producción de biodiesel y el consumo de metóxido correspondiente.

Tabla 3.4: Capacidad anual de producción de biodiesel y consumo potencial de metóxido de sodio en Uruguay.

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Presidencia de Uruguay <https://www.presidencia.gub.uy/>.

<u>Compañía</u>	<u>Capacidad de producción anual de Biodiesel (t)</u>	<u>Consumo de Metilato de Sodio (t)</u>
ALUR	57200	720,72
ALUR	15000	189
<u>Total (t)</u>	<u>72200</u>	<u>909,72</u>

3.4 PRODUCCIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO

A continuación, se detallan datos de producción de metóxido de sodio en Argentina, con datos suministrados por el Instituto Petroquímico Argentino (IPA). En nuestro país existe solo una empresa productora de metóxido de sodio: Evonik Metóxidos, empresa alemana radicada en la

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

localidad de Puerto General San Martín (Santa Fe), con una capacidad de producción anual de 60000 t.

Tabla 3.5: Producción Nacional de Metóxido de Sodio, período 2008 - 2017.

Fuente: Instituto Petroquímico Argentino.

Año	Producción (t)
2008	0
2009	0
2010	0
2011	0
2012	0
2013	4000
2014	47000
2015	55000
2016	60000
2017	60000

En la figura 3.3 se representa gráficamente la evolución de la producción nacional, con datos extraídos de la tabla.

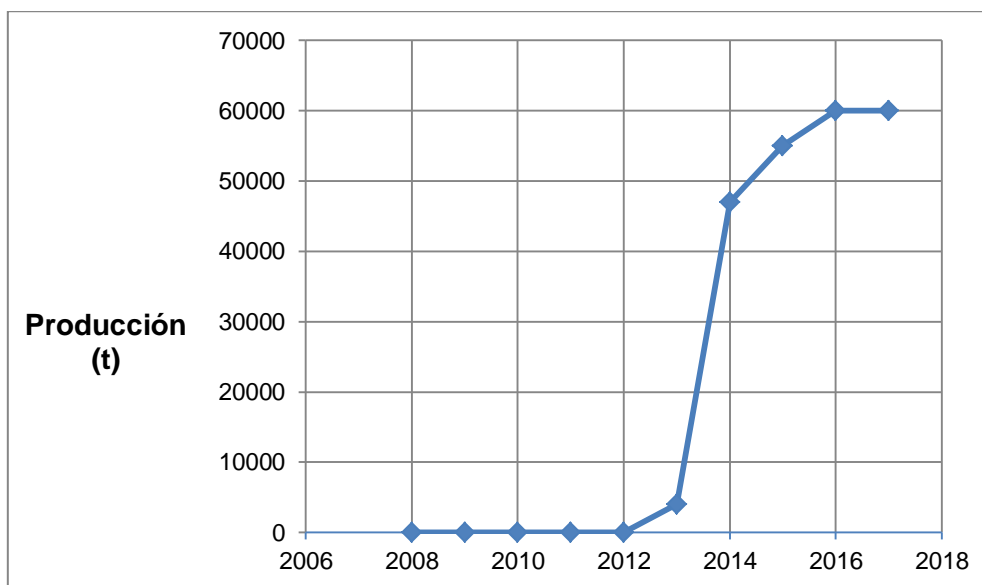


Figura 3.3: Evolución de la producción Nacional de metóxido de sodio, datos extraídos de la tabla 3.5.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.5 IMPORTACIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO

En la siguiente tabla se expresan las importaciones del metóxido de sodio en el territorio nacional Argentino.

Tabla 3.6: Importación Nacional de metóxido de sodio, periodo 2008 – 2017.

Fuente: Instituto Petroquímico Argentino.

Año	Importación (t)
2008	22364
2009	32192
2010	49748
2011	63819
2012	60794
2013	50265
2014	32759
2015	10839
2016	14924
2017	13172

En la figura 3.4 se representa gráficamente la evolución de la importación nacional durante el período 2008 - 2017, con datos extraídos de la tabla 3.6.

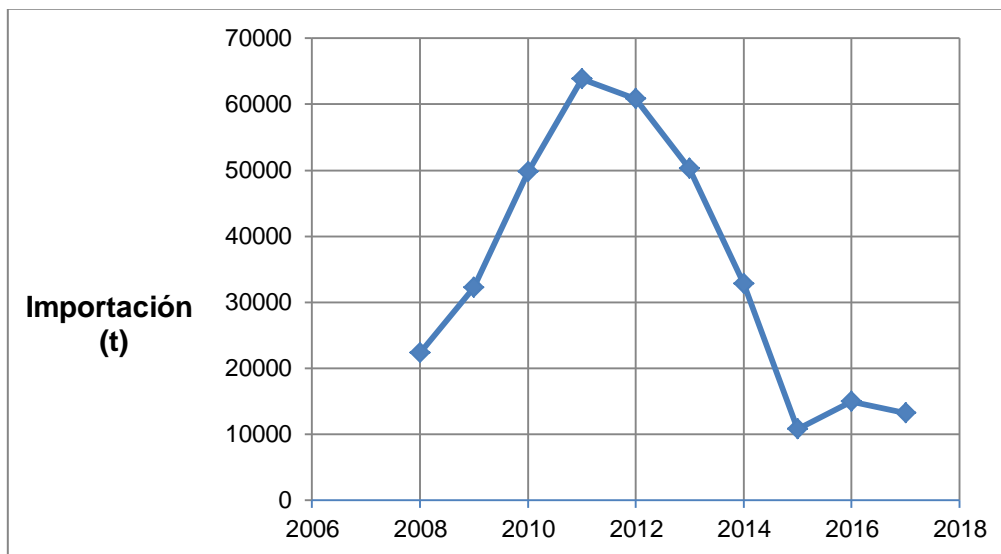


Figura 3.4: Evolución de la Importación Nacional de Metóxido de Sodio, datos extraídos de la tabla 3.6.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.6 EXPORTACIÓN NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO

En la próxima tabla se representan las exportaciones nacionales de metóxido de sodio en Argentina.

Tabla 3.7: Exportación Nacional de metóxido de sodio, periodo 2008 – 2017.

Fuente: Instituto Petroquímico Argentino.

Año	Exportación (t)
2008	37
2009	0
2010	4
2011	0
2012	0
2013	0
2014	6211
2015	7829
2016	2788
2017	6384

En la figura 3.5 se representan gráficamente los datos de la tabla.

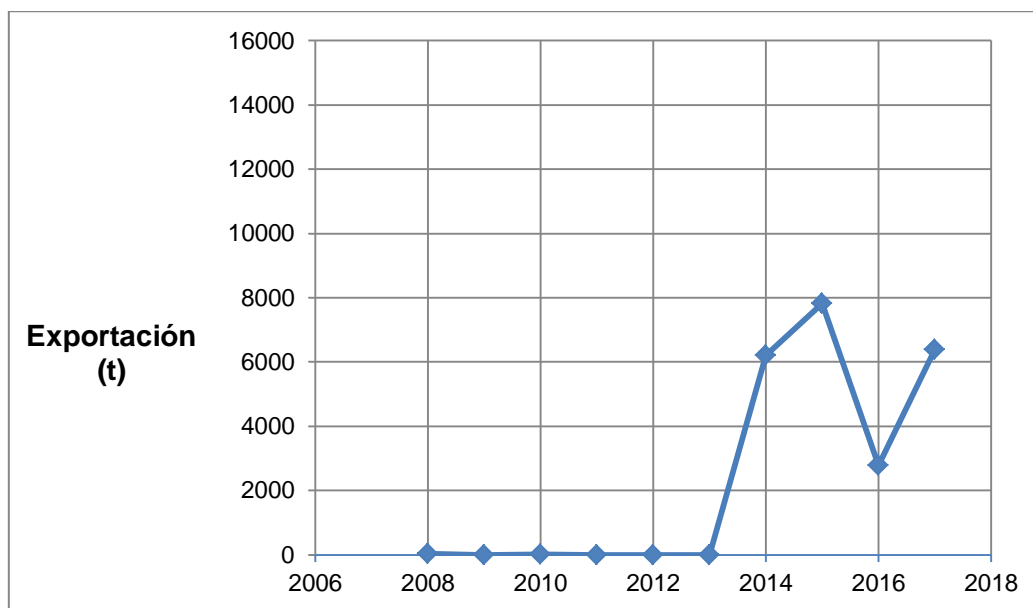


Figura 3.5: Evolución de la Importación Nacional de metóxido de sodio, datos extraídos de la tabla 3.7.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.7 CONSUMO APARENTE DE METÓXIDO DE SODIO

Con los anteriores datos de producción, importación y exportación, es posible calcular la demanda nacional de metanol en el periodo 2008 – 2017.

Con estos datos se puede determinar la posibilidad de participación del metóxido de sodio en la satisfacción de dicha demanda a futuro, proyectada a diez años subsiguientes y así estimar la capacidad productiva de la planta en cuestión.

El consumo nacional aparente (CNA) es la cantidad de metóxido de sodio que el mercado requiere, expresado como:

$$\text{Consumo Nacional Aparente (CNA)} = \text{Producción Nacional} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones}$$

Tabla 3.8: Consumo Nacional Aparente de metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos del IPA.

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo Nacional Aparente (CNA)
2008	0	22363,5	37,1	22326,4
2009	0	32191,5	0	32191,5
2010	0	49747,5	4	49743,5
2011	0	63819	0	63819
2012	0	60793,5	0	60793,5
2013	4000	50265	0	54265
2014	47000	32758,5	6211,4	73547,1
2015	55000	10839	7829,1	58009,9
2016	60000	14923,5	2788	72135,5
2017	60000	13171,5	6384	66787,5

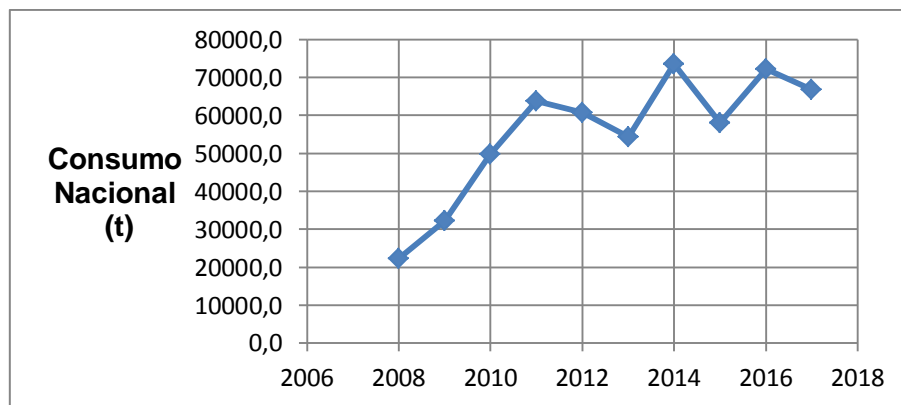


Figura 3.6: Evolución de la Importación Nacional de metóxido de sodio, datos extraídos de la tabla 3.8.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En la gráfica de consumo aparente se observan algunos puntos que son atípicos como consecuencia de situaciones conocidas a nivel país. Previo al cálculo de la línea de tendencia de datos se deben identificar y corregir dichos valores, para obtener la regresión con el mejor valor de R^2 posible.

En los años 2012 y 2013 se observa una caída del consumo nacional de metóxido, esta causa se debe a que la Unión Europea (principal importador de biodiesel nacional) comenzó una investigación y posterior bloqueo por causas de Dumping de dicho biocombustible, disminuyendo la producción destinada a exportación. Decisión que posteriormente quedó desactivada en el año 2017.

Hacia 2014 el Gobierno Nacional da respuesta a esta caída en la industria del biodiesel, y la producción de biodiesel fue beneficiada con un aumento en el corte interno de combustibles y excepciones impositivas, logrando una recuperación en los niveles de producción.

Ya en el año 2015 se observa otro de los puntos atípicos en la curva de consumo nacional aparente, las causas de esta variación se deben a que a nivel Nacional hubo un cambio de gobierno, el cual generó apertura de exportaciones de este, tal como se observa en la figura 3.5.

Ante estas situaciones anteriormente mencionadas se procede a suavizar la curva en los valores atípicos utilizando un promedio entre valores contiguos. El objetivo de corregir los puntos de la curva incide en hallar una función que represente la tendencia histórica de consumo de manera aproximada para poder predecir el comportamiento a futuro del mismo. La función hallada tendrá un índice de confiabilidad regido por el valor del " R^2 ", el cual mientras más se aproxime a 1, la confianza de la expresión hallada será mayor. En la figura se representa la curva suavizada de consumo nacional y la línea de tendencia correspondiente.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

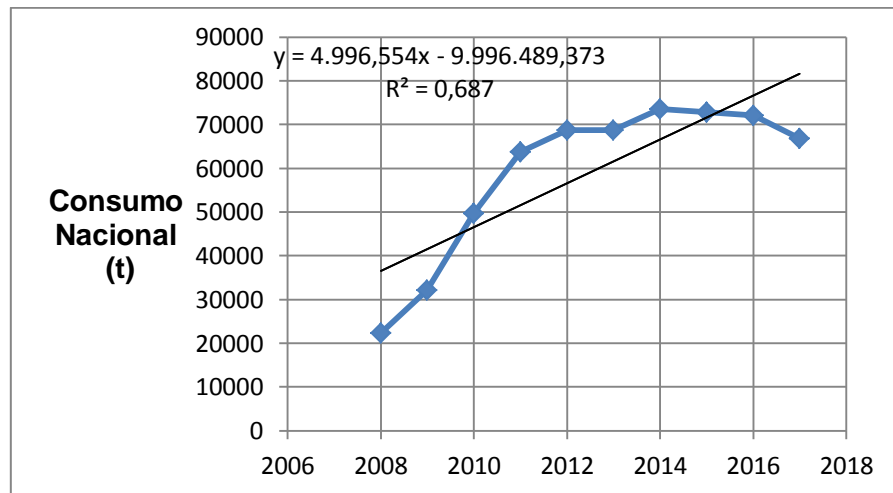


Figura 3.7: Curva suavizada de consumo Nacional de metóxido de sodio y su respectiva línea de tendencia.

Fuente: Elaboración propia.

La función lineal obtenida $y = 4996.654 * x - 9996489.373$ arroja un valor de R^2 (confiabilidad) de 0.687, esto indica que la expresión hallada no es lo suficientemente buena para ser aceptada. Ante esta situación se procede al cálculo de los valores de residuos, que se obtienen de la diferencia entre el consumo aparente suavizado y el valor arrojado por la función lineal de tendencia obtenida para cada año en cuestión. Dichos valores se encuentran expresos en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Cálculo de residuos de Curva Suavizada vs. Línea de Tendencia calculada.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Consumo Nacional Aparente Suavizado (CNA)	Valor de Línea de Tendencia (t)	Residuo (t)
2008	22326	36591,3	-14264,9
2009	32192	41587,8	-9396,3
2010	49744	46584,4	3159,1
2011	63819	51580,9	12238,1
2012	68683	56577,5	12105,5
2013	68683	61574,1	7109,0
2014	73547	66570,6	6976,5
2015	72841	71567,2	1274,1
2016	72136	76563,7	-4428,2
2017	66788	81560,3	-14772,8

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Con los datos de residuos de la tabla se procede a realizar un gráfico de control para determinar cuáles valores se encuentran en situación fuera de rango para luego ser recalculados.

Se genera un gráfico de control con el software StatGraphics Centurion el cual es representado en la figura 3.8. El gráfico de control tiene criterio de aceptación de 2.75 sigma, con una media de 0.01 t y límites de control de ± 8872.03 t.

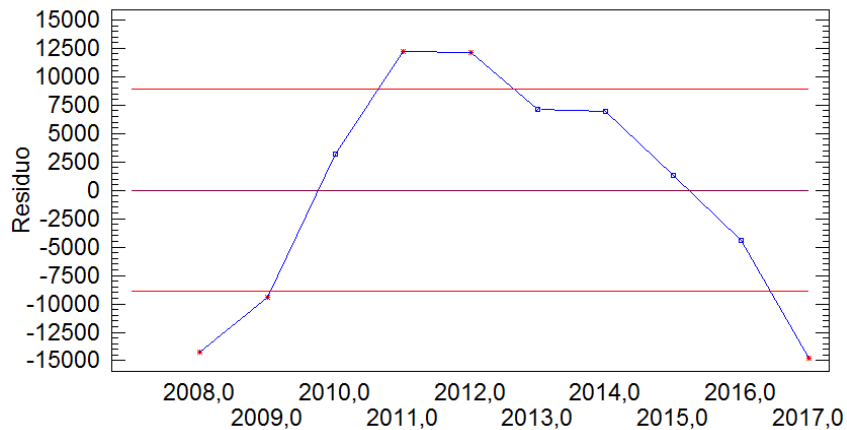


Figura 3.8: Gráfico de control para los residuos.

Fuente: Elaboración propia.

Identificados los puntos fuera de los límites de control, se procede a recalcular los valores de consumo mediante la diferencia entre el consumo nacional aparente suavizado (con las excepciones a lo largo de la evolución histórica) y el residuo, ambos extraídos de la tabla 3.9. La recta de tendencia que representa a los valores corregidos, está regida por la ecuación $y = 4924.4991 * x - 9844032.0198$, la cual presenta un R^2 altamente confiable cuyo valor es de 0.9478. En la figura 3.9 se representa la curva de consumo nacional final y la respectiva función lineal que la representa.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

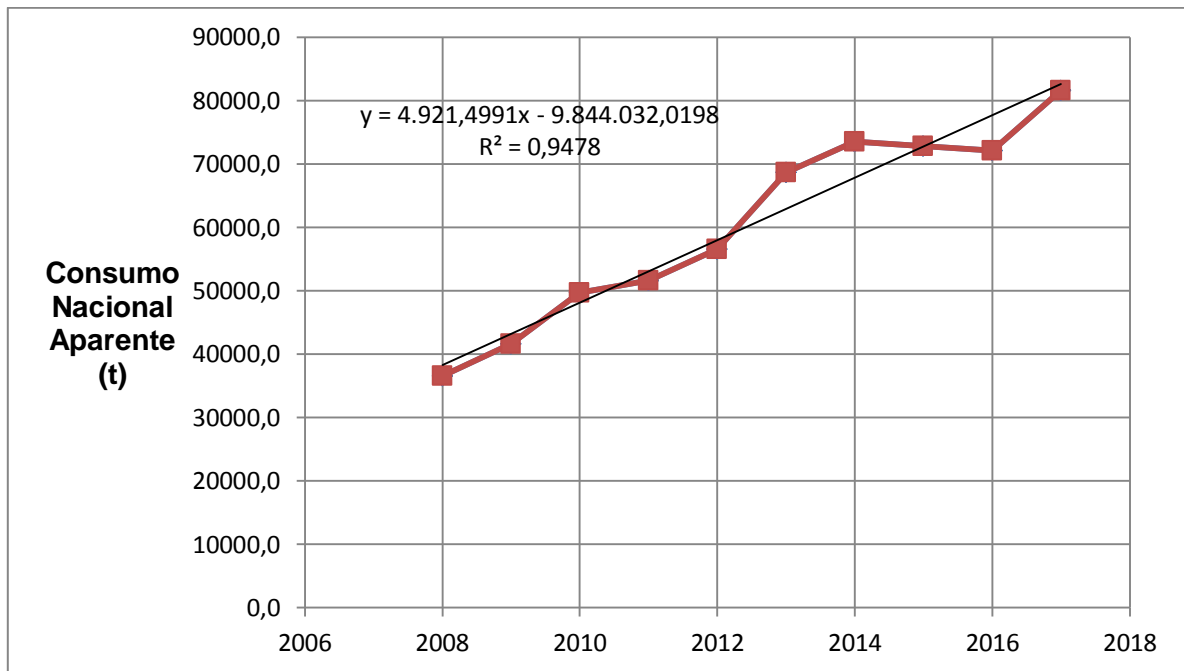


Figura 3.9: Curva de consumo nacional aparente final, y su respectiva regresión lineal.

Fuente: Elaboración propia.

3.8 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA NACIONAL DE METÓXIDO DE SODIO

El cálculo de la demanda nacional de metóxido de sodio se realiza utilizando los valores anuales de consumo graficados en la figura y la recta de regresión lineal $y = 4924.4991 * x - 9844032.0198$. A partir de la ecuación se puede obtener la demanda nacional de metóxido de sodio (expresada en toneladas) proyectada a 10 años.

Se detalla en la siguiente tabla los valores del consumo nacional aparente suavizado y los valores proyectados (período 2018 – 2027)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 3.10: Consumo aparente suavizado y proyectado a 10 años (2018 – 2027)

Fuente: Elaboración propia.

Año	Consumo Aparente (t)
2008	36591,3
2009	41587,8
2010	49743,5
2011	51580,9
2012	56577,5
2013	68683,0
2014	73547,1
2015	72841,3
2016	72135,5
2017	81560,3
2018	87553,1
2019	92474,6
2020	97396,1
2021	102317,6
2022	107239,1
2023	112160,6
2024	117082,1
2025	122003,6
2026	126925,1
2027	131846,6

**Valores
Proyectados
(t)**

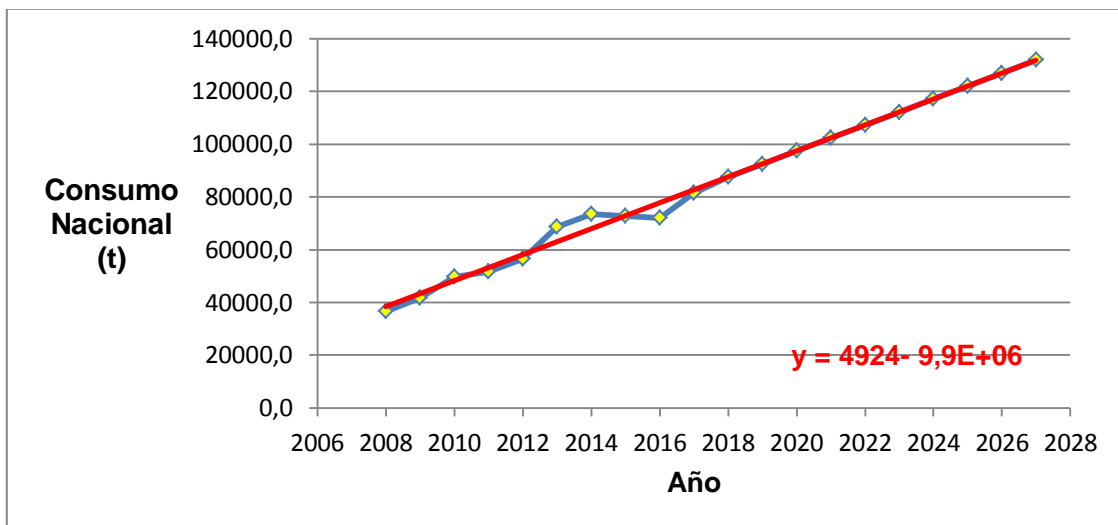


Figura 3.10: Curva de consumo nacional aparente y proyectado.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Se observa en la figura que la demanda Nacional de metóxido de sodio presenta un crecimiento sostenido hacia 2027. La tasa de incremento de la demanda es de 5% anual.

3.9 PRECIO NACIONAL DEL METÓXIDO DE SODIO

El metóxido de sodio en Argentina ha sido importado en una amplia franja de nuestra historia, hasta el año 2014 en el que se pone en funcionamiento la primera planta de producción de este en suelo Nacional, causando un efecto positivo en el precio en pos del mercado consumidor.

Además, el metóxido que se produce actualmente en Argentina utiliza como materia prima principal metanol. Dicho insumo se obtiene a partir del gas natural, y su precio está sujeto a las variaciones en el mercado del petróleo.

Para visibilizar y analizar la variabilidad de precios en los últimos años se acuden a dos fuentes de información confiables: SCAVAGE e IPA. En el análisis en cuestión se estudiará el comportamiento de valor CIF (cuyas siglas traducidas al español significan: Costo, Seguro y Flete) a lo largo del tiempo expresado en dólares por tonelada (USD/t); como así también el valor FOB (cifra que expresa el valor del producto en su lugar de origen, es decir valor de mercado).

En la tabla 3.11 se expresan los valores referidos a la importación, expresados en USD/t del metóxido de sodio en el periodo 2008 – 2017, cuyos datos fueron utilizados para generar la gráfica de la figura 3.11.

Tabla 3.11: Valor de importación de Metóxido en periodo 2008 – 2017.

Fuente: SCAVAGE e IPA.

Importación		
Año	CIF SCAVAGE (USD/t)	CIF IPA (USD/t)
2017	760,8	803
2016	684,1	684
2015	950,4	835
2014	937,4	977
2013	841,3	864
2012	865,6	891
2011	831,8	878
2010	809,7	815
2009	884,6	818
2008	1471,5	1172

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

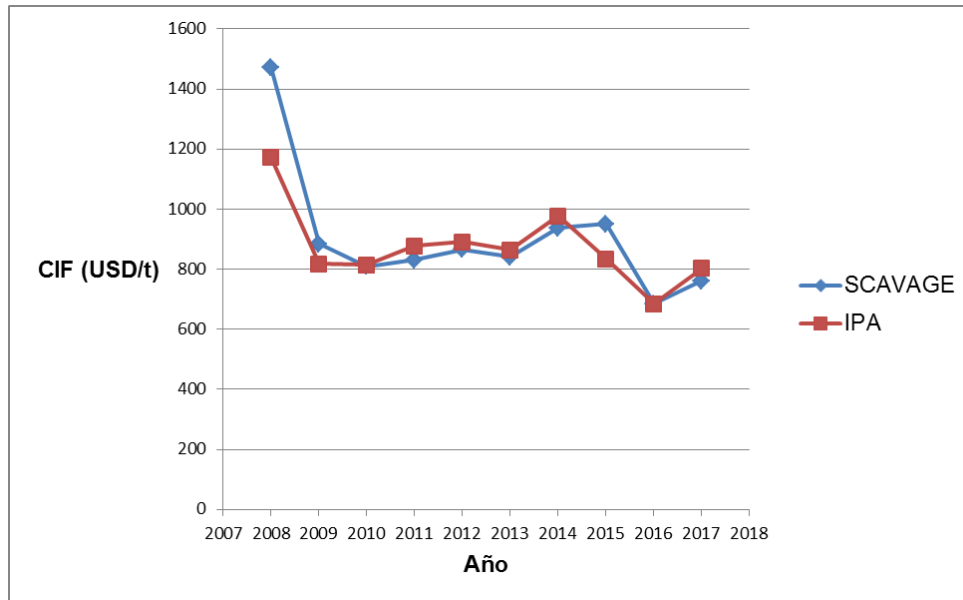


Figura 3.11: Representación gráfica de la evolución del valor CIF periodo 2008 – 2017.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se expresan los valores FOB expresados en USD/t del metóxido de sodio en el periodo 2014 - 2017, cuyos datos fueron utilizados para generar la gráfica de la figura 3.12.

Tabla 3.12: Precio Nacional de metóxido de sodio período 2014 – 2017.

Fuente: SCAVAGE e IPA.

Año	FOB SCAVAGE (USD/t)	FOB IPA (USD/t)
2017	640,6	687
2016	694,3	694
2015	968,7	970
2014	1013,1	1002

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

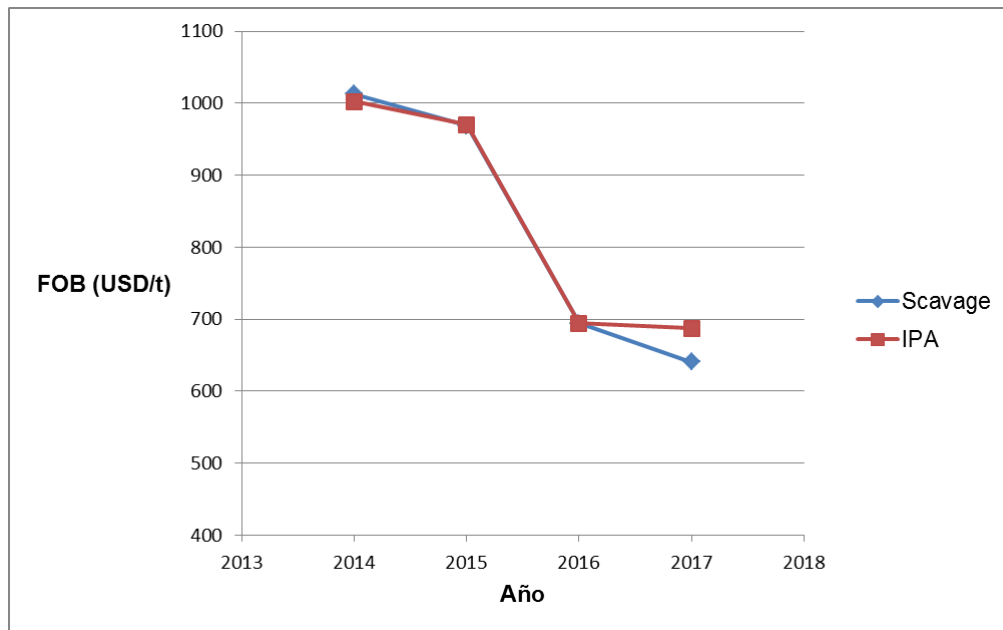


Figura 3.12: Representación gráfica de la evolución del valor FOB periodo 2014 – 2017.

Fuente: Elaboración propia.

El precio del metóxido en Argentina, ha sido fijado principalmente por la importación del mismo. En el año 2014, con el montaje y puesta en marcha de la planta de producción de metóxido a manos de la firma alemana Evonik en Puerto General San Martín, el valor de importación del mismo cayó y el precio se fue acomodando hasta llegar a un valor Nacional inferior al de importación, donde comienza a tener influencia el valor FOB frente al valor CIF. Esto es un punto importante, ya que para el mercado consumidor los precios fueron disminuyendo paulatinamente hasta quedar en evidencia la ventaja que ofrece la sustitución de importaciones del metóxido de sodio, principalmente en el año 2017.

Para paliar las variaciones que pueda sufrir el precio del metanol como consecuencia del inestable mercado del petróleo, resulta muy atractiva la idea de utilizar dicha materia prima obtenida a través de fuentes alternativas de producción, como el caso del glicerol.

Como la disponibilidad de datos acerca del FOB (USD/t) es escasa y no permite realizar proyecciones a futuro sobre su tendencia, se supone que el precio del metóxido en los próximos años se mantendrá en el intervalo de valores FOB comprendidos entre los años 2016 – 2017.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.10 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

3.10.1 Metanol

3.10.1.1 Configuración de la Industria Argentina de Metanol

La creciente demanda en la producción de biodiesel catapultó al metanol (agente que interviene en la reacción de transesterificación de aceites vegetales para su conversión a biodiesel) a un papel crucial en la industria Nacional.

En nuestro país, la empresa Alto Paraná S.A. cuenta con una planta de producción de Metanol en la localidad de Puerto General San Martín, provincia de Santa Fé. Además, la empresa YPF cuenta con una planta en la localidad de Plaza Huincul, provincia patagónica de Neuquén.

El auge del mercado del biodiesel cuyo epicentro de producción se encuentra en la provincia de Santa Fe, otorga ventajas logísticas a las empresas instaladas en dicha área. Disminuir los costos de transporte de metanol afecta directamente al precio final y a la competitividad del biodiesel. Ambas empresas utilizan como materia prima gas natural.

A comienzos del año 2019, comienza a operar en la localidad de San Lorenzo provincia de Santa Fé una innovadora planta de producción de metanol la cual utiliza como materia prima glicerina, la cual es un subproducto en la producción de biodiesel (Tesis Final de Grado, Producción de Metanol a partir de Glicerina. Bicego, Chiappero, Molinengo).

Dada esta reseña, la distribución de empresas productoras en territorio nacional quedan descriptas en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Capacidad de producción Nacional de Metanol.

Fuente: IPA.

<i>Compañía</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Provincia</i>	<i>Capacidad de producción anual (t)</i>	<i>Materia Prima</i>
YPF S.A.	Plaza Huincul	Neuquen	411000	Gas Natural
Arauco Argentina S.A.	Puerto General San Martín	Santa Fé	50000	Gas Natural
TFG Producción de Metanol a Partir de Glicerina	San Lorenzo	Santa Fé	150000	Glicerina
<i>Capacidad de producción anual (t)</i>			<i>611000</i>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.10.1.2 Mercado Nacional de Metanol: producción, balanza comercial, consumo y disponibilidad

En la tabla se detalla la producción Nacional de Metanol, información obtenida a través de los informes estadísticos de producción del INDEC, y los datos de la balanza comercial (importación/exportación) suministrados por SCAVAGE. En base a la información recabada fue posible realizar el cálculo del Consumo Nacional Aparente a través de la ecuación:

$$CNA = Producción + Importación - Exportación$$

Y el Metanol disponible se obtuvo a través de la ecuación:

$$Disponibilidad = Producción - Consumo$$

Tabla 3.14: Análisis del mercado Nacional de Metanol en Argentina.

Fuente: INDEC y SCAVAGE.

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo Nacional Aparente (CNA)	Disponibilidad (t)
2008	398587	66	168027	230626	167961
2009	319482	78	79826	239734	79748
2010	408085	116	79449	328752	79333
2011	400602	16429	45943	371088	29514
2012	411419	1958	42798	370579	40840
2013	365358	36539	42612	359285	6073
2014	402622	124231	84357	442496	-39874
2015	425043	83633	258266	250410	174633
2016	389031	54970	13214	430787	-41756
2017	350990	3503	1109	353384	-2394

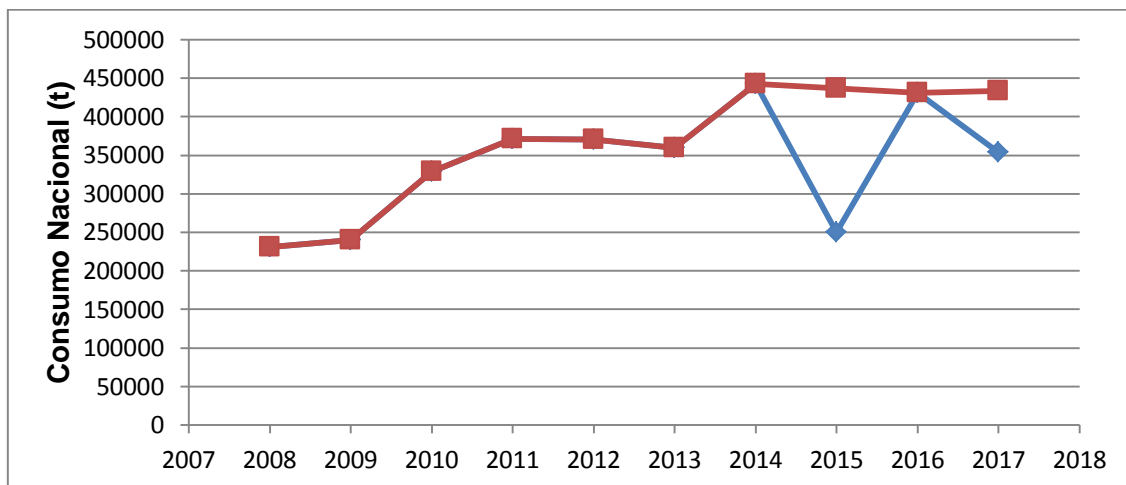


Figura 3.13: Gráfica de Consumo Nacional Aparente (azul) y Consumo Nacional Suavizado (rojo).

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En la figura se representa gráficamente los datos de Consumo Nacional Aparente (línea color azul) y el Consumo Nacional Suavizado (línea color rojo). La generación del gráfico del consumo Nacional actual demuestra valores atípicos en el año 2015 y 2017; estos valores atípicos son puntos aislados en los cuales el comportamiento del consumo Nacional se vio afectado por efectos circunstanciales del país: en el año 2015, el cambio de gobierno y sus políticas relacionadas al comercio exterior tuvieron efecto en el consumo, la tabla demuestra que en este año las exportaciones tuvieron un punto máximo, afectando el consumo interno del mismo; y en el año 2017, la fuerte recesión desarrollada en el país hizo que el consumo se aleje del valor esperado. Los valores anteriormente mencionados se 'suavizaron' recalculándolos. El valor del año 2015, se recalculó promediando el Consumo Nacional de los años 2014 y 2016. La cantidad demandada del año 2017 se recalculó promediando los valores del año 2015 y 2016. Esta estrategia de recalcular valores permite obtener una curva que se ajuste correctamente al comportamiento de consumo Nacional, minimizando el error y obtener un R^2 de juste cercano a 1.

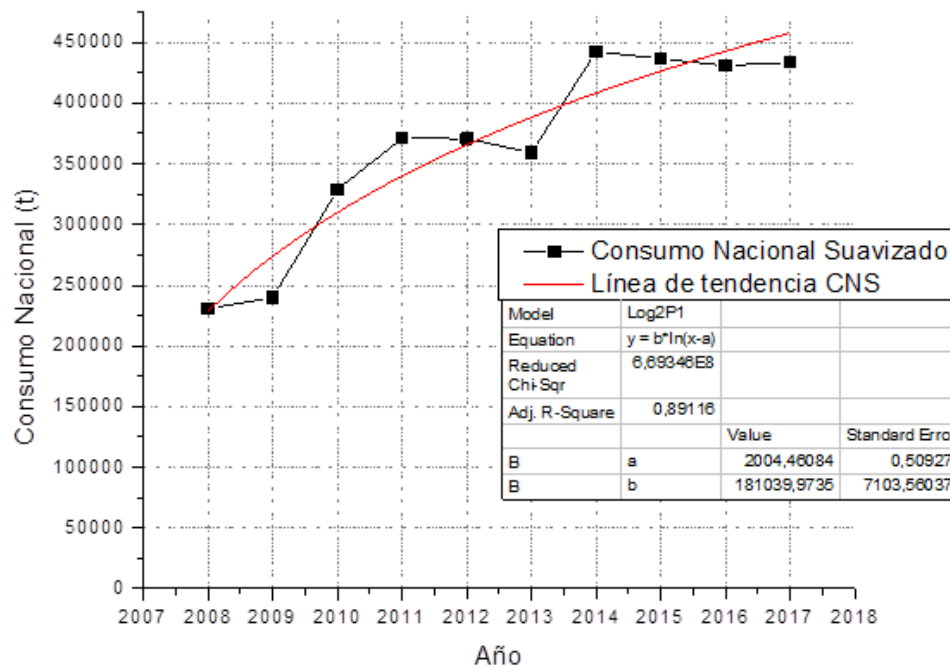


Figura 3.14: Consumo Nacional Suavizado con su respectiva línea de tendencia.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Con el software OriginPro 8.5 se genera la regresión que mejor representa el consumo Nacional período 2008 – 2017; la tendencia obtenida tiene como ecuación: $y = 181039.9735 * \ln(x - 2004.46084)$ y presenta un R^2 de 0.89116, valor confiable para poder realizar la predicción a futuro del Consumo Nacional aparente para los años posteriores, los cuales se expresan en la tabla.

Tabla 3.15: Consumo Nacional Aparente Suavizado y proyección a 10 años (2018 – 2027).

Fuente: Elaboración propia

Año	Consumo Nacional Aparente Suavizado (CNA)
2008	230626
2009	239734
2010	328752
2011	371088
2012	370579
2013	359285
2014	442496
2015	436641,5
2016	430787
2017	433714
2018	471715,3
2019	484616,1
2020	496658,4
2021	507949,4
2022	518577,4
2023	528615,9
2024	538127,0
2025	547163,1
2026	555769,7
2027	563985,5

Valores
Proyectados
(t)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

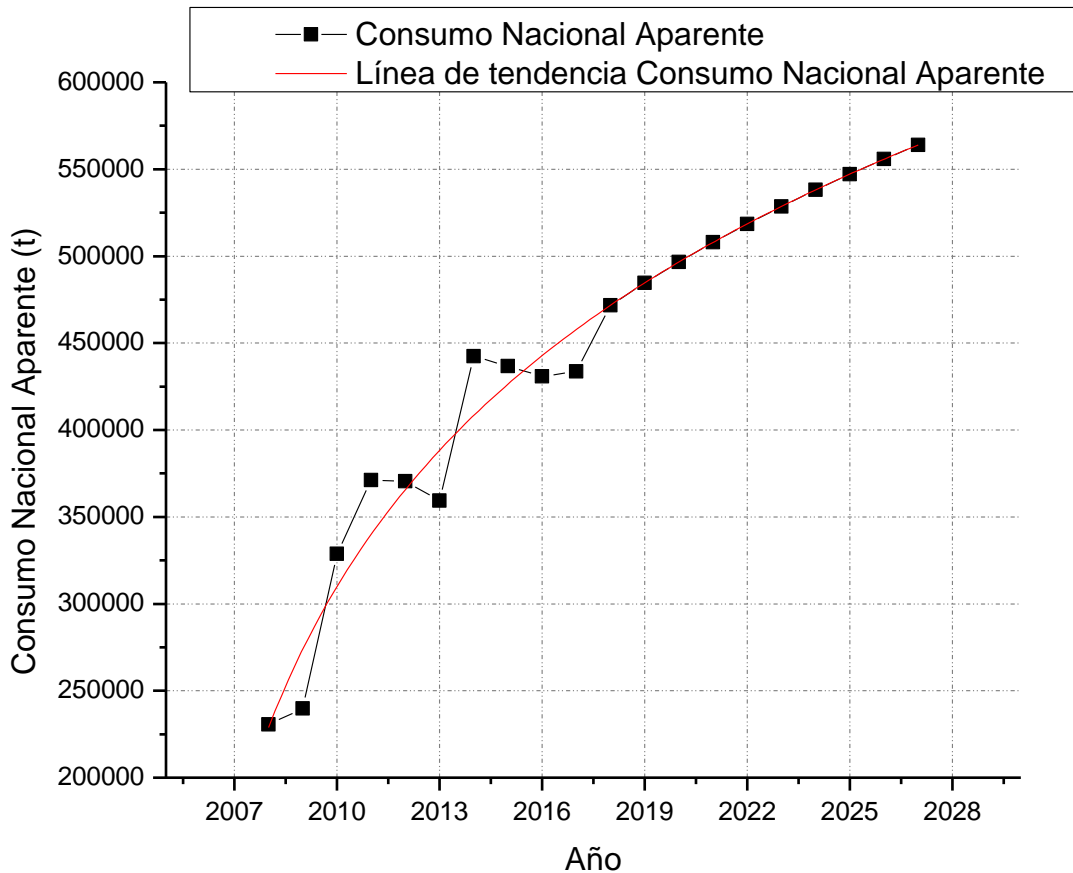


Figura 3.15: Puntos del Consumo Nacional Suavizado con su respectiva línea de tendencia.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, el nivel de consumo Nacional al año 2018 es de 471715,3 t, el cual supera ligeramente a la capacidad de producción de YPF S.A. y Arauco S.A en conjunto, la cual es de 461000 t/año.

Con el inicio de operación de la planta de metanol a partir de glicerina en la localidad santafesina de San Lorenzo en el año 2019, la producción Nacional de Metanol ascenderá a 611000 t/año, valor que soporta la totalidad de la demanda Nacional en el período 2018 – 2027. En el último año de esta ventana de tiempo (año 2027) la demanda Nacional será de 563985,5 t, cantidad absorbida por la capacidad total de producción de Metanol en el país.

Se concluye de este análisis que la disponibilidad de Metanol para la realización del proyecto es alta.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

3.10.1.3 Precio Nacional del Metanol

Hacia comienzos del año 2019, la totalidad del metanol producido en Argentina tuvo como fuente de materia prima el Gas Natural. La utilización de un combustible fósil como puntapié para la obtención de Metanol tiene una gran incidencia en el precio del mismo, ya que la variabilidad de precios en los combustibles fósiles (petróleo y gas natural) a escala Global y Nacional afecta directamente al valor del Metanol.

Se procede a indagar el valor de precios a escala Nacional mediante el valor FOB (USD/t) del Metanol para observar su comportamiento a lo largo del tiempo. El precio anteriormente mencionado se expresa en la tabla.

Tabla 3.16: Valor FOB (USD/t) del Metanol en el período 2008 – 2017.

Fuente: SCAVAGE e IPA.

Año	FOB SCAVAGE (USD/t)	FOB IPA (USD/t)
2017	426,0	426
2016	270,9	324
2015	298,6	295
2014	423,8	431
2013	411,4	411
2012	335,8	335
2011	289,2	284
2010	198,4	198
2009	109,8	109
2008	430,2	397

Con la información de la tabla se realiza el gráfico que representa el comportamiento del valor FOB (USD/t) con el tiempo, en el período 2008 – 2017.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

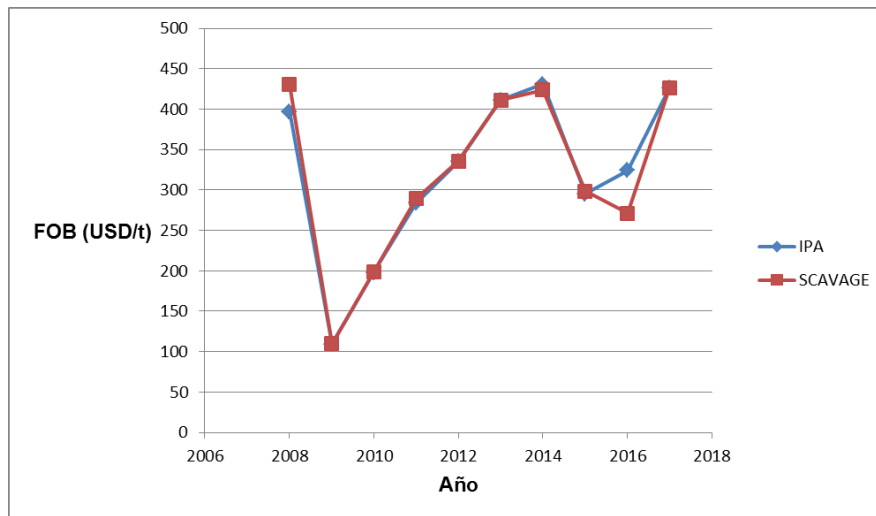


Figura 3.16: Representación del valor FOB del Metanol (USD/t) en el período 2008 – 2017.

Fuente: Elaboración propia.

El precio del Metanol presenta una gran variabilidad, asociada a los cambios que ocurren a nivel Mundial con los valores del petróleo y gas natural. Esta alteración frecuente en los precios hace que resulte imposible encontrar un modelo matemático capaz de predecir el funcionamiento de los precios a futuro del mismo.

Con la puesta en marcha de una planta que es capaz de producir metanol a partir de un método alternativo de elaboración se obtendrá una materia prima con un precio estabilizado, ya que su generación no depende de los combustibles fósiles, sino de la glicerina: un subproducto de la industria el cual no posee una gran utilización.

3.10.2 Hidróxido de Sodio

En Argentina, la configuración de la industria de Hidróxido de sodio se detalla en la tabla.

Tabla 3.17: Configuración de la industria Nacional de Hidróxido de Sodio, año 2018.

Fuente: IPA.

<i>Compañía</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Provincia</i>	<i>Capacidad de producción anual (t)</i>
ATANOR S.C.A	Río Tercero	Córdoba	43200
CLOROX ARGENTINA S.A.	Pilar	Buenos Aires	17153
LEDESMA SAAI	Pablo Ledesma	Jujuy	7700
PETROQUÍMICA RIO TERCERO S.A.	Río Tercero	Córdoba	28500
UNIPAR INDUPA SAIC	Bahía Blanca	Buenos Aires	194000
TRANSCLOR S.A.	Pilar	Buenos Aires	126000
<i>Capacidad de producción anual (t)</i>			<i>416553</i>

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En la tabla se expresan datos de producción, comercio exterior y consumo nacional aparente, con información suministrada por el IPA.

Tabla 3.18: Análisis del mercado Nacional de Metanol en Argentina.

Fuente: IPA.

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo Nacional Aparente (CNA)
2008	327343	24471	16704	335110
2009	287563	19619	27696	279486
2010	277318	22489	10611	289196
2011	320666	13569	22755	311480
2012	337587	10992	21707	326872
2013	345490	12048	16438	341100
2014	320807	8223	31393	297637
2015	306139	9605	20441	295303
2016	304247	9041	13478	299810
2017	319716	6168	19126	306758

La demanda Nacional de hidróxido de sodio es de aproximadamente 308725 t/año, valor obtenido promediando el consumo nacional en el período 2008 – 2017, la demanda mantiene variaciones mínimas a lo largo del tiempo, y es ampliamente abastecida por la producción nacional cuya capacidad total es de 416553 t/año.

Con lo anteriormente mencionado, y considerando que el hidróxido de Sodio es un insumo en el proceso de producción, se asume innecesario detallar su mercado.

3.11 ANÁLISIS DE FODA

El análisis FODA es una herramienta la cual permite realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles. También permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 3.19: Análisis FODA.

Fuente: Elaboración propia.

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none">• El metóxido de sodio es un importante producto industrial, difícil de sustituir por otros con características similares.<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad nacional y cercanía a las materia primas• El precio del metóxido de sodio se encuentra por encima del precio de la materia prima.<ul style="list-style-type: none">• Demanda Nacional insatisfecha creciente en los próximos 10 años.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none">• Los análisis arrojan la oportunidad de montar una industria rentable y atractiva para los inversores• Posibilidad de asociación con proveedores de materia prima• Posibilidad de acceso a mercados externos.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none">• Existencia de una planta productora de metóxido de sodio en territorio Nacional.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none">• Inestabilidad monetaria y economía del país.• Competencia con los principales productores de metóxido de sodio.

3.12 CONCLUSIONES

En base al estudio de mercado realizado se concluyen los siguientes puntos:

- Si bien se detalla el consumo de metóxido de sodio en países como Brasil, Colombia y Uruguay, esta información es meramente descriptiva ya que no se apunta a ingresar el producto en dichos mercados.
- Analizando el consumo Nacional aparente de metóxido de Sodio en el período 2018 - 2027, se observa demanda insatisfecha a partir del año 2018 con un déficit de aproximadamente 30000 t/a, con una tendencia de aumento de la misma hacia el año 2027, a razón de 5% anual. Esto define que el nicho de mercado a satisfacer es el argentino.
- La materia prima necesaria para la producción, metanol, permite disponer del mismo en cantidades suficientes, por lo que el abastecimiento que no un problema en el período 2018 – 2027.
- La cercanía a las fuentes de materia prima y mercado consumidor genera una ventaja competitiva para la instalación de la planta: ubicada en el mismo parque industrial donde se encuentra la empresa proveedora de materia prima, y radicada en el corazón de producción Nacional de Biodiesel.
- La presencia de grandes empresas Multinacionales como Evonik y BASF en territorio Latinoamericano dificulta el crecimiento y expansión del proyecto, aunque se pueden generar acuerdos de ventas conjuntas.

CAPÍTULO N°4

LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA

4.1 INTRODUCCIÓN

La elección de emplazamiento de la planta, tiene como propósito encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto y por consiguiente su posterior éxito. Es fundamental lograr que los costos de instalación, producción y distribución sean mínimos, y considerar la proyección a futuras ampliaciones de la planta.

El análisis de determinar el lugar de locación permite reducir las soluciones posibles y descartar sectores que no corresponden con los requerimientos del proyecto. Para determinar el lugar de emplazamiento, intervienen numerosos factores, de los cuales algunos poseen mayor relevancia y son los que se analizan a la hora de tomar decisiones. Con esta metodología pueden seleccionarse regiones a los cuales se les aplicará el método de puntuaciones ponderadas para determinar la ubicación óptima para el proyecto.

Dentro de los factores de análisis para la ubicación óptima de la planta, se enumeran los siguientes:

- Cercanía a las fuentes de materia prima.
- Ubicación del mercado consumidor.
- Impuestos y servicios públicos.
- Ubicación de la competencia.
- Mano de obra calificada.
- Medios de transporte.
- Acceso a terreno.

4.2 MACROLOCALIZACIÓN

Consiste en decidir la región más ventajosa donde se ubicará el proyecto; describe la zona geográfica general en la que se va a encontrar la planta.

Una situación macroeconómica funcional sirve como base para hacer atractivas las ubicaciones de propiedades siendo requisito previo para una inversión. Generalmente, la importancia relativa de la macrolocalización con respecto a la microlocalización se incrementa en la medida del tamaño del proyecto y la propiedad.

El producto a desarrollar tiene una amplia aplicación en la industria del biodiesel, por lo que la macrolocalización apuntará a radicar el proyecto en zonas cercanas a dicha generación de biocombustible.

Los factores principales a la hora de determinar el emplazamiento de proyecto de producción de metóxido de sodio se describen a siguiente:

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

1. Disponibilidad de materia prima.
 - Principales fuentes de abastecimiento.
 - Costo del transporte.
2. Zona de consumo o mercado.
3. Disponibilidad de servicios generales y terreno.

4.2.1 Disponibilidad de materia prima

La cercanía a la materia prima es uno de los criterios más importantes, por lo cual recibe la ponderación más alta; el material básico fundamental para la producción de metóxido de sodio es el metanol. Es importante realizar un análisis de las empresas que dispongan de dicho producto, y en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de planta. Además, el enfoque no solo se centra en disponer materia prima en calidad y cantidad, sino también la distancia a la empresa que provea dicho producto, o en su defecto disponer de medios de transporte para el abastecimiento, el costo se verá afectado por la distancia y cantidad transportada.

Tabla 4.1: Empresas productoras de Metanol en Argentina.

Fuente: Elaboración propia.

Empresa	Localización	Capacidad Instalada (tn/año)	Materia Prima
YPF S.A.	Plaza Huincul (Neuquén)	400000	Gas Natural
Alto Paraná S.A.	Puerto Gral. San Martín (Santa Fe)	50000	Gas Natural
Tesis Producción de Metanol a Partir de Glicerina. Bicego, Chiapero, Molinengo, año 2018.	San Lorenzo (Santa Fe)	150000	Glicerina

Realizando un análisis de barrido de la tabla 4.1 en la que se enumeran las plantas productoras de metanol en Argentina, se deduce que la planta se emplazará entre las provincias de Neuquén y Santa Fe.

Se observa que un 70% de la producción Nacional de Metanol se encuentra en la provincia de Neuquén, y el 30% restante se produce en Santa Fe.

En la figura 4.1 se muestra la ubicación en el territorio Nacional de las plantas productoras de metanol.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol



Figura 4.1: Ubicación de plantas productoras de Metanol.

Fuente: GoogleMaps.

4.2.2 Zonas de consumo o mercado

La distancia a zonas de consumo es el criterio en segunda ordenación según los criterios ponderados, el producto va a ser consumido en su totalidad por el mercado de producción de biodiesel, por lo que es importante que la planta se ubique en cercanías a dicho nicho de mercado, ya que la distancia afectará a los costos de distribución del producto. Además es importante que se encuentre emplazada en cercanías de Rutas Nacionales y puertos.

En Argentina se encuentran 37 fábricas de biodiesel en funcionamiento, de las cuales 12 son de gran tamaño, con capacidad de producción igual o superior a 100000 t/año. De esas 12, 10 se encuentran ubicadas en el gran Rosario, las cuales se representan en la figura 4.2.

4.2.3 Distancia a la competencia

En Argentina el único productor de metóxido de sodio es la empresa alemana Evonik, cuya planta se encuentra emplazada en la ciudad de Puerto General San Martín. La ubicación de su planta se observa con el marcador color rojo en la figura 4.2.

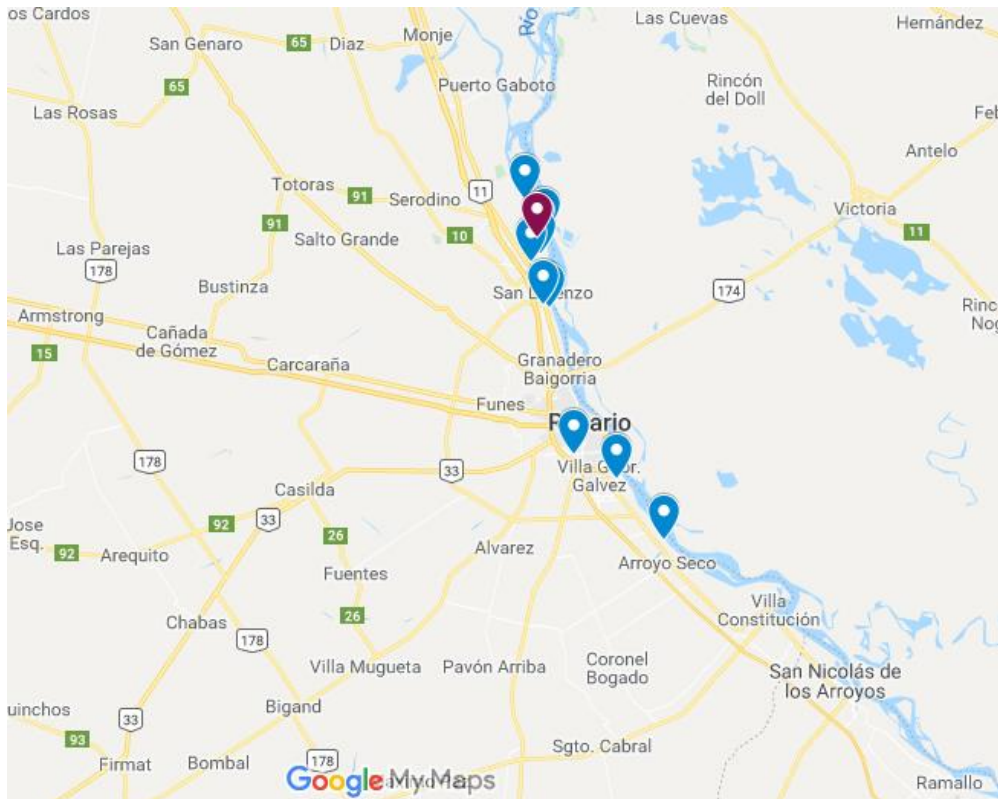


Figura 4.2: Ubicación de plantas productoras de biodiesel del Gran Rosario (celeste) y de metóxido de sodio (violeta).

Fuente: GoogleMaps.

4.2.4 Disponibilidad de servicios generales y terreno

El costo del terreno, los servicios e impuestos, son un factor importante a tener en cuenta, ya que influyen directamente en el precio del metóxido de sodio que se busca producir.

Además, el espacio debe ser suficiente para dar lugar a todas las instalaciones de la planta: administración, producción y almacenamiento.

En base al análisis de los factores anteriormente mencionados, se concluye que la provincia de Santa Fe es óptima para macrolocalización de la planta de producción de metóxido de sodio.

4.3 MICROLOCALIZACIÓN

Es el estudio que se hace con el propósito de seleccionar el lugar exacto para desarrollar el proyecto, en el cual se va elegir el punto preciso, incluido en la macro zona, en donde se ubicará definitivamente la empresa.

En la micro localización deben tomarse varios aspectos importantes como la localización urbana, suburbana o rural para el transporte del personal, disponibilidad de servicios, condiciones de las vías urbanas y de las carreteras, la recolección de basuras y residuos, restricciones locales, impuestos, tamaño del sitio, forma del sitio, características topográficas del sitio, así como condiciones del suelo en el sitio.

Los parques industriales son predios destinados a la localización planificada de industrias cuyo espacio físico se define de antemano y cuenta con obras de infraestructura y servicio básicos que garanticen e incentiven el desarrollo de industrias nuevas y la relocalización y/o ampliación de aquellas instaladas en el ejido urbano, que provocan inconvenientes o perturbaciones ambientales y no tienen posibilidades de expansión.

Ventajas que brindan los parques y áreas industriales:

- Menor costo de los terrenos.
- Menor costo de la infraestructura y de los servicios comunes centralizados.
- Mayor seguridad en el abastecimiento de energía eléctrica, gas, comunicaciones, etc.
- Permite un mejor control del medio ambiente en el mismo predio y en el ejido urbano.
- Beneficios promocionales.

Considerando las ventajas anteriormente mencionadas, y teniendo en cuenta el costo del transporte del Metanol, se analizarán los parques industriales ubicados en la provincia de Santa Fe, principalmente en los que están localizados en el área de mayor producción de biodiesel. Además se analizará en conjunto con lo mencionado anteriormente la distribución de mano de obra disponible en dicha provincia a través de un ordenamiento de ponderación, y de esta manera se determinará la ubicación de la planta.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

4.3.1 Distribución de parques industriales en la provincia de Santa Fe

En la Figura 4.3 se demuestra la ubicación de los parques industriales más cercanos a la zona de mayor producción de biodiesel, en área próxima a la localidad de Puerto General San Martín.

Dentro de los cuales se encuentran:

- Parque Industrial San Lorenzo.
- Parque Industrial Cañada de Gómez.
- Área Industrial Carcarañá.
- Área Industrial Oficial del Desarrollo de Roldán.

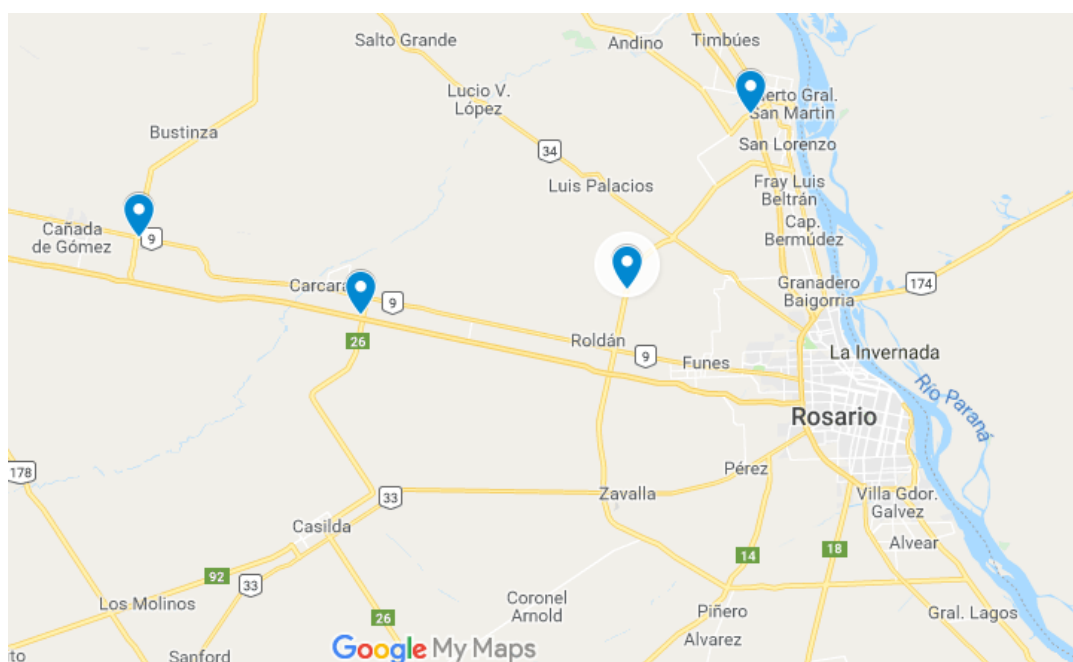


Figura 4.3: Distribución de parques industriales ubicados en la zona de mayor producción de biodiesel en Argentina.

Fuente: GoogleMaps.

4.3.2 Disponibilidad de la materia prima y costo del transporte

Las empresas santafesinas que pueden suministrar materia prima al proyecto son: Alto Paraná S.A. (ubicada en la localidad de Puerto General San Martín) con una capacidad de 50000 t/a y Tesis de Producción de Metanol a Partir de Glicerina. Bicego, Chiappero, Molinengo, año 2018 con una capacidad de producción anual de 150000 (localizada en San Lorenzo).

La disponibilidad de materia prima suministrada por Alto Paraná S.A. es limitada, ya que la planta de metóxido de sodio de Evonik utiliza el metanol de esta planta en su proceso productivo. La empresa productora de metanol a partir de glicerina ubicada en San Lorenzo

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

produce el triple de metanol al año que esta planta, por lo que la disponibilidad de materia prima no sería un aliciente y puede considerarse en igual grado para cada parque industrial.

En la tabla 4.2 y 4.3 se detalla el precio del flete desde las empresas de suministro de materia prima a los parques industriales disponibles: el precio del diesel utilizado para transporte es de \$39.41 por litro (Global Petrol Prices, 2019), y el consumo de combustible es de 25L por cada 100km recorridos (Scania, 2018). Se observa que el proveedor de materia prima que se encuentra a menor distancia es la opción propuesta en la tabla 4.3.

Tabla 4.2: Precio de flete desde Alto Paraná S.A. a los parques industriales propuestos.

Fuente: Elaboración propia.

Locación	Distancia desde Puerto General San Martín (km)	Flete (\$)
Parque Industrial San Lorenzo	7	68,97
Área Industrial Oficial del Desarrollo de Roldán	35	344,84
Área Industrial Carcarañá	65	640,41
Parque Industrial Cañada de Gómez	90	886,73

Tabla 4.3: Precio de flete desde Tesis Producción de Glicerina a partir de Metanol a los parques industriales propuestos.

Fuente: Elaboración propia.

Locación	Distancia desde Parque Industrial San Lorenzo (km)	Flete (\$)
Parque Industrial San Lorenzo	0	0,00
Área Industrial Oficial del Desarrollo de Roldán	30	295,58
Área Industrial Carcarañá	60	591,15
Parque Industrial Cañada de Gómez	85	837,46

4.3.3 Distribución de la población en la provincia de Santa Fe y disponibilidad de mano de obra

Este punto es muy importante, ya que si la zona de alta producción coincide con una de alta densidad poblacional y buena oferta de mano de obra disponible prácticamente se resolvería la microlocalización de la planta.

En la figura 4.4 se encuentra la distribución demográfica representada en densidad poblacional (hab/km²) en la provincia de Santa Fe.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

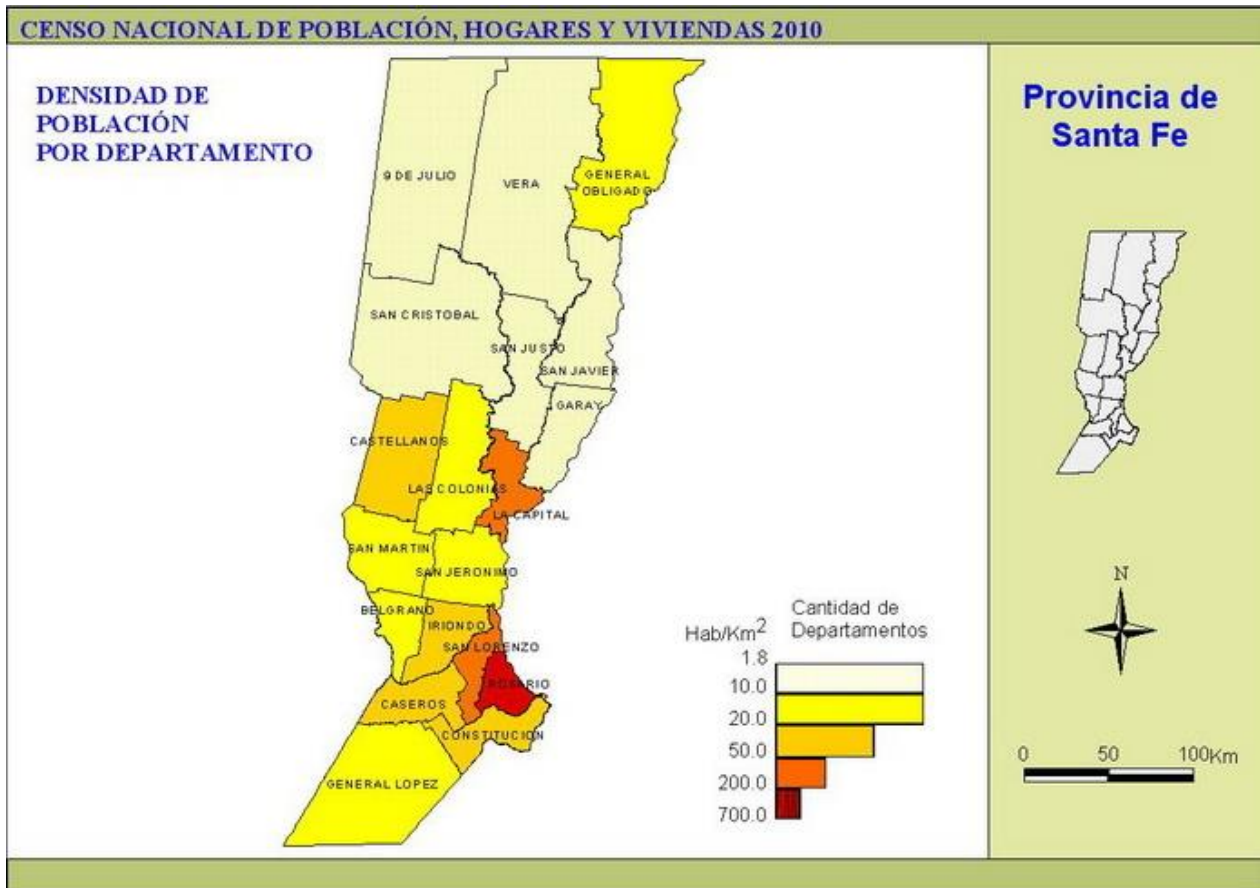


Figura 4.4: Densidad de población por departamento en la provincia de Santa Fe.

Fuente: Gobierno de la Provincia de Santa Fe.

De la figura 4.4 se concluye que el aglomerado urbano Rosario – San Lorenzo (ubicado en el corazón del área de mayor producción de biodiesel en Argentina) concentra la mayor fracción de población en la provincia de Santa Fe.

Según el informe del último trimestre del año 2018 por parte del INDEC, el desempleo en el Gran Rosario data de 12.8%, este valor sugiere que en dicha área existe mano de obra disponible para el presente proyecto.

4.3.4 Disponibilidad de lotes

Según el último listado del Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI) publicado el 1 de marzo del año 2018, los únicos parques industriales de los cuatro anteriormente mencionados que poseen lotes disponibles son: Área Industrial Oficial del Desarrollo de Roldán y Parque Industrial de San Lorenzo.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

4.3.5 Disponibilidad de servicios y beneficios impositivos

Debido a que la planta se instalará en un parque industrial, no es necesario realizar obras de infraestructuras ya que poseen los servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la fábrica.

La provincia de Santa Fe posee diferentes leyes relacionadas a beneficios impositivos con la exención del 100% de:

- Impuesto sobre los Ingresos Brutos (tanto por ingresos correspondientes a ventas al por mayor como al por menor).
- Aporte Patronal Ley 5110.
- Impuesto Inmobiliario.
- Tasa Retributiva de Servicios.
- Impuesto de Sellos.
- Patente Única sobre Vehículos que se encuentren afectados a la actividad a desgravar.

4.3.6 Método de puntuaciones ponderadas

Este método realiza un análisis cuantitativo en el que se comparan entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una localización válida. La sumatoria de todas las ponderaciones debe ser 1000, asignándose una puntuación a cada uno de los lugares en base a un porcentaje, siendo 100 % la perfección. Luego, estos porcentajes se multiplican por la ponderación correspondiente dando como resultado el grado de perfección. Finalmente, la sumatoria de los grados de perfección permite deducir la región más adecuada.

En la Tabla 4.4 se detalla el método de ponderaciones para el presente proyecto. Los factores más importantes considerados son la disponibilidad de materia prima y el costo que tiene su transporte. La disponibilidad de terrenos en el parque industrial es un factor no menos importante, ya que determinará que parques tienen la capacidad de alojar el proyecto. Finalmente el suministro de servicios se considera prácticamente igual para todos los parques industriales de acuerdo a su cercanía a la zona del Gran Rosario. Los beneficios impositivos no se incorporan ya que las empresas que se ubican en la misma provincia gozarán de los mismos beneficios.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 4.4: Desarrollo del método de factores ponderados.

Fuente: Elaboración propia.

Factor	Ponderación	Parque Industrial San Lorenzo		Área Industrial Oficial del Desarrollo de Roldán		Área Industrial Carcarañá		Parque Industrial Cañada de Gómez	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado	%	Grado
Disponibilidad de la materia prima	350	100	350	97,5	341,25	95	332,5	92,5	323,75
Flete de la materia prima	300	100	300	83	249	66	198	51	153
Disponibilidad de lotes	200	100	200	100	200	0	0	0	0
Disponibilidad de mano de obra	100	90	90	90	90	85	85	80	80
Suministro de servicios	50	85	42,5	85	42,5	80	40	80	40
TOTAL	1000	475	982,5	455,5	922,75	326	655,5	303,5	596,75

Como resultado del método de ponderaciones, la planta se ubicará en el Parque Industrial de la localidad de San Lorenzo, teniendo como ventaja competitiva el emplazamiento en el mismo lugar donde se encuentra la planta de metanol a partir de glicerina.

4.4 PARQUE INDUSTRIAL SAN LORENZO

Se ubica al Noroeste de la ciudad de San Lorenzo, en el área delimitada por la Autopista Rosario-Santa Fe, la intersección de la Ruta Provincial N°10, las vías del Ferrocarril Mitre (hoy Nuevo Central Argentino) y el Arroyo San Lorenzo, dentro un área denominada “Zona de Promoción Industrial” (Ord. N° 2111/98).

Comprendido dentro del Área Metropolitana del Gran Rosario, el Parque fue proyectado en base a las normas urbanísticas locales y provinciales, contribuyendo con la planificación territorial de la ciudad y la región, favoreciendo el desarrollo industrial de forma sustentable y en armonía con sus habitantes y el medio ambiente. En la figura 4.3 se representa la ubicación del Parque Industrial San Lorenzo y sus principales vías de acceso.



Figura 4.5: Ubicación del Parque Industrial San Lorenzo.

Fuente: <http://www.pisanlorenzo.com/page/ubicacion>.

4.4.1 Conectividad

- *Acceso directo* a: la Ruta Provincial Nº 10, la Autopista Rosario–Santa Fe y las vías del Ferrocarril G. Mitre (NCA).
- *Cercanía con*: las autopistas Rosario-Córdoba, Rosario- Buenos Aires, las Rutas Nacionales Nº 11, 9 y A012, el Puente Rosario-Victoria, los puertos fluviales sobre la hidrovía Paraná-Paraguay y con el Aeropuerto Internacional Rosario.

4.4.2 Características y servicios

En la figura 4.4 se encuentran diferentes características y servicios que el parque ofrece.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Superficie	150 ha
Cantidad de Lotes	200
Dimensiones de Lotes	1250 m ²
	2500 m ²
	5000 m ²
	15000 m ²
	20000 m ²
Servicios Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> ● Red Eléctrica de Baja y Media Tensión <ul style="list-style-type: none"> ● Red de Agua Corriente ● Red de Media y Alta Presión de Gas Natural <ul style="list-style-type: none"> ● Red de Cloacas ● Sistema de desagües pluviales ● Red de Telefonía ● Servicio de Internet / Wi-Fi ● Iluminación Interior y Alumbrado Público exterior <ul style="list-style-type: none"> ● Sistema Hidrantes contra Incendios ● Balanza Común
Servicios Complementarios	● Salón de Usos Múltiples (SUM)
	● Depósito Común
	● Centro de Emergencias Médicas y Primeros Auxilios
	● Desvío Ferroviario
	● Playa de Maniobras para actividades logísticas multimodales
	● Guardería Infantil
● Hotel	
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ● Doble Cerco Perimetral ● Seguridad Privada las 24 hs. ● Sistema Integrado de Monitoreo ● Sistema de Control de Ingresos y Egresos
Salones, negocios	● Salón de Convenciones
	● Salón de Exposiciones
	● Centro de Negocios
	● Edificio de Oficinas
	● Salón de Usos Múltiples (SUM)
Servicios financieros y administrativos	● Banco
	● Oficina de Dependencias Provinciales y municipales

Figura 4.6: Características del parque industrial San Lorenzo.

Fuente: <http://www.pisanlorenzo.com/page/servicios>.

4.4.3 Distribución de Lotes y ubicación

En la figura 4.5 se encuentra la distribución de lotes del parque industrial y en la figura 4.6 el emplazamiento de la planta (azul), la competencia (rojo) y los principales productores de biodiesel (celestes).

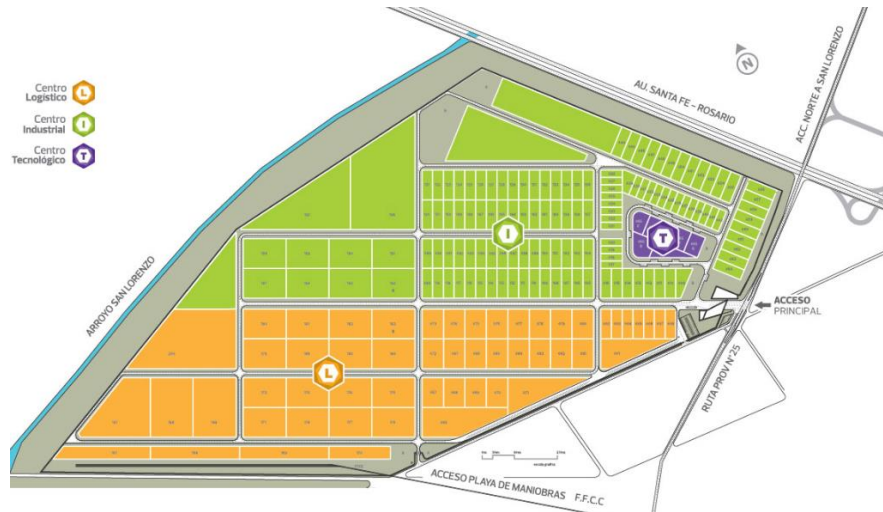


Figura 4.7: Distribución de lotes del parque Industrial San Lorenzo.

Fuente: <http://www.pisanlorenzo.com/page/lotes>.

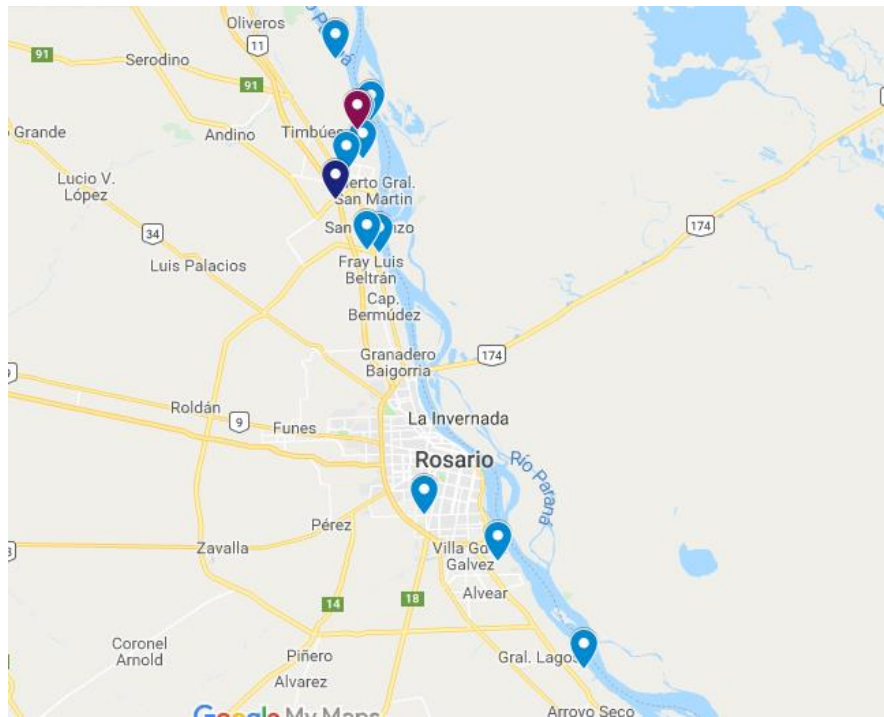


Figura 4.8: Ubicación de competencia, parque industrial San Lorenzo y principales productores de biodiesel.

Fuente: Google Maps.

4.4.4 Ventajas y beneficios impositivos

Además de contar con todos los servicios esenciales y servicios complementarios, las empresas que se instalen en el Parque accederán las siguientes ventajas:

- Reducción de los costos por generación de economías de aglomeración, a partir de la compra conjunta de insumos y materias primas, las relaciones de compra-venta entre las firmas, y la posibilidad de radicación próxima de proveedores y subcontratistas, logrando ahorro en transporte y logística.
- Posibilidad de modernización tecnológica, edilicia y logística.
- Relaciones espontáneas o planificadas entre las empresas, promovidas por el consorcio de administración.
- Cooperación entre las empresas en diversas facetas, desde el intercambio y la producción conjunta de conocimientos tecnológicos, hasta la contratación de servicios y la colocación de la producción.

Además, la Ley N° 11.525 de Parques y Áreas Industriales y la Ley N° 8.478 de Promoción Industrial de la Provincia de Santa Fe, otorgan a las empresas que se radiquen en Parques Industriales, importantes beneficios y exenciones impositivas de hasta el 100% de los impuestos provinciales, por un período de hasta 10 años:

- Impuesto sobre los Ingresos Brutos.
- Impuesto Inmobiliario.
- Patente Automotor.
- Impuesto de Sellos.
- Aporte patronal ley 5110.
- Tasas retributivas de servicios (constitución, ampliación de capitales y modificaciones de sociedades).

CAPÍTULO N°5

SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen los métodos más difundidos para la obtención de metóxido de sodio de acuerdo a la bibliografía existente y se selecciona el proceso más conveniente según las variables económicas y disponibilidad de materias primas.

5.2 PROCESOS CONVENCIONALES PARA LA PRODUCCIÓN DE METÓXIDO DE SODIO

En general, el método de síntesis de cualquier alcóxido metal/metaloide depende de la electronegatividad del metal y el carácter químico del alcohol. Los metales altamente electropositivos reaccionan fácilmente con alcoholes formando los alcóxidos metálicos correspondientes y liberan hidrógeno, mientras que los metales menos electropositivos (por ejemplo, Mg y Al) requieren un catalizador (I_2 , HCl, o $HgCl_2$) para una reacción más completa. Los alcóxidos también se producen a partir de haluros de metales covalentes y sus correspondientes hidróxidos, óxidos o amidas cuando reaccionan con el alcohol.

Para metales de peso molecular más altos, los alcóxidos también pueden obtenerse por síntesis electroquímica donde la disolución anódica de metales/metaloideos ocurre en presencia de un conductor electrolítico. Además, técnicas de deposición de vapor químico y vapor de átomo metálico también puede seleccionarse para la producción de alcóxidos con usos más específicos.

En particular, para la síntesis de $NaOCH_3$, se describen cuatro métodos distintos, que puede agruparse en términos de las materias primas empleadas:

- Amalgama de sodio (Proceso I).
- Sodio metálico (Proceso II).
- Acetato de sodio (Proceso III).
- Hidróxido de sodio (Proceso IV).

5.2.1 Proceso I: Amalgama de sodio

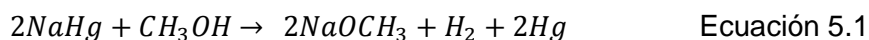
La tecnología del proceso de amalgama de sodio consiste en la producción de metóxido de sodio a partir de una amalgama de sodio ($NaHg$), la cual es un subproducto que se obtiene en el proceso cloro álcali (producción electroquímica de $NaOH$ y Cl_2 , en el que se utilizan celdas de mercurio). En el método mencionado, la amalgama de sodio ingresa por la parte superior de una columna empacada con catalizador donde se lleva a cabo una destilación reactiva; a través de la misma ascienden vapores de metanol que entran en contacto con la amalgama que fluye en contracorriente a lo largo de la columna, produciendo mercurio elemental, hidrógeno y el

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

sodio de la amalgama se libera de la misma, reaccionando con metanol y produciendo metóxido de sodio de sodio, el cual permanece en solución en metanol.

El catalizador utilizado es de grafito o una aleación de hierro – cromo – carbono (Fe-Cr-C) que no puede amalgamarse.

La reacción que se lleva a cabo en la columna se describe en la Ecuación 5.1



El hidrógeno producido es venteado de la columna, la solución de metanol y metóxido de sodio se recupera en la parte superior, y la fracción de mercurio libre de sodio es recuperada y reutilizada en el proceso cloro álcali.

La temperatura a la cual opera la columna es de 80°C y una presión de 1 atm. Se ha reportado una eficiencia del 97% en estas condiciones. En la figura 5.1 se describe a través de un diagrama el proceso productivo.

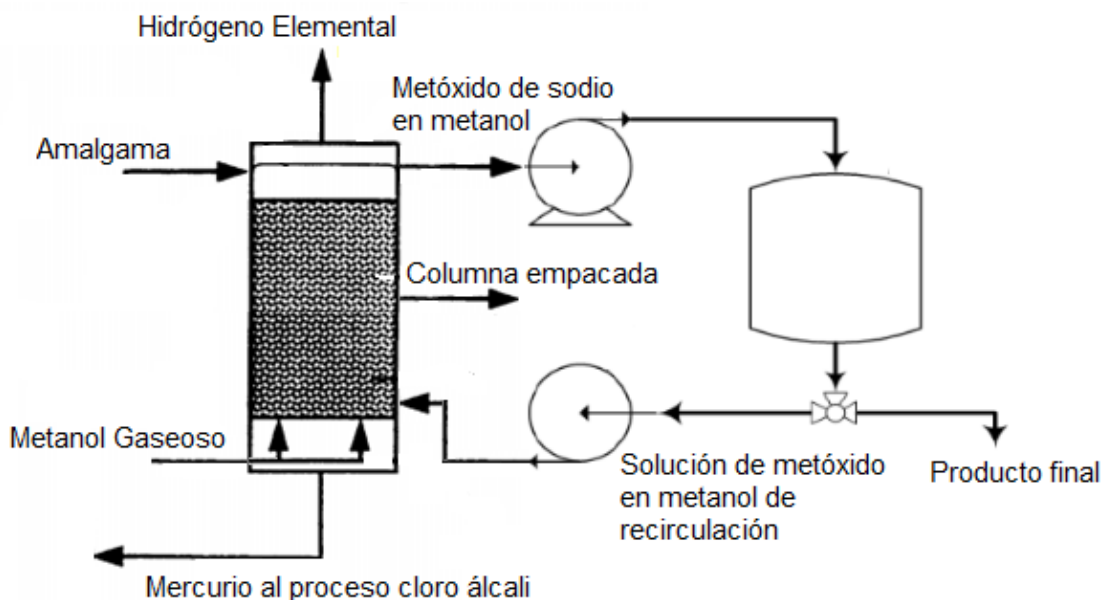


Figura 5.1: Proceso de amalgama de sodio.

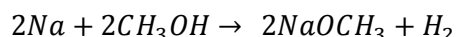
Fuentes: Synthesis of sodium and potassium alkoxides using electrochemical methods, P.G.

Kudryavtsev, 2015.

5.2.2 Proceso II: Sodio Metálico

El presente proceso, consiste en utilizar la reacción del sodio metálico y metanol para formar metóxido de sodio, descrita por la Ecuación 5.2

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol



Ecuación 5.2

El sodio metálico es fundido y alimentado a un reactor de tipo tanque agitado y encamisado, en donde se produce una reacción altamente exotérmica con el metanol. Debe evitarse la entrada de aire en el reactor durante la alimentación del sodio, ya que podría mezclarse con el hidrógeno liberado durante la reacción o con el metanol vaporizado y crear una mezcla explosiva.

Usualmente se parte como una operación por batch para llenar el reactor hasta el nivel de operación y luego cambiar a un modo de operación continuo.

Es fundamental controlar el caudal de metanol que ingresa al reactor para que la temperatura de reacción se mantenga alrededor de 86°C y la concentración de metóxido de sodio en solución en metanol permanezca en 28% (p/p). La sobrealimentación accidental de metanol, podría provocar una sobrepresión en el reactor y un posible escape de materias primas creando condiciones peligrosas porque el sodio puede reaccionar vigorosamente con la humedad y provocar un incendio.

El reactor puede incluir un circuito de recirculación en que parte de la masa de reacción se retira del fondo y se recircula nuevamente a la parte superior de la columna para ayudar a mantener la concentración uniforme de sodio particulado en todo el sistema.

En la figura 5.2 se describe mediante un diagrama de procesos, el método descrito anteriormente.

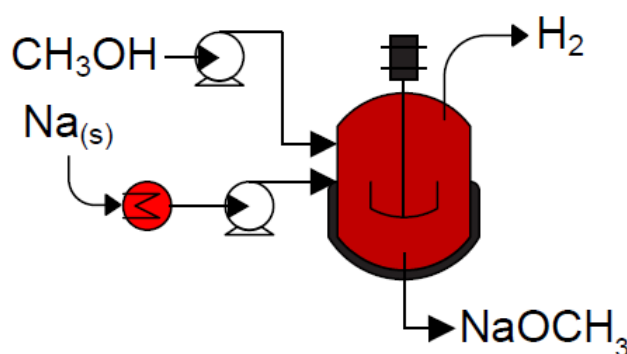


Figura 5.2: Proceso de sodio metálico.

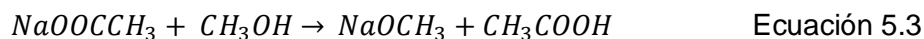
Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

La presión en el interior del reactor es de 14.11 atm, y la relación másica de alimentación metanol/sodio metálico es de 9/1. El producto obtenido tiene una concentración al 30% p/p de metóxido de sodio en metanol.

5.2.3 Proceso III: Acetato de sodio

En este proceso el metóxido de sodio es obtenido por electrodiálisis de una solución de acetato de sodio ($NaOOCCH_3$) en metanol, generando metóxido de sodio y ácido acético en proporciones equimolares. La reacción que se lleva a cabo es descrita con la ecuación a continuación:



Una solución de 11% en peso de acetato de sodio en metanol ingresa a la celda de electrodiálisis y entra en contacto con el ánodo (el cual se encuentra sometido a una carga eléctrica), esto provoca la liberación de iones Na^+ de la sal, que atraviesan una membrana permeable al paso de cationes (K) para entrar en el compartimiento adyacente que circula con metanol. Esta cámara está rodeada por la membrana (K) y un par adicional de membranas de intercambio de aniones y cationes (AK). Estos iones reaccionan con el metanol produciendo metóxido de sodio y liberando iones H^+ . Los protones producidos en la reacción entran a la cámara de ácido, bordeada por el par de membranas (AK) y una membrana de intercambio aniónico (A). La solución de acetato de sodio se introduce en el compartimiento adyacente, de modo que los iones de acetato, que migran hacia el ánodo, entran en la cámara de ácido que contiene los protones para formar ácido acético.

Los iones Na^+ de la sal migran hacia el cátodo a través de la siguiente membrana de intercambio catiónico (K) para entrar en la cámara del cátodo que se alimenta con el concentrado. Aquí nuevamente se forma el metóxido pero el hidrógeno se libera como tal en el cátodo.

En la figura 5.3 se describe la celda en la cual ocurre la reacción de generación de metóxido de sodio anteriormente mencionada.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

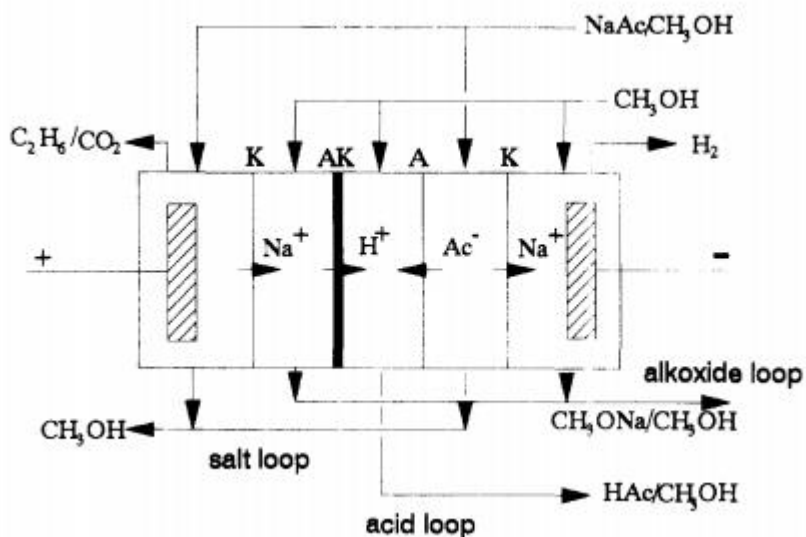


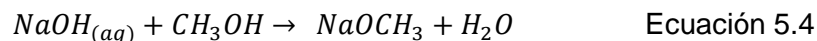
Figura 5.3: Diagrama de la celda de electrodiálisis para producción de metóxido de sodio.

K, membrana de intercambio catiónico. A, membrana de intercambio aniónico.

Fuente: Electrodialysis in a non-aqueous medium production of sodium methoxide, Sridhar, 1996.

5.2.4 Proceso IV: Hidróxido de sodio

La generación de la solución metanólica de metóxido de sodio mediante esta vía es a partir de una destilación reactiva en la cual la reacción se lleva a cabo entre hidróxido de sodio y metanol, regida por la siguiente reacción:



Una corriente en exceso de metanol en estado vapor se alimenta en el fondo de la columna y asciende por la misma, y entra en contacto con una solución de hidróxido de sodio en agua alimentada por la parte superior. La concentración de metóxido de sodio en el fondo de la columna (producto final) se ajusta para que sea de 30% p/p.

El vapor destilado que sale por el tope de la columna de destilación reactiva contiene alrededor de 10% p/p de agua en metanol, se condensa y alimenta a una segunda columna de destilación para recuperar metanol de alta pureza por la parte superior. Este metanol recuperado se recircula a la primera columna y es sustancial que mantenga el nivel más bajo de agua ya que impacta negativamente en el rendimiento de la reacción de metoxilación; por ejemplo, si hay 0.1% de agua en el metanol, el rendimiento se reduce al 90-95%. Por lo tanto, el metanol utilizado no debe contener más del 0.3% en peso de agua.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

El fondo de la columna contiene agua prácticamente pura, con una concentración de metanol muy baja.

En la figura 5.4 se describe el diagrama de flujos del proceso de producción IV.

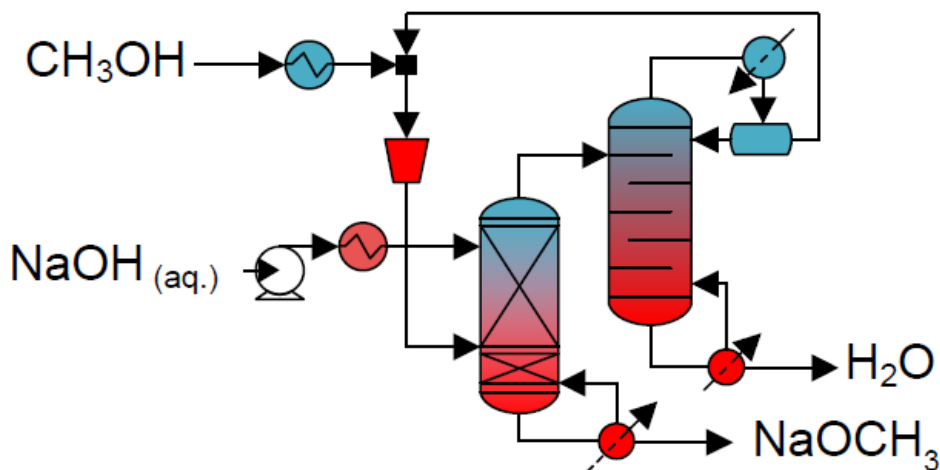


Figura 5.4: Proceso de hidróxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 ELECCIÓN DEL PROCESO

El proceso I (amalgama de mercurio) es el proceso más antiguo en la producción de metóxido de sodio. Es un proceso muy rentable debido a su simplicidad y a los bajos costos de operación y materia prima. Suele estar integrado en plantas de producción de cloro álcali en la que se utilizan celdas electrolíticas de mercurio. Aunque la desventaja que deja en jaque a este proceso es que en Europa, todas las plantas que producen metóxido de sodio a través de esta vía deben cambiar de tecnología de producción en el año 2020, y se espera que esta política se difunda en todo el Mundo debido a problemáticas de salud y ambientales relacionados al uso del mercurio.

Por otra parte, el proceso II (sodio metálico) tiene como ventajas que es una tecnología relativamente simple en la que se obtienen altos rendimientos en la producción del metóxido de sodio y con una alta pureza. Sin embargo como contrapartida, la alta reactividad del sodio, la liberación de hidrógeno elemental y lo altamente exotérmica que es la reacción de metoxilación, hacen que este proceso sea peligroso, con fuertes requerimientos en seguridad industrial y en elementos de control y acción para disminuir los riesgos de explosividad que posee dicho procedimiento.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

El proceso III (acetato de sodio) se presenta como una alternativa de producción en la cual se puede obtener un metóxido de sodio en metanol de alta concentración y pureza. Sin embargo, esta alternativa presenta un consumo energético demasiado alto, precisa una etapa de dilución del ácido acético concentrado que sale de la celda de electrodiálisis, y su limitación más importante incide en que es muy difícil escalarlo a un proceso productivo de gran escala, ya que es un método desarrollado en escala laboratorio.

Para concluir con el último proceso descrito en las secciones anteriores, el proceso IV (hidróxido de sodio), presenta un excelente rendimiento en producción de metóxido de sodio además sumado a este punto requiere de materias primas más baratas y es un proceso totalmente seguro en la operación. Como desventaja se presenta el alto consumo energético que conlleva la separación del metanol del agua que salen por el tope de la columna de destilación reactiva.

Ante este panorama, se concluye que el proceso I y III quedan descartados; el primero porque es un proceso obsoleto y con tendencia mundial a dejar de utilizarse, y el segundo porque es un proceso desarrollado a escala laboratorio y se necesitan muchas pruebas para poder lograr una producción sostenida en gran escala.

En la tabla 5.1 se realiza una comparación entre el proceso II y IV, aquí se confrontan distintos puntos que conducen a la selección del proceso productivo como: inversión inicial, costo de materia prima, seguridad de proceso, entre otras.

Tabla 5.1: Comparación entre proceso II y IV.

Fuente: Elaboración propia.

Factor	Proceso II (sodio metálico)	Proceso IV (hidróxido de sodio)
Inversión inicial	Baja	Alta
Precio de fuente de sodio para reacción	Alto	Bajo
Riesgos en proceso	Alto	Bajo
Preferencia de proceso	Producción de compuestos organometálicos	Integración con procesos que utilizan metanol y metóxido de sodio, como en producción de biodiesel

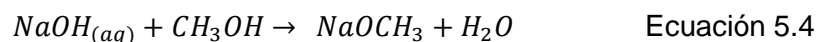
Se concluye de la tabla 5.1, que el proceso adoptado es el proceso IV (hidróxido de sodio).

5.4 AMPLIACIÓN DEL MÉTODO DE PRODUCCIÓN VÍA HIDRÓXIDO DE SODIO

El proceso de producción de metóxido de sodio utilizando hidróxido de sodio tiene como puntapié la reacción química que ocurre entre el metanol y el hidróxido de sodio en una columna de destilación reactiva. En dicha operación unitaria, se alimenta hidróxido de sodio al

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

50% p/p en agua a una temperatura de 80°C y presión de 1 atm por el tope de la columna de destilación reactiva, además ingresa metanol como vapor saturado a una temperatura de 87.75°C y una presión de 1.23 atm por el fondo de este equipo. En la torre se produce el contacto entre ambos compuestos y se lleva a cabo la reacción química que se describe en la Ecuación 5.4.



La constante de equilibrio de la reacción está regida por la ecuación 5.5 (Schierle-arndt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005) detallada a continuación, en la cual la temperatura está expresada en °C.

$$\ln K_{eq} = -4.374 + \frac{1751}{T} \quad \text{Ecuación 5.5}$$

La reacción tiene una conversión del 99.9% del hidróxido de sodio hacia metóxido.

Por el fondo de la columna de destilación reactiva se obtiene el producto final, con una concentración de 30% p/p de metóxido de sodio en metanol, con una cantidad de agua inferior a 100 ppm, a una temperatura de 70.5 °C. Como se nombró a la columna como una operación de destilación reactiva, y solo se describió la reacción química que ocurre, en la operación de destilación se separa el metanol en exceso que se alimenta al sistema y el agua total que ingresa con el hidróxido de sodio junto con la que se genera en la reacción química; esto ocurre por el tope de la columna, la corriente de vapores que abandonan la columna contiene un 90% p/p de metanol y el 10% restante es agua, la temperatura de estos vapores es de 66°C. La columna de destilación reactiva opera a presión atmosférica.

En la tabla 5.2 se describen las corrientes que ingresan y salen del primer proceso unitario que ocurre.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 5.2: Condiciones de corrientes de entrada y salida de la columna de destilación reactiva.

Fuente: Ruwne, J., Process for preparing alkali metal alkoxides, patent US N° 7847133B2, Dic 7, 2010.

	NaOH (aq)	Metanol	Fondo de columna DR	Tope de columna DR
Temperatura (°C)	80	87,75	70,43	66,5
Presión (atm)	1	1,25	1	1
Fracción de vapor	0	1	0	1
Fracción másica NaOH	0,5	0	0	0
Fracción másica de agua	0,5	0	0	0,1
Fracción másica de metanol	0	1	0,7	0,9
Fracción másica de metóxido de sodio	0	0	0,3	0

En la figura 5.5 se desglosa la primera operación unitaria que ocurre en el proceso productivo de metóxido de sodio.

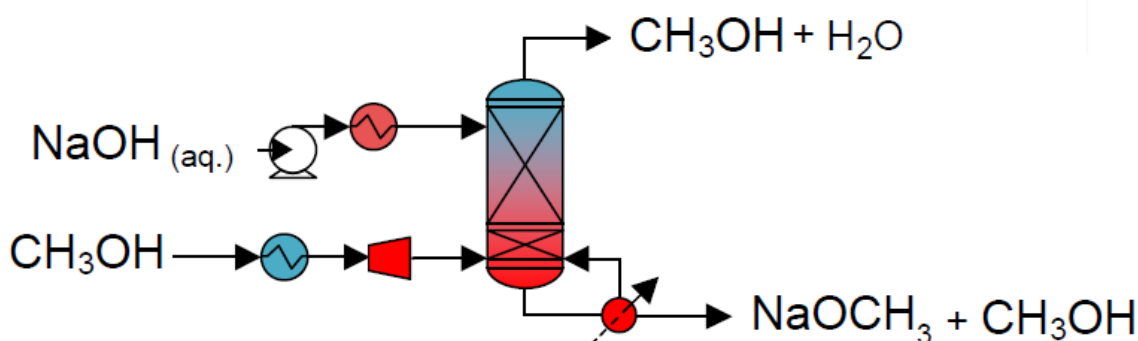


Figura 5.5: Columna de destilación reactiva, primer etapa del proceso de hidróxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

La segunda operación que interviene en el proceso es la separación del metanol del agua que salen por el tope de la columna de destilación reactiva, esta operación se define como una columna de destilación.

Ingresa los vapores condensados de la columna de destilación reactiva, y se separa por el tope de la columna de destilación todo el metanol que ingresa sin contenido de agua el cual es recirculado al sistema, y por el fondo el agua.

En la tabla 5.3 se describen las corrientes que ingresan y salen de la etapa de recuperación de metanol

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 5.3: Condiciones de corrientes de entrada y salida de la columna de destilación.

Fuente: Ruwne, J., Process for preparing alkali metal alkoxides, patent US N° 7847133B2, Dic 7, 2010.

	Alimentación columna de destilación	Fondo de columna de destilación	Tope de columna de destilación
Temperatura (°C)	66,5	70,43	64,4
Presión (atm)	1	1	1
Fracción de vapor	0	0	0
Fracción másica NaOH	0	0	0
Fracción másica de agua	0,1	0,9989	0
Fracción másica de metanol	0,9	0,001	1
Fracción másica de metóxido de sodio	0	0	0

En la figura 5.6 se describe la segunda operación que ocurre en el proceso productivo de metóxido de sodio.

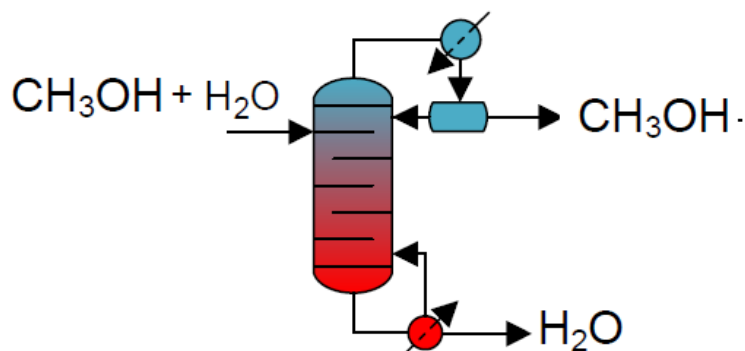


Figura 5.6: Esquema de la columna de destilación donde se separa el metanol y el agua.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO N°6

CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA PLANTA

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

6.1 INTRODUCCIÓN

Las conclusiones arrojadas por el estudio de mercado conducen a la presencia de un mercado con tendencia creciente en consumo a futuro, resultando altamente atractivo para el desarrollo del proyecto. Otro punto importante incide en la disponibilidad de materia prima a futuro, la cual será suficiente al largo plazo.

La decisión que se tome acerca de la capacidad productiva de la planta, tendrá efecto en el nivel de inversión y la estimación de la rentabilidad de la misma.

Todos los supuestos considerados refieren a la proyección a futuro en el crecimiento de la demanda y no al panorama actual, o en el corto plazo.

La localización de la planta confluye en un punto estratégico del territorio nacional para la radicación del proyecto, en la Provincia de Santa Fe. En esta ubicación se dispone de materia prima de calidad y próxima, así como también el mayor mercado consumidor de metóxido de sodio en territorio nacional.

En el presente capítulo se analizan los factores que influyen en la decisión del tamaño y la posibilidad de cubrir el consumo del mercado a futuro.

6.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD

El nicho de mercado del presente proyecto presenta una tendencia creciente, dicha proyección es una situación dinámica en el largo plazo. Al proyectar la demanda esperada, se observa que la misma crece año tras año, en consecuencia, la producción deberá crecer al mismo ritmo.

Ante esta situación, se debe llevar a cabo una estrategia de ampliación definida de antemano, para satisfacer el crecimiento de la demanda futura.

El método detallado a continuación permite tener una noción de la demanda observada en el punto de desarrollo óptimo, a través de la Ecuación 6.1. Este método es un elemento de ayuda para la decisión del tamaño del proyecto.

$$\frac{1}{R^n} = 1 - 2 * \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) * \left(\frac{R-1}{R+1}\right)^{N-n} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Dónde:

- R: desarrollo porcentual del consumo.
- n: período óptimo
- N: vida útil de maquinaria y equipos.
- α : factor de escala.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

El exponente del factor de escala es el más difícil de calcular. Naciones Unidas en el Boletín nº 20 "Industrialización y productividad" de abril de 1974, publicó una lista de factores calculados para industrias químicas, petroquímicas y automovilísticas. Para el caso en estudio se adopta un valor de 0,65.

El desarrollo porcentual de la demanda, R , es una función de la tasa de crecimiento estimada del mercado, r , que se puede expresar con la ecuación 6.2 (Sapag Chain, 1995).

$$R = 1 + r \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Para evaluar r , se utilizan los datos obtenidos en la Tabla 3.10 del Estudio de Mercado, y se obtiene un valor de 0.05, por lo tanto R es 1.05.

La vida útil de los equipos, N , se estima en diez años por convención, que por otra parte coincide con los años que dura el presente estudio.

A partir de estos valores y de la ecuación 6.1, se obtuvo a través de un método de aproximaciones sucesivas, un valor de período óptimo, "n", el cual es de 9.72.

Una vez calculado el "n óptimo", se lo incorpora en la ecuación 6.3 para determinar el Tamaño Óptimo del proyecto (pág. 173. Preparación y evaluación de proyectos. Sapag Chain).

$$D_n = D_o * (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 6.3}$$

En este caso, y de la tabla 3.10 el valor de D_o (el cual corresponde a la demanda actual de metóxido de sodio) es de 92475 t/año.

Con una perspectiva favorable de crecimiento, la capacidad productiva de la planta se programa para satisfacer una demanda de 56113 t/año.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 3.10: Consumo aparente suavizado y proyectado a 10 años (2018 – 2027).

Fuente: Elaboración propia.

Año	Consumo Aparente (tn)
2008	36591,3
2009	41587,8
2010	49743,5
2011	51580,9
2012	56577,5
2013	68683,0
2014	73547,1
2015	72841,3
2016	72135,5
2017	81560,3
2018	87553,1
2019	92474,6
2020	97396,1
2021	102317,6
2022	107239,1
2023	112160,6
2024	117082,1
2025	122003,6
2026	126925,1
2027	131846,6

Valores
Proyectados
(tn)

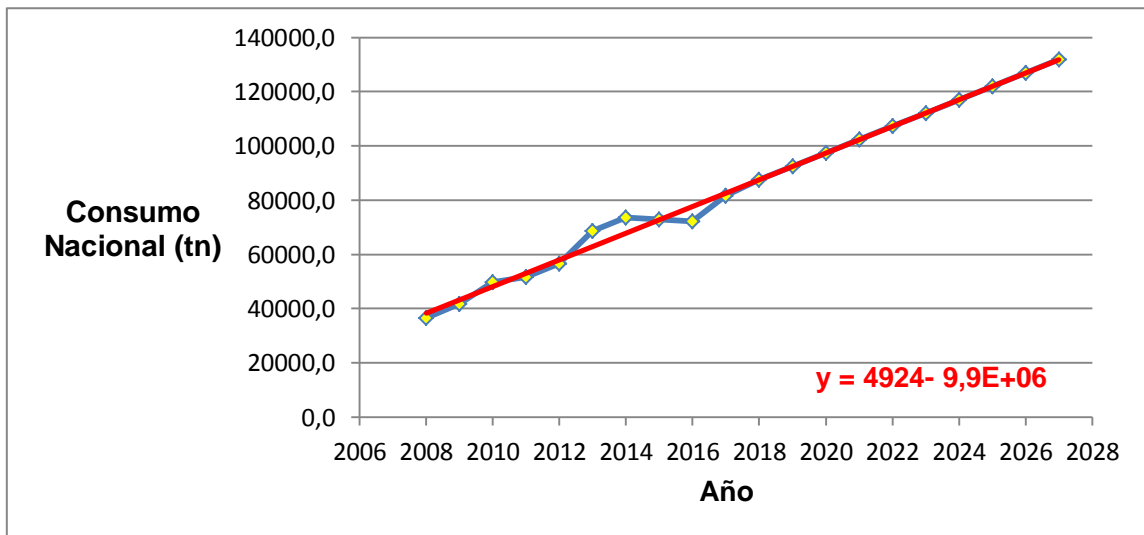


Figura 3.10: curva de consumo nacional aparente y proyectado.

Fuente: elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En procedimiento sólo considera la restricción del mercado, sin incorporar las limitaciones que se detallan a continuación.

6.3 CAPACIDAD DE LAS PLANTAS EXISTENTES

Si los niveles de producción de un proyecto están debajo de un valor mínimo, los costos son tan elevados que el proyecto sería inviable.

La relación entre el tamaño, la inversión y el costo de producción, dentro de una escala mínima, prevén un menor costo de inversión por unidad de capacidad instalada y un mayor rendimiento por persona ocupada, lo que contribuye a disminuir los costos de producción, aumentar las utilidades y elevar la rentabilidad del proyecto. (Urbina, 2006)

Para determinar el rango de capacidad de operación rentable, se toma como referencia las capacidades instaladas y proyectadas de empresa existentes, dentro las cuales en el apartado 3.2 del capítulo de Estudio de Mercado se detalla la capacidad de producción de la planta que se encuentra actualmente en funcionamiento, la cual ronda alrededor de las 60000 t/a.

6.4 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

La materia prima debe ser abastecida en calidad y cantidad, ya que es un aspecto vital que condiciona el tamaño de un proyecto.

La relación materia prima (metanol) con respecto al producto terminado (solución de metóxido al 30% en Metanol) son los siguientes: 0.87:1 Metanol/Metóxido de Sodio.

Para montar una planta de 60000 t/a de metóxido de sodio al 30% en Metanol, se requerirán 52200 t/a de Metanol, cantidad totalmente suplida por la capacidad de producción anual de metanol en Argentina la cual asciende a 611000 t/a, dato obtenido de la tabla 3.12 del Capítulo Estudio de Mercado.

6.5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ADOPTADA

De acuerdo con el análisis realizado anteriormente de los distintos factores, demanda creciente, materia prima, localización, se considera que la capacidad de producción adoptada será de 60000 t/año.

La planta comenzará produciendo 40000 t/año, y aumentando paulatinamente año a año la producción, para satisfacer la demanda interna insatisfecha hasta llegar a la capacidad máxima, la cual será en el año 2024.

CAPÍTULO N°7

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo incluye el desarrollo de los cálculos correspondientes al balance de materia y energía de los equipos que intervienen en el proceso productivo del metóxido de sodio.

Para definir la cantidad de materia prima que debe procesarse, es necesario determinar los días que la planta se encuentre en actividad, anualmente se consideran 345 días de operación, los días restantes para completar el año calendario incluyen: 15 días para mantenimiento y 5 días de detenciones imprevistas.

Considerando que el proceso tiene una pérdida global del 2.5%, la capacidad de la planta para producir anualmente 60000 t/año de metóxido de sodio tiene que estar diseñada para generar 61500 t/año de producto. Considerando 345 días como operativos y que el proceso es continuo y opera 24 h/día, la producción por hora del proceso es de 7246.37 kg/h de metóxido de sodio al 30% en metanol. Este cálculo permite realizar un balance de materia y energía de cada corriente interviniente en el proceso, estableciendo las bases para la realización de diseño y adopción de equipos. En la tabla 7.1 se destalla a modo de resumen lo anteriormente mencionado.

Tabla 7.1: Cantidades a producir y tiempo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Días productivos (días/año)	345
Días de mantenimiento (días/año)	15
Días de paradas imprevistas (días/año)	5
Capacidad adoptada (t/año)	61500
Producción anual con pérdidas del 2,5% (t/año)	60000
Producción hora (kg/h)	7246,38

7.2 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

En esta sección se exponen los balances de materia y energía de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de producción de metóxido de sodio, los flujos másicos se expresan en kg/h y las del contenido energético, en kcal/h.

Para desarrollar los balances se considera:

- Se opera en estado estacionario, es decir que no existe acumulación en el proceso.
- La pérdida global del proceso de 2-3%.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7.2.1 Diagrama de flujo

En la imagen 7.1 se presenta el diagrama de flujo de todo el proceso, desde el ingreso de las materias primas hasta la obtención del metóxido de sodio al 30% en metanol. En el mismo se encuentran todas las corrientes y equipos que intervienen en el proceso productivo, con su respectiva nomenclatura.

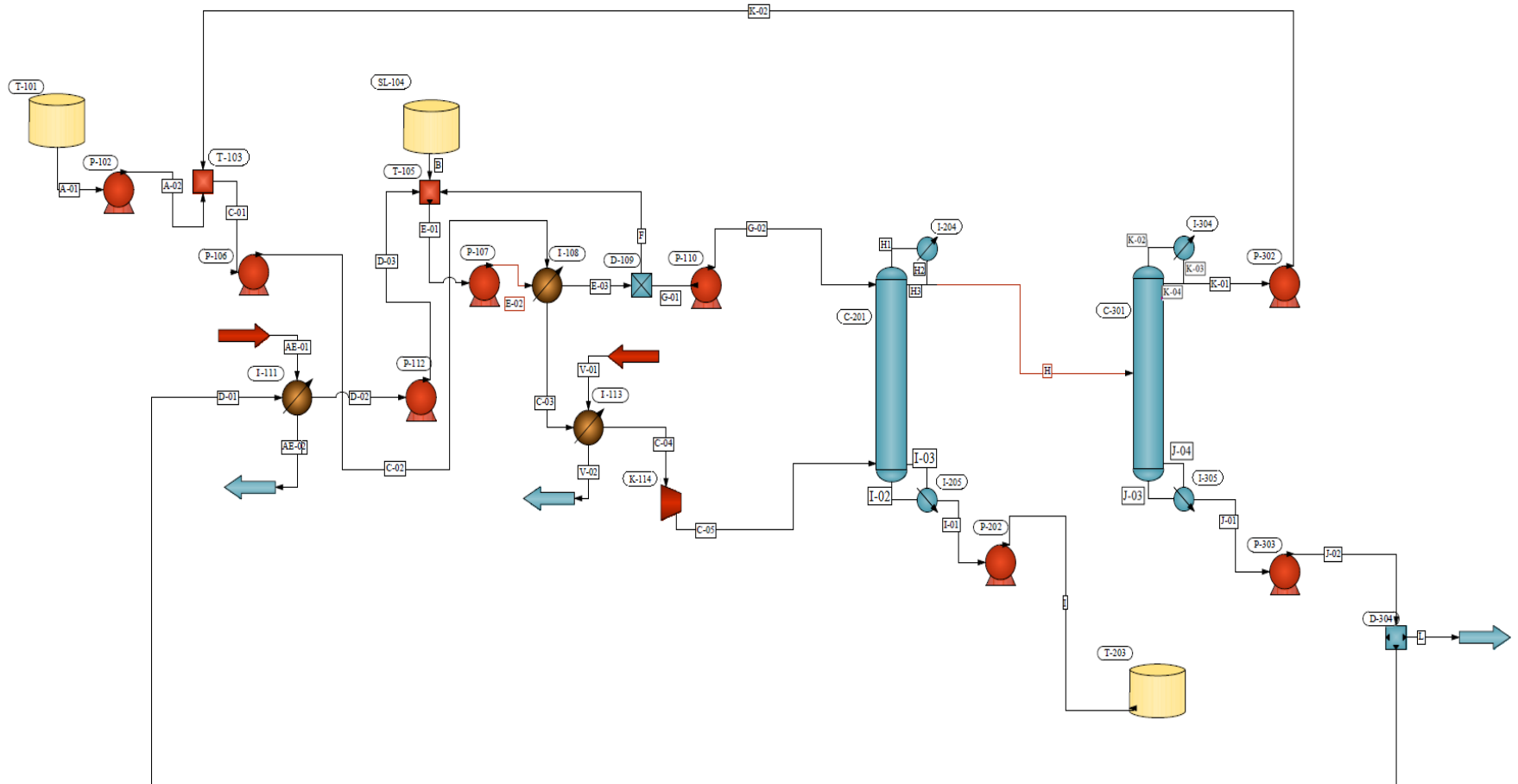


Figura 7.1: Diagrama de flujo del proceso productivo del metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia con el software Chemcad.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.2: Descripción de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

ZONA 100: ZONA DE MATERIA PRIMA Y RECUPERACIÓN DE CALOR		
<i>Tag</i>	<i>Equipo</i>	<i>Función</i>
T-101	Tanque de almacenamiento	Almacenamiento de metanol fresco (A)
P-102	Bomba	Transporte de metanol fresco a proceso
T-103	Tanque mezclador	Mezcla de metanol fresco (A) con metanol recirculado de zona de recuperación (K)
SL-104	Silo	Almacenamiento de hidróxido de sodio sólido granulado de pureza 99,99% p/p (B)
T-105	Tanque mezclador	Mezcla de hidróxido de sodio sólido (B) con agua recirculada de zona de recuperación (D) para formar una solución de NaOH al 50% (E)
P-106	Bomba	Transporte de la corriente mezcla de metanol (C) hacia zona de intercambiadores de recuperación de calor
P-107	Bomba	Transporte de la solución de hidróxido de sodio al 50% p/p (E) hacia intercambiador de calor I-108
I-108	Intercambiador de calor	Elimina el calor de dilución del hidróxido de la solución (E), recuperándolo en la corriente de metanol (C)
D-109	Divisor	Divide la corriente de solución de hidróxido de sodio 50% (E), en recirculación a T-105 (F) y alimentación a proceso (G)
P-110	Bomba	Impulsa la corriente de alimentación a proceso (G) hacia la torre de destilación reactiva
I-111	Intercambiador de calor	Elimina el calor de la corriente de agua recuperada (D) que proviene de zona de recuperación, utilizando agua de enfriamiento.
P-112	Bomba	Impulsa la corriente D hacia el tanque mezclador T-105, donde junto a B formarán una solución de hidróxido de sodio 50% p/p (E)
I-113	Intercambiador de calor	Evapora la corriente mezcla de metanol (C) utilizando vapor de caldera como medio calefactor.
K-114	Compresor	Compresión de la corriente de metanol gaseoso (C)
ZONA 200: ZONA DE DESTILACIÓN REACTIVA		
<i>Tag</i>	<i>Equipo</i>	<i>Función</i>
C-201	Columna de destilación reactiva	Se produce la reacción entre la corriente de hidróxido de sodio 50% p/p (G) y el metanol (C), y separación del producto final (I).
P-202	Bomba	Transporta el producto final (I) hacia el tanque de almacenamiento T-203.
T-203	Tanque	Almacenamiento de metilato de sodio al 30% p/p en metanol (I)
I-204	Intercambiador de calor	Condensa los vapores que salen por el tope de la columna de destilación reactiva C-201.
I-205	Intercambiador de calor	Es el rehervidor del fondo de la columna de destilación reactiva C-201
ZONA 300: ZONA DE RECUPERACIÓN DE METANOL/AGUA		
<i>Tag</i>	<i>Equipo</i>	<i>Función</i>
C-301	Columna de destilación	A partir del condensado de la columna C-201 (H) separa metanol puro (K) y agua (J), que se recirculan al proceso.
P-302	Bomba	Transporta el metanol puro condensado (K) hacia el tanque de mezclado T-103.
P-303	Bomba	Transporta el agua recuperada (J) hacia el divisor de flujo D-304.
D-304	Divisor	Divide a la corriente de agua recuperada (J) en agua de retorno a proceso (D) y agua de retorno a caldera (L)
I-305	Intercambiador de calor	Condensa los vapores que salen por el tope de la columna de destilación C-301.
I-306	Intercambiador de calor	Es el rehervidor del fondo de la columna de destilación C-301.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.3: Corrientes que intervienen en el proceso de producción de metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Símbolo</i>	<i>Corriente</i>
A-01, A-02	Metanol fresco de alimentación a proceso
B	Hidróxido de sodio sólido que ingresa al sistema
C-01, C-02, C-03, C-04, C-05	Corriente de metanol compuesta por metanol fresco y metanol recirculado
D-01, D-02, D-03	Corriente de agua de circuito cerrado que retorna a proceso
E-01, E-02, E-03	Solución de hidróxido de sodio 50%
F	Solución de hidróxido de sodio 50% que se recircula al tanque de dilución para controlar la temperatura de dilución
G-01, G-02	Solución de hidróxido de sodio 50% que ingresa a la columna de destilación reactiva
H	Destilado rico en metanol que se separan en el tope de la columna de destilación reactiva
I-01, I-02	Metilato de sodio al 30% en metanol, producto final
J-01, J-02	Agua pura que se separa en la columna de destilación metanol/agua
K-01, K-02	Metanol puro que se recupera en la columna de destilación metanol/agua y se recircula a proceso.
L	Agua pura que excede del sistema, se retorna a caldera.
AE-01, AE-02, AE-03, AE-04, AE-05, AE-06	Agua de enfriamiento del intercambiador H-111
V-01, V-02, V-03, V-04, V-05, V-06	Vapor de caldera que calefacciona el evaporador de metanol y su respectivo condensado

7.2.2 Zona de materia prima y recuperación de calor: Zona 100

7.2.2.1 Mezclador de metanol T-103

El metanol que ingresa al sistema es una mezcla de metanol fresco, suministrado por la vecina planta productora de metanol a partir de glicerina (corrientes A-01, A-02), y metanol recuperado que se recircula a proceso (K-01, K-02), la combinación de ambas corrientes da lugar a la corriente C-01, C-02, C-03, C-04, C-05.

Desde el tanque T-101 se alimenta el metanol fresco hacia el mezclador M-103, siendo impulsado por la bomba centrífuga P-102, y el condensado (K-01, K-02) obtenido en la columna C-301, cuya pureza es 100% metanol, es impulsado por la bomba centrífuga P-302 hacia el mismo mezclador.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

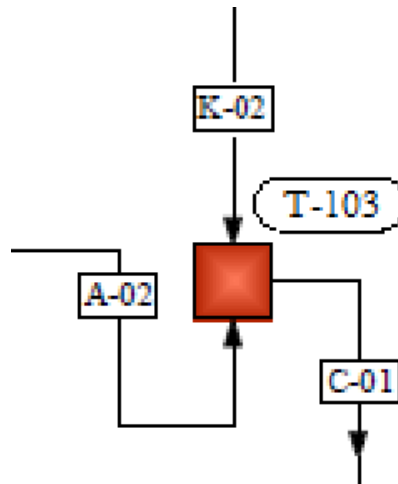


Figura 7.2: Diagrama de mezclador T-103.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.4: Ecuaciones del balance general y parcial de masa.

Fuente: Elaboración propia.

Balance general: A-02 + K-02 = C-01	
Balance parcial metanol (M)	$A-02 \cdot X_{M-A02} + K-02 \cdot X_{M-K02} = C-01 \cdot X_{M-C01}$

Tabla 7.5: Balance de masa del tanque mezclador T-103.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° T-103. Mezclador tanque agitado de corrientes de metanol.							
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)
A-02	Entrada	Metanol fresco	Líquido	6314,00	Metanol	1,00	6314,00
K-02	Entrada	Metanol recirculado		21930,00	Metanol	1,00	21930,00
C-01	Salida	Metanol a proceso		28244,00	Metanol	1,00	28244,00

Tabla 7.6: Balance de energía del tanque mezclador T-103.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° T-103. Mezclador tanque agitado de corrientes de metanol.								
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	T (°C)	Cp (kcal/kg*°C)
A-02	Entrada	Metanol	Líquido	1,00	6314,00	6314,00	25,00	0,61
K-02	Entrada	Metanol		1,00	21930,00	21930,00	64,40	0,67
C-01	Salida	Metanol		1,00	28244,00	28244,00	55,96	0,66
P (atm)	1,00							

Consideraciones: Se considera que en el mezclador no hay pérdidas.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7.2.2.2 Intercambiador de calor I-108

Desde el tanque mezclador T-103 sale la corriente C-01, esta corriente de metanol va a actuar como corriente recuperadora de calor en la Zona 100, la misma es impulsada por la bomba centrífuga P-106 hacia el intercambiador de calor I-108, a la salida de esta bomba la corriente cambia su nombre a C-02, aunque presenta las mismas características que la corriente C-01. La corriente C-02 va a recuperar el calor de dilución de la solución de hidróxido de sodio al 50% producida en el tanque mezclador T-105, dicha corriente se conoce como E-02.

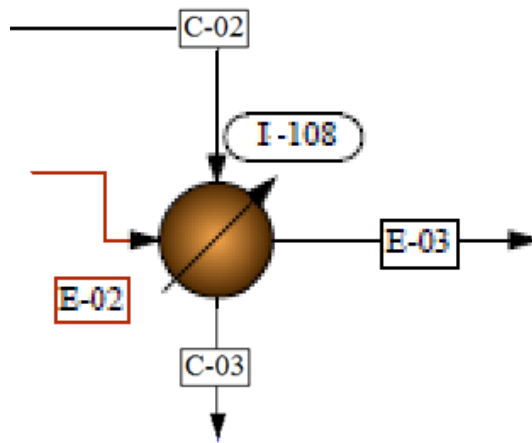


Figura 7.3: Diagrama de intercambiador de calor I-108.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.7: Balance de energía intercambiador de calor I-108.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-108. Intercambiador de calor Metanol/Hidróxido de Sodio								
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	T (°C)	Cp (kcal/kg*°C)
C-02	Entrada	Metanol	Líquido	1,00	28244,00	28244,00	55,96	0,66
E-02	Entrada	Agua	Líquido	0,50	9765,00	19530,00	94,47	0,69
		Hidróxido de sodio		0,50	9765,00			
C-03	Salida	Metanol	Líquido	1,00	28244,00	28244,00	62,39	0,67
E-03	Salida	Agua	Líquido	0,50	9765,00	19530,00	85,50	0,69
		Hidróxido de sodio		0,50	9765,00			
P (atm)	1,00							
Calor intercambiado (kcal/h)	120571,00							

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7.2.2.3 Evaporador de metanol I-113

La corriente C-03 que abandona el intercambiador I-108 ingresa al evaporador I-113. En este equipo se va a producir la evaporación de todo el metanol, dichos vapores al abandonar el equipo como corriente C-04 van a ingresar al compresor K-114 donde la corriente gaseosa de metanol va a ser comprimida y posteriormente alimentada a la zona de reacción.

El calor suministrado a la corriente C-03 proviene de la energía del vapor de caldera, el cual se encuentra a una temperatura de 120°C y una presión de 1.95 atm, las corrientes de vapor se nombran como V-01 y V-02 (condensado que retorna a sala de caldera).

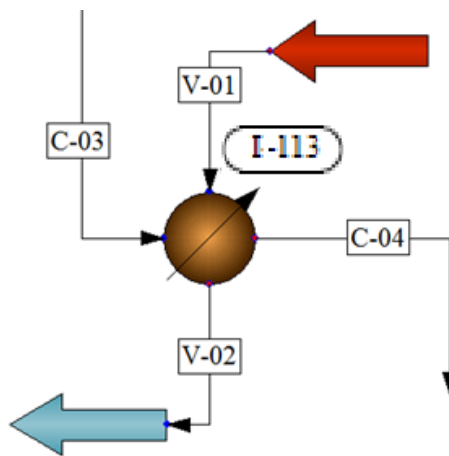


Figura 7.4: Diagrama de evaporador de metanol I-113.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.8: Balance de energía evaporador I-113.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-113. Evaporador de metanol.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
C-03	Entrada	Metanol	Líquido	1,00	28244,00	28244,00	0,00	62,39	1,00
V-01	Entrada	Agua	Vapor	1,00	14085,00	14085,00	1,00	120,00	1,95
C-04	Salida	Metanol	Vapor	1,00	28244,00	28244,00	1,00	64,40	1,00
V-02	Salida	Agua	Líquido	1,00	14085,00	14085,00	0,00	120,00	1,95
Calor intercambiado (kcal/h)	7,47E+06								

7.2.2.4 Compresor de metanol K-114

La corriente de metanol C-04 que abandona el evaporador I-113 ingresa al compresor para elevar su presión y posteriormente ingresar a la columna de destilación reactiva C-201.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Para realizar dicha operación se utiliza un compresor de tornillos de una sola etapa.

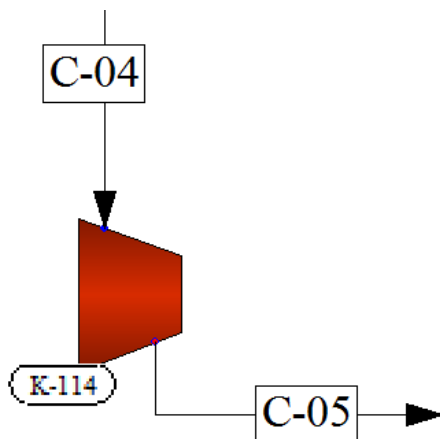


Figura 7.5: Diagrama de compresor de metanol K-114.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.9: Balance de energía en compresor K-114.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° K-114. Compresor de metanol.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
C-04	Entrada	Metanol	Vapor	1,00	28244,00	28244,00	1,00	64,40	1,00
C-05	Salida	Metanol	Vapor	1,00	28244,00	28244,00	1,00	88,39	1,35
Calor generado por compresión (kcal/h)	172664								

7.2.2.5 Tanque mezclador de hidróxido de sodio T-105

En este equipo se produce la solución de hidróxido de sodio 50% p/p que luego va a reaccionar con el metanol en la columna de destilación reactiva C-201.

Al tanque ingresa hidróxido de sodio sólido de pureza 99.99% (corriente B), suministrado desde el silo SL-104 a través de un sinfín dosificador y agua recuperada que se recircula a proceso (D-01, D-02 y D-03). Como la dilución de hidróxido de sodio sólido y agua es fuertemente exotérmica, la primer medida tomada es disminuir la temperatura del agua (corrientes D-01, D-02 y D-03) que abandona la columna de destilación C-301, pasando por el intercambiador de calor I-111 donde su temperatura final es de 35°C. Como esta medida no es suficiente ya que la temperatura de dilución es demasiado alta, la corriente que abandona el tanque de dilución de

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

hidróxido de sodio (E-01, E-02, E-03) es bombeada por la bomba P-107 hacia el intercambiador de calor I-108 donde su temperatura baja a 85.5°C y luego a partir del divisor de corrientes D-109, se genera la corriente F, la cual se recircula de forma continua al tanque de dilución, lo que permite mantener la temperatura alrededor de 93°C.

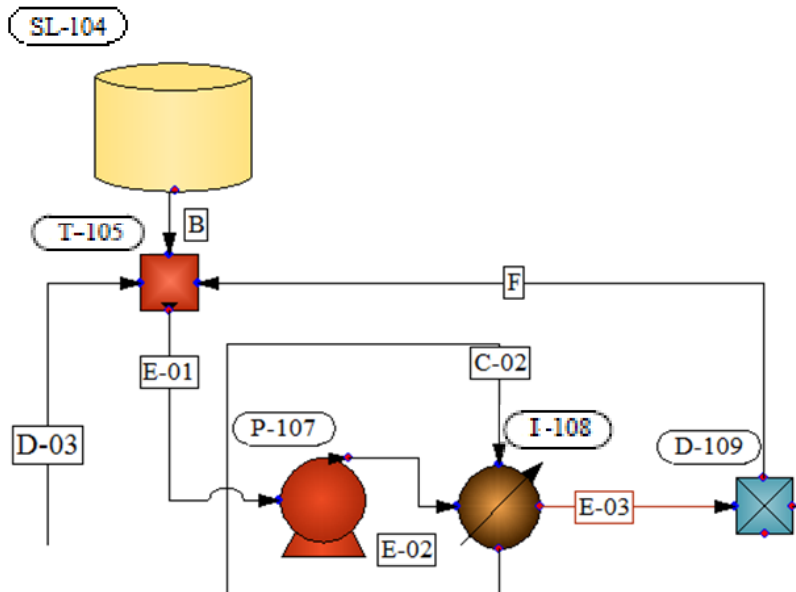


Figura 7.6: Diagrama completo del arreglo del tanque de dilución T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.10: Ecuaciones de balance general y parcial de componentes del tanque mezclador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Balance general: $B + D-03 + F = E-01$	
Balance parcial hidróxido de sodio (NaOH)	$B \cdot X_{\text{NaOH-B}} + F \cdot X_{\text{NaOH-F}} = E-01 \cdot X_{\text{NaOH-E-01}}$
Balance parcial agua (A)	$D-03 \cdot X_{\text{A-D03}} + F \cdot X_{\text{A-F}} = E-01 \cdot X_{\text{A-E-02}}$

Tabla 7.11: Balance de masa del tanque mezclador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° T-105. Tanque agitado mezclador de hidróxido de sodio 50% p/p.							
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)
B	Entrada	Hidróxido de sodio sólido	Sólido	1610,00	Hidróxido de sodio	1,00	1610,00
D-03	Entrada	Agua	Líquido	1610,00	Agua	1,00	1610,00
F	Reciclo	Recirculación de hidróxido de sodio 50% p/p	Líquido	8155,00	Hidróxido de sodio	0,50	16310,00
				8155,00	Agua	0,50	
E-01	Salida	Hidróxido de sodio 50% p/p	Líquido	9765,00	Hidróxido de sodio	0,50	19530,00
				9765,00	Agua	0,50	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.12: Balance de energía del tanque mezclador T-105.

Fuente: Elaboración Propia.

Equipo N° T-105. Tanque agitado mezclador de hidróxido de sodio 50% p/p.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)	T (°C)	Cp (kcal/kg°C)
B	Entrada	Hidróxido de sodio sólido	Sólido	1610,00	Hidróxido de sodio	1,00	1610,00	25,00	0,35
D-03	Entrada	Agua	Líquido	1610,00	Agua	1,00	1610,00	35,00	1,00
F	Reciclo	Recirculación de hidróxido de sodio 50% p/p	Líquido	8155,00	Hidróxido de sodio	0,50	16310,00	85,50	0,69
				8155,00	Agua	0,50			
E-01	Salida	Hidróxido de sodio 50% p/p	Líquido	9765,00	Hidróxido de sodio	0,50	19530,00	93,25	0,69
				9765,00	Agua	0,50			
P (atm)				1,00					

7.2.2.6 Divisor de corriente de hidróxido de sodio 50% p/p D-109

La corriente E-01 que abandona el tanque mezclador T-105, es bombeada hacia el intercambiador de calor I-108, donde se enfría a 85.5°C. Luego E-03 llega al divisor de corrientes D-109; en este equipo el flujo se divide en dos: F (corriente que se recircula al tanque T-105 para controlar la temperatura de dilución) y G-01 (corriente que luego es bombeada a través de la bomba P-110 hacia la columna de destilación reactiva C-201).

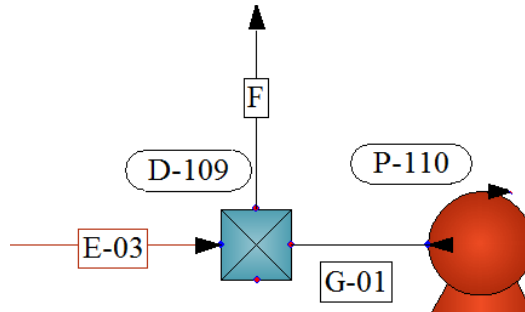


Figura 7.7: Diagrama del divisor de corrientes D-109.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.13: Ecuaciones de balance general y parcial de componentes del divisor D-109.

Fuente: Elaboración propia.

Balance general: $E-02 = F + G-01$	
Balance parcial hidróxido de sodio (NaOH)	$E-02 \cdot X_{\text{NaOH-E02}} = F \cdot X_{\text{NaOH-F}} + G-01 \cdot X_{\text{NaOH-G-01}}$
Balance parcial agua (A)	$E-02 \cdot X_{\text{A-E02}} = F \cdot X_{\text{A-F}} + G-01 \cdot X_{\text{A-G-01}}$

Tabla 7.14: Balance de masa del divisor D-109.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° D-109. Divisor de corriente de hidróxido de sodio 50% p/p							
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Denominación	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)
E-03	Entrada	Hidróxido de sodio 50% p/p	Líquido	9765,00	Hidróxido de Sodio	0,50	19530,00
				9765,00	Agua	0,50	
F	Salida	Recirculación a M-105	Líquido	8155,00	Hidróxido de Sodio	0,50	16310,00
				8155,00	Agua	0,50	
G-01	Salida	Hidróxido de sodio 50% p/p a proceso	Líquido	1610,00	Hidróxido de Sodio	0,50	3220,00
				1610,00	Agua	0,50	

7.2.2.7 Enfriador de agua I-111

El agua de circuito cerrado que se recircula a proceso desde el fondo de la columna de destilación C-301 con el nombre de D-01 pasa por el intercambiador I-111 donde se enfría a 35°C con agua de torre de enfriamiento para llegar a temperatura óptima al tanque de dilución de soda cáustica (T-105). La corriente que ingresa al intercambiador se denomina D-01 y la de salida D-02.

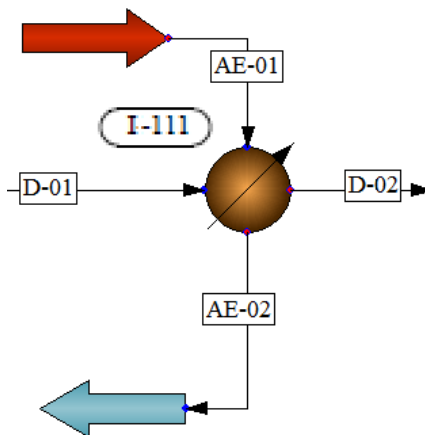


Figura 7.8: Diagrama del intercambiador de calor I-111.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.15: Balance de energía del intercambiador de calor I-111.

Fuente: Elaboración propia.

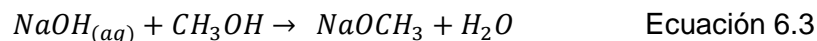
Equipo N° I-111. Intercambiador de calor Agua/Agua recuperada								
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	T (°C)	Cp (kcal/kg°C)
AE-01	Entrada	Agua	Líquido	1,00	5236,16	5236,16	25,00	1,00
D-01	Entrada	Agua	Líquido	1,00	1610,00	1610,00	99,88	1,01
AE-02	Salida	Agua	Líquido	1,00	5236,16	5236,16	45,00	1,00
D-02	Salida	Agua	Líquido	1,00	1610,00	1610,00	35,00	1,00
P (atm)	1,00							
Calor intercambiado (kcal/h)	104531,00							

7.2.3 Zona de destilación reactiva: Zona 200

7.2.3.1 Columna de destilación reactiva C-201

Finalizado el acondicionamiento de los reactivos en la Zona 100, el proceso aguas abajo continua con una de las operaciones fundamentales en la producción de metóxido de sodio: la destilación reactiva entre el hidróxido de sodio 50% p/p (corriente G-02) y el metanol (corriente C-05), proceso unitario que ocurre en la columna C-201.

En este equipo se lleva a cabo la siguiente reacción que se detalla en el capítulo 6, la cual presenta una conversión del 99.9% del hidróxido de sodio a metóxido, según detalla la bibliografía (Schierle-arndt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005):



Como corrientes de salida de la columna de destilación se encuentra el condensado de metanol/agua (corriente H) que abandona la columna por la parte superior y posteriormente se alimentan a la columna de destilación C-301, y por el fondo se obtiene el metóxido de sodio al 30% en metanol, con especificación de producto terminado (corriente I-01).

La corriente de producto final es bombeada a través de la bomba P-202 hacia el tanque de almacenamiento de producto final T-203. Para la operación de esta columna se cuenta con un

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

condensador y un rehervidor, cuyos balances de masa y energía se detallarán en las siguientes secciones.

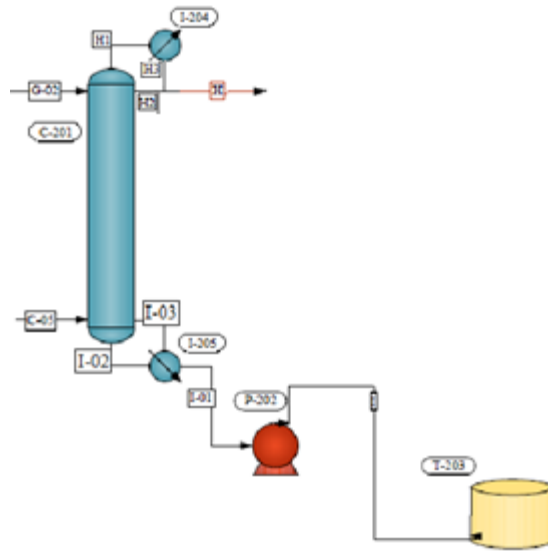


Figura 7.9: Diagrama de la columna de destilación reactiva C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.16: Balance de masa columna de destilación reactiva D-201.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° C-201. Columna de destilación reactiva.							
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)
G-02	Entrada	Hidróxido de sodio 50% p/p a proceso	Líquido	1610,00	Hidróxido de Sodio	0,50	3220,00
				1610,00	Agua	0,50	
C-05	Entrada	Metanol gaseoso	Vapor	28244,00	Metanol	1,00	28244,00
I-01	Salida	Metóxido de sodio 30% p/p en metanol	Líquido	2174,40	Metóxido de sodio	0,30	7248,00
				5030,11	Metanol	0,69	
				43,49	Agua	0,01	
H	Salida	Destilado a separar metanol/agua	Líquido	21930,01	Metanol	0,91	24216,00
				2285,99	Agua	0,09	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.17: Balance de energía columna de destilación reactiva D-201.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° C-201. Columna de destilación reactiva.										
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)	T (°C)	P (atm)	Cp (kcal/kg°C)
G-02	Entrada	Hidróxido de sodio 50% p/p a proceso	Líquido	1610,00	Hidróxido de Sodio	0,50	3220,00	85,50	1,00	0,69
				1610,00	Agua	0,50				
C-05	Entrada	Metanol gaseoso	Vapor	28244,00	Metanol	1,00	28244,00	88,39	1,35	0,36
I-01	Salida	Metóxido de sodio 30% p/p en metanol	Líquido	2174,40	Metóxido de sodio	0,30	7248,00	71,22	1,00	0,58
				5030,11	Metanol	0,69				
				43,49	Agua	0,01				
H	Salida	Destilado a separar metanol/agua	Líquido	21930,01	Metanol	0,91	24216,00	66,85	1,00	0,71
				2285,99	Agua	0,09				
Calor condensador (kcal/h)	-7,28E+06									
Calor rehedidor (kcal/h)	2,87E+06									
P (atm)	1,00									

7.2.3.2 Condensador de la columna de destilación reactiva I-204

La corriente de vapores que abandona el plato número 2 de la columna (corriente H1) es condensada en su totalidad y pasa a llamarse corriente H3.

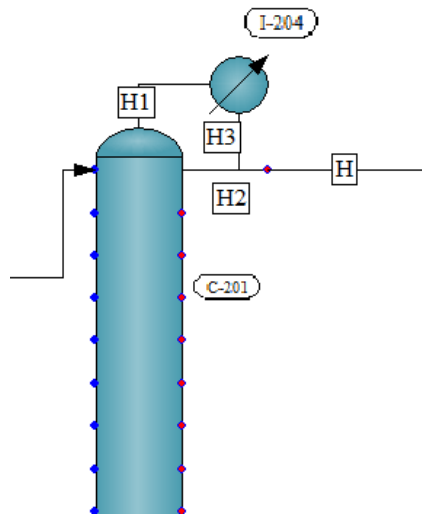


Figura 7.10: Esquema del condensador de la columna de destilación reactiva C-201.

Fuente: Elaboración propia.

De los datos de la simulación es posible conocer el caudal másico de la corriente de reflujo, H2, cuyo valor es de 678.028 kg/h, y del balance de masa global de la columna de destilación se conoce el flujo másico de la corriente H, el cual es 24215.28 kg, y se calcula:

$$H1 = H3 = H_2 + H$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.18: Balance de masa para el condensador de la columna de destilación reactiva C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-204. Condensador de la columna de destilación reactiva.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
H1	Entrada	Metanol	Vapor	0,91	22543,38	24893,31	1,00	66,90	1,00
		Agua		0,09	2349,93				
AE-03	Entrada	Agua	Líquido	1,00	290945,00	290945,00	0,00	25,00	1,00
H3	Salida	Metanol	Líquido	0,91	22543,38	24893,31	0,00	66,85	1,00
		Agua		0,09	2349,93				
AE-04	Salida	Agua	Líquido	1,00	290945,00	290945,00	0,00	50,00	1,00
Calor intercambiado (kcal/h)		-7,28E+06							

7.2.3.3 Rehervidor de la columna de destilación reactiva I-205

La corriente líquida que abandona la columna D-201 por el fondo, I-02, ingresa al rehervidor donde se evapora una parte de la misma y se generan dos corrientes: corriente I-03 en estado vapor, rica en metanol, y la corriente I-01 de producto final, en estado líquido.

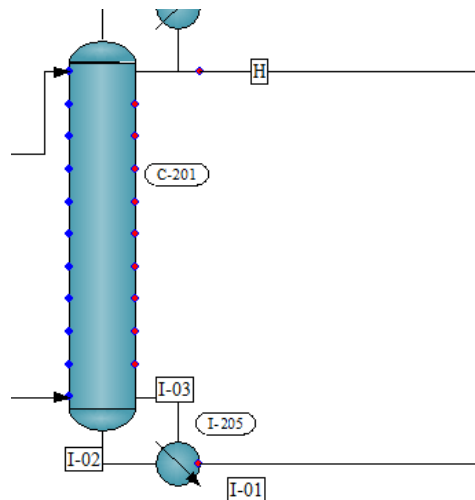


Figura 7.11: Esquema del rehervidor de la columna de destilación C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Del perfil de composición de la columna es posible obtener los datos de cada corriente, y así poder plantear el balance de masa y energía de la unidad. La corriente I-02 se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_{-02} = I_{-01} + I_{-03}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.19: Balance de masa del rehervidor de la columna de destilación C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-205. Reboiler de la columna de destilación reactiva.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
I-02	Entrada	Metanol	Líquido	0,87	15728,82	17994,60	0,00	66,63	1,00
		Metóxido de sodio		0,12	2174,62				
		Agua		0,01	91,16				
V-03	Entrada	Agua	Vapor	1,00	5055,00	5055,00	1,00	120,00	1,98
I - reboiler	En reboiler	Metanol	Mezcla Líquido/Vapor	0,87	15728,82	17994,60	0,61	71,22	1,00
		Metóxido de sodio		0,12	2174,62				
		Agua		0,01	91,16				
V-04	Salida	Agua	Líquido	1,00	5055,00	5055,00	0,00	120,00	1,98
Calor intercambiado (kcal/h)	2,87E+06								

Se observa una corriente llamada denominada I – reboiler en la tabla 7.19, esta corriente es la que se va a dividir en las posteriores I-03 que retorna a la columna en forma de vapor, y la de producto final I-01. Esta información se detalla en la tabla 7.20.

Tabla 7.20: Corriente de vapor y producto final que se generan en el reboiler de la columna C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-205. Reboiler de la columna de destilación reactiva.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
I-reboiler	En reboiler	Metanol	Mezcla Líquido/Vapor	0,87	15728,82	17994,60	0,61	71,22	1,00
		Metóxido de sodio		0,12	2174,62				
		Agua		0,01	91,16				
I-03	Vapores a plato 39	Metanol	Vapor	1,00	10701,14	10745,89	1,00	71,22	1,00
		Agua		0,00	44,75				
I-01	Producto final	Metanol	Mezcla Líquido/Vapor	0,69	5027,68	7248,71	0	71,22	1,00
		Metóxido de sodio		0,30	2174,62				
		Agua		0,01	46,41				

7.2.4 Zona de recuperación metanol/agua: Zona 300

7.2.4.1 Columna de destilación C-301

La corriente H que abandona la columna de destilación reactiva por la parte superior, ingresa a la columna de destilación C-301 donde se va a separar metanol puro (corriente K-01) y por el fondo de la columna se obtiene agua (corriente J-01). La utilización de esta columna es muy importante ya que permite trabajar con agua en circuito cerrado y no generar efluentes.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

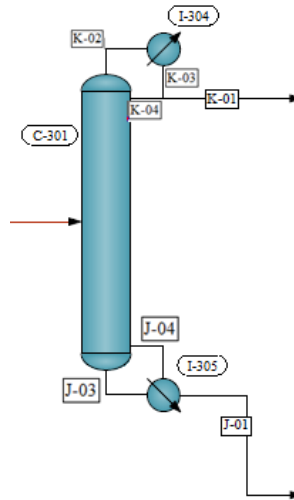


Figura 7.12: Diagrama de la columna de destilación C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.21: Ecuaciones de balance de masa de columna de destilación C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Balance general: $H = K-01 + J-01$	
Balance parcial metanol (M)	$H \cdot X_{M-H} = K-01 \cdot X_{M-K-01} + J-01 \cdot X_{M-J-01}$
Balance parcial agua (A)	$H \cdot X_{A-H} = K-01 \cdot X_{A-K-01} + J-01 \cdot X_{A-J-01}$

Tabla 7.22: Balance de masa de columna de destilación C-301.

Equipo N° C-301. Columna de destilación.							
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)
H	Entrada	Destilado a separar metanol/agua	Líquido	21930,01	Metanol	0,91	24216,00
				2285,99	Agua	0,09	
K-01	Salida	Metanol	Líquido	21930,00	Metanol	1,00	21930,00
J-01	Salida	Agua	Líquido	2286,00	Agua	1,00	2286,00

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.23: Balance de energía de columna de destilación C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° C-301. Columna de destilación.										
Corriente	Tipo de corriente	Denominación	Estado	Caudal másico (kg/h)	Componente	Fracción másica	Total (kg/h)	T (°C)	P (atm)	Cp (kcal/kg°C)
H	Entrada	Destilado a separar metanol/agua	Líquido	21930,01	Metanol	0,91	24216,00	66,90	1,00	0,71
				2285,99	Agua	0,09				
K-01	Salida	Metanol	Líquido	21930,00	Metanol	1,00	21930,00	64,40	1,00	0,67
J-01	Salida	Agua	Líquido	2286,00	Agua	1,00	2286,00	99,88	1,00	1,01
Calor condensador (kcal/h)	-6,34E+06									
Calor rehedidor (kcal/h)	6,35E+06									
P (atm)	1,00									

7.2.4.2 Condensador de la columna de destilación I-304

La corriente de vapores que abandona el plato número 2 de la columna, K-02, es condensada en su totalidad y en este estado se denomina K-03.

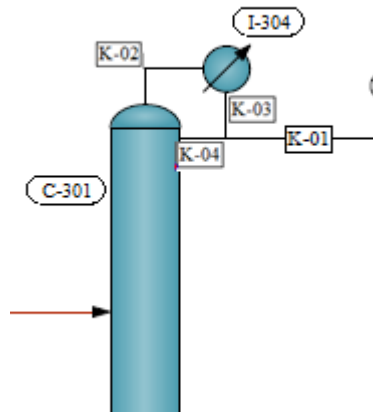


Figura 7.13: Esquema del condensador de la columna de destilación D-201.

Fuente: Elaboración propia.

De los datos de la simulación es posible conocer el caudal másico de la corriente de reflujo K-04 cuyo valor es de 65779.8 kg/h y del balance de masa global de la columna de destilación se conoce el flujo másico de la corriente K-01, el cual es 21930 kg/h, con la ecuación siguiente se puede realizar el balance de masa en el condensador:

$$K_{-02} = K_{-03} = K_{-04} + K_{-01}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.24: Balance de masa del condensador de la columna de destilación C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-304. Condensador de la columna de destilación.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
K-02	Entrada	Metanol	Vapor	1,00	87706,00	87706,00	1,00	64,40	1,00
AE-05	Entrada	Agua	Líquido	1,00	924319,00	924319,00	0,00	25,00	1,00
H2	Salida	Metanol	Líquido	1,00	87706,00	87706,00	0,00	64,40	1,00
K-03	Salida	Agua	Líquido	1,00	924319,00	924319,00	0,00	50,00	1,00
Calor intercambiado (kcal/h)	2,31E+07								

7.2.4.3 Rehervidor de la columna de destilación I-305

La corriente líquida que abandona la columna por el fondo, J-03, ingresa al rehervidor donde se evapora una parte de la misma y se generan dos corrientes: corriente J-03, la cual es vapor y la corriente J-01 que luego va a retornar a proceso.

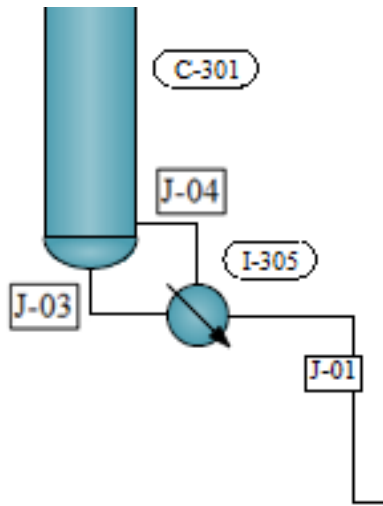


Figura 7.14: Esquema del reboiler de la columna de destilación D-201.

Fuente: Elaboración propia.

Del perfil de composición de la columna es posible obtener los datos de cada corriente, y así poder plantear el balance de masa y energía de la unidad a través de la siguiente ecuación:

$$J_{-03} = J_{-01} + J_{-04}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En las tablas 7.25 y 7.26 se resume el balance de masa planteado para el reboiler.

Tabla 7.25: Balance de masa y energía para el rehervidor de la columna C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-305. Reboiler de la columna de destilación metanol/agua.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
J-03	Entrada	Agua	Líquido	1,00	44985,00	44985,00	0,00	99,88	1,00
V-05	Entrada	Agua	Vapor	1,00	43761,00	43761,00	1,00	120,00	1,98
J - reboiler	En reboiler	Agua	Mezcla Líquido/Vapor	1,00	44985,00	44985,00	0,95	99,88	1,00
V-06	Salida	Agua	Líquido	1,00	43761,00	43761,00	0,00	120,00	1,98
Calor intercambiado (kcal/h)	2,30E+07								

Tabla 7.26: Balance de masa para el rehervidor de la columna C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° I-305. Reboiler de la columna de destilación.									
Corriente	Tipo de corriente	Componente	Estado	Fracción másica	Caudal másico (kg/h)	Total (kg/h)	Fracción de vapor	T (°C)	P (atm)
J - reboiler	En reboiler	Metanol	Mezcla Líquido/Vapor	1,00	44985,00	44985,00	0,95	99,88	1,00
J - 04	Vapores al plato 29	Agua	Vapor	1,00	42699,76	42699,76	1,00		
J-01	Agua de proceso	Agua	Líquido	1,00	2285,24	2285,24	0,00		

7.2.4.4 Divisor de corrientes D-304

La corriente de agua que abandona el fondo de la columna de destilación C-301 (corriente J-01), es bombeada a través de la bomba P-303 hacia el divisor de corrientes D-304. En este equipo la corriente de agua es dividida en dos partes: la corriente L la cual es agua que retorna a caldera, y la corriente D-01 que va a ser enfriada en el tren de recuperación de calor de la Zona 100 para luego ingresar a proceso.

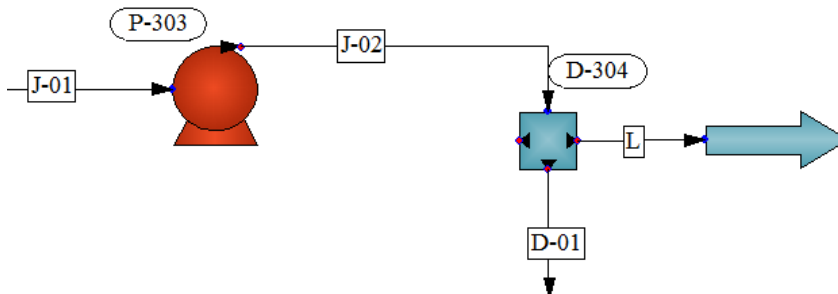


Figura 7.15: Diagrama del divisor de corrientes D-304.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 7.27: Balance de masa divisor D-304.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo N° D-304. Divisor de corriente de agua.							
<i>Corriente</i>	<i>Tipo de corriente</i>	<i>Denominación</i>	<i>Estado</i>	<i>Caudal másico (kg/h)</i>	<i>Componente</i>	<i>Fracción másica</i>	<i>Total (kg/h)</i>
J-01	Entrada	Agua de fondo de columna D-301	Líquido	2286,00	Agua	1	2286
D-01	Entrada	Agua recirculada a proceso	Líquido	1610	Agua	1	1610,00
L	Entrada	Agua a caldera	Líquido	676	Agua	1	676

CAPÍTULO N°8

DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.1 INTRODUCCIÓN

En la presente sección se realiza el diseño y adopción de los equipos que intervienen en la producción industrial de metóxido de sodio a partir de metanol e hidróxido de sodio. En base a las condiciones establecidas por el estudio de mercado y el balance de materia y energía, se fija como capacidad máxima de producción 7246.37 kg/h de metóxido de sodio, considerando una pérdida global en el proceso de 2.5%. La producción anual se traduce a 60000 t/año.

En la tabla 8.1 se detallan los equipos adoptados y diseñados.

Tabla 8.1: Especificación de equipos adoptados y diseñados.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Sector</i>	<i>Criterio de especificación</i>	<i>Tag</i>	<i>Equipo</i>
100	Adopción	T-101	Tanque de almacenamiento
	Adopción	P-102	Bomba
	Diseño	T-103	Tanque mezclador
	Adopción	SL-104	Silo
	Diseño	T-105	Tanque mezclador
	Adopción	P-106	Bomba
	Adopción	P-107	Bomba
	Diseño	I-108	Intercambiador de calor
	Adopción	P-110	Bomba
	Diseño	I-111	Intercambiador de calor
	Adopción	P-112	Bomba
	Diseño	I-113	Intercambiador de calor
	Adopción	K-114	Compresor
200	Diseño	C-201	Columna de destilación reactiva
	Adopción	P-202	Bomba
	Adopción	T-203	Tanque
	Diseño	I-204	Intercambiador de calor (condensador)
	Diseño	I-205	Intercambiador de calor (rehervidor)
300	Diseño	D-301	Columna de destilación
	Adopción	P-302	Bomba
	Adopción	P-303	Bomba
	Diseño	I-304	Intercambiador de calor (condensador)
	Diseño	I-305	Intercambiador de calor (rehervidor)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Se diseñan todos los equipos de características especiales, es decir aquellos que son específicos para el proceso de producción de metóxido de sodio, y se adoptan aquellos equipos de características generales, comunes en la industria de procesos.

8.2 ZONA DE MATERIA PRIMA Y RECUPERACIÓN DE CALOR: ZONA 100

8.2.1 Recibo de la materia prima: pesaje

8.2.1.1 Hidróxido de sodio

La soda cáustica sólida con pureza de 99.9 % será adquirida semanalmente a través de camiones, para el control de la materia prima que ingresa se utiliza la balanza ubicada en el Parque Industrial que es para uso común. La báscula puede pesar hasta 80 toneladas, lo cual es suficiente para cuantificar la materia prima que ingresa a planta en camiones de 35 toneladas de peso neto.

8.2.1.2 Metanol

El metanol utilizado en el proceso es bombeado directamente desde la planta vecina de producción de metanol a partir de glicerina. Se mide el caudal que se envía a planta a través de un caudalímetro.

8.2.2 Tanques de almacenamiento de metanol fresco: T-101

Si bien el metanol fresco que ingresa a planta es suministrado directamente de la planta vecina de producción de metanol a partir de glicerina, se considera necesario almacenar el mismo en tanques, para poder operar la planta en forma continua y evitar cualquier problema que ocurra con el suministro de materia prima desde la planta vecina, en los días de fallas imprevistas y paradas de producción.

Para realizar la adopción de los tanques se consideran las siguientes variables:

- Flujo másico de metanol: 6314 kg/h.
- Densidad de alimentación: 789.58 kg/m³.
- Tiempo sin suministro de materia prima: 48 horas.

Los tanques que se adoptan, son del proveedor Bertotto y Boglione cuyo volumen es de 150 m³.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.2.2.1 Cálculo de la capacidad y cantidad de los tanques requeridos

La capacidad requerida de los tanques de almacenamiento se calcula con la Ecuación 8.1.

$$V_L = \frac{F_{MA} * t_{RM}}{\delta_A} \quad \text{Ecuación 8.1}$$

Donde:

- V_L es la capacidad requerida de almacenamiento (m^3).
- F_{MA} es el flujo másico de alimentación de metanol fresco (kg/h).
- t_{RM} es el tiempo de falta en el suministro de materia prima (h).
- δ_A es la densidad de la alimentación (kg/ m^3).

$$V_L = 383.84 \text{ m}^3$$

El cálculo de la cantidad de tanques necesarios se realiza teniendo en cuenta las siguientes expresiones:

$$V_{RT} = \frac{V_L}{1 - F_s} \quad \text{Ecuación 8.2}$$

$$n_T = \frac{V_{RT}}{V_{TA}} \quad \text{Ecuación 8.3}$$

Donde:

- V_{RT} es el volumen requerido de tanques (m^3).
- F_s es el factor de seguridad, debido a que los tanques nunca se llenan por completo, se considera un valor de 10%.
- V_{TA} es el volumen de tanques a adoptar (m^3).
- n_T es el número de tanques requeridos.

$$V_{RT} = \frac{383.84 \text{ m}^3}{1 - 0.10} = 426.5 \text{ m}^3$$

$$n_T = 3$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.2.2.2 Características de los tanques adoptados

Tabla 8.2: Características de los tanques de almacenamiento T-101.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Bertotto y Boglione
Tipo de tanque Atmosférico vertical	Atmosférico Vertical de simple pared
Material	Acero al carbono
Diseño del cabezal	Toriférico
Capacidad máxima	150 m ³
Cantidad de tanques requeridos	3
Diámetro externo	4,60 m
Altura	9,00 m
Esbeltez	1,96
Espesor de pared	6,35 mm (1/4")
Diámetro boca de hombre	60 cm

8.2.3 Tanque mezclador de metanol: T-103

En este equipo se produce la mezcla de dos corrientes líquidas de metanol:

- La corriente A-02 de metanol fresco, que proviene de los tanques de almacenamiento T-101.
- La corriente K-02 de metanol recirculado, el cual llega al mezclador desde la columna de destilación C-301.

La corriente de mezcla resultante que se encuentra en la salida del equipo se la conoce como C-01, es bombeada hacia el tren de intercambio de calor, luego comprimida y alimentada a la columna de destilación reactiva C-201.

El diseño del tanque tiene dos etapas, la primera consiste en determinar las dimensiones del tanque, y posteriormente se calcula el sistema de agitación (especificando la potencia del motor, tipo de agitador, etc.).

La corriente mezcla obtenida, C-01 posee las siguientes características:

- Caudal másico: 28244 kg/h.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Densidad 758.42 kg/m³.
- Viscosidad: 0.3753 cP
- Tiempo de mezcla: 10 minutos.

8.2.3.1 Cálculo de las dimensiones del tanque mezclador

Se procede al cálculo del tamaño del tanque utilizando las Ecuaciones 8.1, 8.2 y 8.3. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 8.3, el tanque que se adopta es el del proveedor Bertotto y Boglione.

Tabla 8.3: Dimensiones del tanque mezclador T-103.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Bertotto y Boglione
Tipo de tanque	Atmosférico vertical de simple pared
Material	Acero al carbono
Diseño del cabezal	Toriférico
Capacidad requerida	6,90 m ³
Capacidad adoptada	10 m ³
Diámetro externo	2,08 m
Altura	3 m
Esbeltez	1,44
Espesor de pared	3,175 mm (1/8")
Condiciones de diseño	1 atm y 64,40°C
Diámetro boca de hombre	60 cm

8.2.3.2 Cálculo del sistema de agitación

La finalidad del tanque agitado es uniformar la temperatura de salida resultante de la mezcla de las corrientes que ingresan a esta unidad, esto se aborda como un problema relativamente sencillo por lo que se utiliza como un agitador de paletas planas.

Los agitadores de palas giran a velocidades bajas (entre 20 y 150 rpm), y al tratarse de una mezcla de muy baja viscosidad se puede lograr el régimen turbulento fácilmente. Para estas condiciones se adopta un agitador de dos palas.

Para encontrar el régimen que corresponde al menor número de revoluciones para este tipo de agitadores (n), es decir 20 rpm, se aplica la Ecuación 8.4, donde también los otros términos que

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

están incluidos en ella son: D_a es el diámetro del agitador, δ_{liq} densidad del líquido y μ_{liq} es la viscosidad del líquido.

$$N_{RE} = \frac{D_a^2 * n * \delta_{liq}}{\mu_{liq}} \quad \text{Ecuación 8.4}$$

$$N_{RE} = 3.23 * 10^5$$

Las proporciones geométricas que se utilizan para el diseño del sistema de agitación son las siguientes:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} ; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12} ; \frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} ; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} ; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Donde:

- D_a es el diámetro del agitador.
- D_t es el diámetro del tanque.
- J es el ancho de las placas deflectoras.
- E es la altura del agitador sobre el fondo del tanque.
- W es el ancho de las palas del rodete.
- L es la longitud de las palas del rodete.

Tabla 8.4: Características geométricas del mezclador T-103.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor (m)
Da	0,692
Dt	2,077
J	0,173
E	0,692
W	0,138
L	0,173
Número de placas deflectoras	4

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.2.3.3 Potencia del motor del mezclador T-103

El consumo de potencia (P) se relaciona con la densidad (δ_{liq}) y viscosidad del fluido (μ_{liq}), la velocidad de rotación (n) y el diámetro (D_a) del impulsor por medio de graficas del número de potencia (N_p) en función del número de Reynolds (N_{RE}) proporcionadas por Mc Cabe-Smith.

El número de potencia se rige por la Ecuación 8.4:

$$N_p = \frac{P}{D_a^5 * \delta_{liq} * n^3} \quad \text{Ecuación 8.4}$$

En tanques con placas deflectoras, para números de Reynolds superiores a 10000, el número de potencia ya no depende del número de Reynolds. A partir de las gráficas y teniendo en cuenta las proporciones geométricas para un sistema de agitación normal y un valor de la constante específica K_t para este tipo de rodete, paleta plana (dos palas) de 1,70 se calcula la potencia suministrada a la mezcla con la Ecuación 8.5:

$$P = \frac{K_t * n^3 * D_a^5 * \delta_{liq}}{g_c} = 0.1 \text{ HP} = 0.07 \text{ kW} \quad \text{Ecuación 8.5}$$

De acuerdo a las revoluciones requeridas en el equipo, se decide operar con un motorreductor de velocidad variable.

Se utiliza un motorreductor coaxial de engranaje helicoidal de la marca WEG, modelo WG20-C001 cuya especificación se detalla en la tabla 8.5.

Tabla 8.5: Especificaciones del motorreductor para el agitador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor
Velocidad del motor (RPM)	1400
Rango de reducción	3,09 - 66,5
Velocidad de salida (RPM)	21 - 453
Rango de potencia (kW)	hasta 1,5 kW

La potencia real requerida para el accionamiento del motor se obtiene realizando el cociente entre la potencia teórica calculada con la ecuación 8.5 y el rendimiento teórico del reductor (información obtenida en el catálogo de motorreductores WEG) cuyo valor es de 0.90.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

$$P_R = \frac{\text{Potencia teórica}}{\text{Rendimiento teórico motorreductor}} = \frac{0.1 \text{ HP}}{0.90} = 0.11 \text{ HP}$$

Se adopta un motor de marca WEG de 2HP, cuya potencia permite el correcto accionamiento del motorreductor.

8.2.4 Silo de almacenamiento de hidróxido de sodio SL-104

El hidróxido de sodio que se alimenta a proceso se adquiere semanalmente en su forma sólida y una pureza de 99,99 % p/p y es almacenado en silos de polietileno de alta densidad (HDPE).

El silo consta de un fondo cónico con una inclinación de 45°, en función de las especificaciones de la materia prima y el catálogo del proveedor del silo se procede a realizar los cálculos del tamaño de los mismos para poder tener stock durante una semana de operación.

Tabla 8.6: Cantidad semanal de hidróxido de sodio a procesar.

Fuente: Elaboración propia.

Consumo semanal de hidróxido de sodio	
<i>Consumo semanal de hidróxido de sodio sólido (kg/sem)</i>	270480
<i>Densidad del hidróxido de sodio sólido (kg/m³)</i>	2310
<i>Volúmen de hidróxido de sodio sólido requerido semanalmente (m³)</i>	117

Tabla 8.7: Especificaciones del silo a adoptar.

Fuente: Elaboración propia.

Datos generales del silo	
<i>Volúmen del cono (m³)</i>	6,40
<i>Angulo de inclinación del cono</i>	45°
<i>Altura del cono (m)</i>	1,83
<i>Díámetro del silo (m)</i>	3,65
<i>Volúmen del cilindro (m³)</i>	38,60
<i>Volúmen total del silo (m³)</i>	45,00
<i>Altura del cilindro (m)</i>	3,68
<i>Altura total del silo (cono + cilindro, m)</i>	5,50
<i>Cantidad de silos</i>	3,00

8.2.5 Tanque mezclador de dilución de hidróxido de sodio sólido T-105

En este equipo se produce la solución de hidróxido de sodio al 50% p/p que luego va a ingresar a la columna de destilación reactiva C-201. En el presente equipo intervienen tres corrientes:

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- La corriente D-02 de agua la cual está en circuito cerrado en el proceso, proviene de la columna de destilación C-301.
- La corriente B de hidróxido de sodio sólido de pureza 99.99% p/p, el mismo llega al mezclador desde el silo SL-104.
- La corriente F, esta es una corriente de recirculación en el tanque, es la solución de 50% p/p de hidróxido de sodio que se recircula al tanque para mantener la temperatura en 93°C.

La corriente de mezcla resultante que se sale del equipo se la conoce como E-01, es bombeada hacia el intercambiador de calor I-108.

La corriente E-01 posee las siguientes características:

- Caudal másico: 19530 kg/h.
- Densidad 1484.15 kg/m³.
- Viscosidad: 3.954 cP.
- Tiempo de residencia: 20 minutos.

8.2.5.1 Cálculo de las dimensiones del tanque mezclador T-105

Las dimensiones del tanque quedan especificadas utilizando como fuente bibliográfica de referencia Mc Cabe, W- Smith. 4ta Edición. Se considera un tanque de acero inoxidable 316L con fondo redondeado, para evitar bordes rectos o regiones en las cuales no lleguen las corrientes de fluido.

Se procede al cálculo de las dimensiones del mezclador a diseñar empleando las ecuaciones utilizadas en la adopción de los tanques de almacenamiento, y los resultados se expresan en la tabla 8.8.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.8: Dimensiones del tanque mezclador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Empresa de Ingeniería
Tipo de tanque Atmosférico vertical	Atmosférico Vertical de simple pared
Material	Acero Inoxidable 316L
Capacidad requerida	4,87 m ³
Capacidad adoptada	5 m ³
Diámetro	1,62 m
Altura	2,43 m
Esbeltez	1,50
Condiciones de diseño	1 atm y 94,45°C

8.2.5.2 Cálculo del sistema de agitación

La finalidad del tanque agitado es realizar la dilución del hidróxido de sodio sólido de pureza 99.99% en una solución del mismo a concentración 50% p/p, además permite mantener uniforme la temperatura en el equipo.

Para cumplir la finalidad a la que apunta el equipo, la mejor performance se da cuando el régimen en el que opera es turbulento es decir cuando $N_{RE} > 10000$. Entonces se calcula la velocidad de giro (n) en rpm para la cual se logra el dicho régimen, conociendo Da , la viscosidad (μ_{liq}) y la densidad (δ_{liq}). A continuación, en la Ecuación 8.6 se expresa la ecuación que relaciona los factores anteriormente mencionados:

$$n = \frac{\mu_{liq} * N_{RE}}{Da^2 * \delta_{liq}} \quad \text{Ecuación 8.6}$$

$$n = 59 \text{ RPM}$$

De acuerdo a la velocidad de giro, se adopta un agitador de seis palas planas, ya que operan relativamente a bajas revoluciones (tienen un rango de velocidad de giro que está entre 20 y 150 RPM, según Mc Cabe, W- Smith. 4ta Edición).

Se determinan las características geométricas del agitador utilizando las siguientes relaciones de proporcionalidad, los resultados obtenidos de las mismas se expresan en la tabla 8.9:

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} ; \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12} ; \frac{E}{Dt} = \frac{1}{3} ; \frac{W}{Da} = \frac{1}{5} ; \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Donde:

- D_a es el diámetro del agitador.
- D_t es el diámetro del tanque.
- J es el ancho de las placas deflectoras.
- E es la altura del agitador sobre el fondo del tanque.
- W es el ancho de las palas del rodete.
- L es la longitud de las palas del rodete.

Tabla 8.9: Características geométricas del mezclador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor
D_a (m)	0,540
D_t (m)	1,620
J (m)	0,135
E (m)	0,540
W (m)	0,108
L (m)	0,135
Número de placas deflectoras	4

8.2.5.3 Potencia del motor del mezclador T-103

Como se mencionó en la sección 8.2.3.3, el consumo de potencia (P) se relaciona con la densidad (δ_{liq}) y viscosidad del fluido (μ_{liq}), la velocidad de rotación (n) y el diámetro (D_a) del impulsor por medio de graficas del número de potencia (N_p) en función del número de Reynolds (N_{RE}) proporcionadas por Mc Cabe-Smith.

En tanques con placas deflectoras, para números de Reynolds superiores a 10000, el número de potencia es independiente del Reynolds y la viscosidad ya no influye. En este intervalo el flujo es totalmente turbulento y la ecuación para calcular la potencia es:

$$P = \frac{K_t * n^3 * D_a^5 * \delta_{liq}}{g_c}$$

El valor de la constante específica K_t para este tipo de rodete (paleta plana de seis palas) es de 6.30. Entonces la potencia obtenida es:

$$P = 0.54 \text{ HP} = 0.40 \text{ kW}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

De acuerdo a las revoluciones requeridas en el equipo, se decide operar con un motorreductor de velocidad variable, como el agitador de la sección 8.2.3.3.

Se utiliza un motorreductor coaxial de engranaje helicoidal de la marca WEG, modelo WG20-00 cuya especificación se detalla en la tabla 8.10.

Tabla 8.10: Especificaciones del motorreductor para el agitador T-105.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
Velocidad del motor (RPM)	1400
Rango de reducción	2,44 - 47,44
Velocidad de salida (RPM)	29 - 573
Rango de potencia (kW)	0,12 - 0,75

La potencia real requerida para el accionamiento del motor se obtiene realizando el cociente entre la potencia teórica calculada y el rendimiento teórico del reductor (información obtenida en el catálogo de motorreductores WEG) cuyo valor es de 0.90.

$$P_R = \frac{\text{Potencia teórica}}{\text{Rendimiento teórico motorreductor}} = \frac{0.54 \text{ HP}}{0.90} = 0.6 \text{ HP}$$

Se adopta un motor de marca WEG de 2HP, cuya potencia permite el correcto accionamiento del motorreductor.

8.2.6 Intercambiador de calor metanol/hidróxido de sodio 50% p/p I-108

Es el primer intercambiador por el cual la corriente de metanol C-01 atraviesa. En este equipo la corriente de metanol va a calentarse recuperando el calor de dilución de la corriente E-02, la cual abandona el tanque T-105.

Para su diseño se emplea el simulador ChemCAD 7.1.2, en el cual se utiliza un intercambiador de calor de tubo y coraza, en el que el fluido que ingresa por los tubos es la corriente C-01, y por la coraza la corriente E-02.

La información de diseño del intercambiador I-108 se detalla en la tabla 8.11.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.11: Datos generales del intercambiador de calor I-108.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	B/AEL
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	25,40 cm
<i>Numero de tubos</i>	41
<i>Longitud de tubos</i>	3,66 m
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	2,54 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	2,21 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	TRI60
<i>Pasos de los tubos</i>	3,17 cm
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	2
<i>Numero de baffles</i>	31
<i>Separación entre baffles</i>	11,15cm
<i>Segmentación de baffles</i>	17%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Tabla 8.12: Datos de transferencia de calor del intercambiador I-108.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	11,68 m ²
<i>Área requerida</i>	10,34 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	755,74 / 669,10 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	259367 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	229631 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	12,95%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,20 / 0,08 atm
<i>Coefficiente de película para la coraza</i>	2490,8 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coefficiente de película para los tubos</i>	2605,86 kcal/(h*m ² *°C)

8.2.7 Evaporador de metanol I-113

Este equipo es un evaporador en el cual la corriente de metanol que abandona el intercambiador I-108 va a cambiar de fase, y pasar a estado de vapor. En este equipo se utiliza vapor de caldera como medio calefactor, el cual tiene una temperatura de 120°C y presión de 1.95 atm y solo entrega calor latente.

Para su diseño en el software ChemCAD 7.12, se considera al evaporador como un intercambiador de calor de tubo y coraza, en el que el fluido que ingresa por los tubos es el vapor de agua de caldera, y la evaporación se efectúa en la coraza.

La información de diseño del intercambiador I-113 se detalla en la tabla 8.13.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.13: Datos generales del intercambiador de calor I-113.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	B/AEL
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	78,74 cm
<i>Numero de tubos</i>	760
<i>Longitud de tubos</i>	3,05
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	1,90 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	1,24 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	TRI60
<i>Pasos de los tubos</i>	2,54 cm
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	1
<i>Numero de baffles</i>	2
<i>Separación entre baffles</i>	99,69 cm
<i>Segmentación de baffles</i>	45%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Tabla 8.14: Datos de transferencia de calor del intercambiador I-113.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	135,68 m ²
<i>Área requerida</i>	129,58 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	1146,63 / 1095,12 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	8558136 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	8173738 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	4,70%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,11 / 0,02 atm
<i>Coeficiente de película para la coraza</i>	8074,51 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coeficiente de película para los tubos</i>	11313,95 kcal/(h*m ² *°C)

8.2.8 Compresor de metanol K-114

Para que se dé un mejor contacto en la columna de destilación reactiva C-201, el proceso exige que la corriente de metanol que ingresa a dicha etapa se encuentre a una presión de 1.35 atm y a 88.4°C. Para acondicionar la corriente de metanol y que cumpla con los requerimientos de la tecnología de producción de metóxido de sodio, es necesario un compresor.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

El equipo seleccionado debe tener una sola etapa de compresión y ser enfriado para eliminar el calor generado en la compresión. En la tabla 8.15 se expresan las condiciones de entrada, y salida de la corriente de metanol en el equipo.

Tabla 8.15: Datos de operación del compresor K-114.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de compresión	
<i>Caudal volumétrico entrada</i>	24055,08 m ³
<i>Caudal volumétrico salida</i>	19246,99 m ³
<i>Densidad corriente entrada</i>	1,17 kg/m ³
<i>Calor generado por compresión</i>	191848 kcal/h
<i>Calor intercambiado enfriamiento</i>	-172664 kcal/h
<i>Temperatura de entrada</i>	64,40 °C
<i>Temperatura de salida</i>	88,4 °C
<i>Presión de entrada</i>	1 atm
<i>Presión de salida</i>	1,35 atm

Según la revisión de proveedores de compresores de una sola etapa, se adopta el compresor modelo VRa 1037-L de la firma Aerzen, el cual cumple con las características requeridas para la presente operación. Dicho equipo es un compresor de tornillo el cual permite operar con caudales hasta 120000 m³/h y abarca el rango de presiones solicitadas por el proceso. En la tabla 8.16 se presentan las características del mismo.

Tabla 8.16: Información técnica del compresor K-114 adoptado.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de compresión	
<i>Caudal volumétrico entrada</i>	550 - 120000 m ³ /h
<i>Rango de presión</i>	0,88 - 51,32 atm
<i>Potencia del motor</i>	71 HP
<i>Longitud del rotor</i>	1,35 m
<i>Sistema de refrigeración</i>	Aceite
<i>Velocidad del rotor</i>	2000 - 20000 RPM
<i>Etapas de compresión</i>	1
<i>Dimensiones</i>	Largo 2,35 m
	Ancho 1,35 m
	Altura 1,25 m

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.2.9 Intercambiador de calor agua/agua I-111

En este equipo, se va a realizar el enfriamiento de la corriente D-01 (agua recuperada que proviene del fondo de la columna de destilación C-301, la cual constituye un ciclo cerrado de agua de proceso sin generar efluentes) con agua que proviene del servicio de torres de enfriamiento de la planta. El equipo seleccionado es un intercambiador de placas debido a su diseño compacto y los bajos caudales que ingresan al mismo, para su diseño se utilizó el software Chemcad 7.1.2 y las dimensiones de las placas fueron suministradas por el catálogo de intercambiadores de calor de la empresa Alfa Laval.

Tabla 8.17: Datos generales del intercambiador de calor I-111.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	Placas
<i>Altura de placa</i>	48 cm
<i>Ancho de placa</i>	18 cm
<i>Espaciado entre placas</i>	0,40 cm
<i>Corrugación</i>	Intermating
<i>Conductividad térmica</i>	13 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Número de placas</i>	5

Tabla 8.18: Datos de transferencia de calor del intercambiador I-111.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	9 m ²
<i>Área requerida</i>	7,818 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	507 / 441 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	104536 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	15,10%
<i>Factor de Obstrucción</i>	8,19E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (fluido frío / fluido caliente)</i>	0,1 / 0,01 atm
<i>Coefficiente de película para fluido frío</i>	9748,7 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coefficiente de película para fluido caliente</i>	5014,2 kcal/(h*m ² *°C)

8.3 ZONA DE DESTILACIÓN REACTIVA: ZONA 200

8.3.1 Columna de destilación reactiva C-201

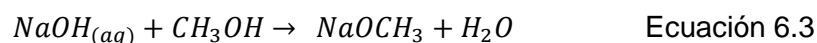
La reacción de producción de metóxido de sodio se lleva a cabo en un equipo llamado columna de destilación reactiva. Para poder llevar a cabo el diseño del proceso unitario se emplea el

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

software ChemCAD 7.1.2 en donde se introducen los parámetros de equilibrio de la reacción involucrada y los datos relacionados al balance de materia y energía, realizados en el capítulo anterior.

8.3.1.1 Parámetros cinéticos de la reacción

En este equipo se lleva a cabo la siguiente reacción que se detalla en el capítulo 6, la cual presenta una conversión del 99.9% del hidróxido de sodio a metóxido, según detalla la bibliografía (Schierle-arndt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005):



Los parámetros de equilibrio de esta reacción son propuestos por (Granjo, 2012) y se resumen a continuación.

$$\ln(K_{eq}) = -4.374 + \frac{1751}{T}$$

8.3.1.2 Diseño de la columna de destilación reactiva C-201

En base a la información suministrada al simulador ChemCAD 7.1.2, las características del diseño de la torre se expresan en la tabla 8.19.

Tabla 8.19: Diseño de columna de destilación reactiva C-201.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño columna DR-201	
<i>Número de platos</i>	40
<i>Diseño de plato</i>	Burbuja
<i>Plato de alimentación de Hidróxido de Sodio 50% p/p</i>	2
<i>Plato de alimentación de metanol gaseoso</i>	38
<i>Relación de reflujo (R/D)</i>	0,028
<i>Diámetro de la torre (m)</i>	2,51
<i>Espaciamiento entre platos (m)</i>	0,61
<i>Altura de torre (m)</i>	24,38
<i>Caida de presión (atm)</i>	0,25
<i>% flood</i>	80
<i>Calor de condensación (kcal/h)</i>	-7,28E+06
<i>Calor del rehedidor (kcal/h)</i>	2,87E+06

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.3.1.3 Diseño del condensador de la columna de destilación reactiva I-204

Con los datos del balance de masa se procede a realizar el diseño del condensador de la columna de destilación C-201 utilizando el software ChemCAD 7.1.2, el fluido que circula por la coraza es el agua, y por los tubos son los vapores de metanol/agua a ser condensados.

En la tabla 8.20 se expresan los datos generales del condensador y en la tabla 8.21 la información relacionada a la transferencia de calor.

Tabla 8.20: Datos generales del condensador I-204.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	B/AEL
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	73,66 cm
<i>Numero de tubos</i>	755
<i>Longitud de tubos</i>	6,10 m
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	1,90 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	1,57 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	TRI60
<i>Pasos de los tubos</i>	2,38 cm
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	1
<i>Numero de baffles</i>	12
<i>Separación entre baffles</i>	46,01 cm
<i>Segmentación de baffles</i>	29%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Tabla 8.21: Información de transferencia de calor del condensador I-204.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	270,28 m ²
<i>Área requerida</i>	260,03 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	947,30 / 911,37 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	7545633 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	7259396 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	3,94%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,59 / 0,04 atm
<i>Coeficiente de película para la coraza</i>	6102,96 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coeficiente de película para los tubos</i>	3039,44 kcal/(h*m ² *°C)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.3.1.4 Diseño del rehervidor de la columna de destilación reactiva I-205

Con los datos del balance de masa se procede a realizar el diseño del rehervidor de la columna de destilación C-201 utilizando el software ChemCAD 7.1.2, se adopta un intercambiador de calor del tipo tubo y coraza donde el fluido que circula por la coraza es la corriente I-02, y por los tubos circula vapor de caldera. En la tabla 8.22 se expresan los datos generales del rehervidor y en la tabla 8.23 la información relacionada a la transferencia de calor.

Tabla 8.22: Datos generales del rehervidor I-205.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	B/AKT
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	81,49 cm
<i>Numero de tubos</i>	66
<i>Longitud de tubos</i>	6 m
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	3,81 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	3,48 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	En cuadro
<i>Pasos de los tubos</i>	4,76
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	1
<i>Numero de baffles</i>	57
<i>Separación entre baffles</i>	9,94 cm
<i>Segmentación de baffles</i>	15%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Tabla 8.23: Información de transferencia de calor del rehervidor I-205.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	47 m ²
<i>Área requerida</i>	44,45 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	1222,11 / 1155,93 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	2822560,25 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	2669718,25 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	5,73%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,039 / 0 atm
<i>Coefficiente de película para la coraza</i>	4143,81 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coefficiente de película para los tubos</i>	10135,66 kcal/(h*m ² *°C)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.3.2 Tanque de almacenamiento de producto final T-203

Se dimensionarán los tanques a adoptar para realizar el almacenamiento del producto final teniendo en cuenta: tiempo de residencia, caudal volumétrico de alimentación y las capacidades máximas de los tanques disponibles en el mercado. Para el cálculo del volumen requerido se emplean las mismas ecuaciones y consideraciones que para los tanques de la Zona 100.

Para realizar la adopción de los tanques se consideran las siguientes variables:

- Flujo másico de metóxido de sodio al 30% p/p en metanol: 7248.7 kg/h.
- Densidad del producto final: 790.89 kg/m³.
- Tiempo de residencia: 48 horas.

8.3.2.1 Cálculo de la capacidad y cantidad de los tanques requeridos

Se procede al cálculo de la capacidad de los tanques requeridos cuyos resultados se expresan en la tabla 8.24.

Tabla 8.24: Capacidad de tanques requeridos y numero de tanques adoptados.

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad requerida (m ³)	439,93
Volúmen de tanque requerido (m ³)	488,81
Volúmen de tanques disponibles (m ³)	100,00
Número de tanques	5,00

8.3.2.2 Características de los tanques adoptados

Los tanques adoptados serán construidos por una empresa privada de ingeniería, se adopta acero inoxidable para su construcción debido a que el metóxido posee propiedades de corrosivo; los tanques de acero al carbono necesitan una inspección anual debido a la corrosión ejercida por el metóxido, reduciendo la vida útil de los tanques. En la tabla 8.25 se expresan las dimensiones y características de los tanques adoptados.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.25: Características de los tanques adoptados.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Empresa de Ingeniería
Tipo de tanque	Atmosférico Vertical de simple pared
Material	Acero Inoxidable
Diseño del cabezal	Toriférico
Capacidad máxima	100 m ³
Cantidad de tanques requeridos	5
Diámetro externo	3,8 m
Altura	9,00 m
Esbeltez	2,37
Espesor de pared	6,35 mm (1/4")
Diámetro boca de hombre	60 cm

8.4 ZONA DE RECUPERACIÓN METANOL/AGUA: ZONA 300

8.4.1 Columna de destilación C-301

En este equipo se realiza la separación de agua pura la cual permite constituir un circuito cerrado sin generación de efluentes (corriente J-01) y metanol puro que se recircula al sistema (corriente K-01) y se mezcla con alimentación fresca en el tanque T-103.

8.4.1.1 Diseño de la columna de destilación C-301

Para el diseño de la columna de destilación se emplea el software ChemCAD 7.1.2. Las características del diseño de la torre se expresan en la tabla 8.26.

Tabla 8.26: Datos generales de la columna de destilación C-301.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño columna D-301	
<i>Número de platos</i>	30
<i>Diseño de plato</i>	Tamiz
<i>Alimentación de la corriente H</i>	15
<i>Relación de reflujo (R/D)</i>	3
<i>Diámetro de la torre (m)</i>	3,81
<i>Espaciamiento entre platos (m)</i>	0,61
<i>Altura de torre (m)</i>	18,29
<i>Caida de presión (atm)</i>	0,239
<i>% flood</i>	80
<i>Calor de condensación (kcal/h)</i>	-2,31E+07
<i>Calor del rehervidor (kcal/h)</i>	2,31E+07

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.4.1.2 Diseño del condensador de la columna de destilación I-304

Se procede al diseño del condensador utilizando el software ChemCAD 7.1.2, se adopta un condensador horizontal de casco y tubo; por la coraza circula el agua que proviene de las torres de enfriamiento, y por los tubos circulan los vapores de metanol a ser condensados. En la tabla 8.27 se resumen las características generales del condensador de la columna C-301, y en la tabla 8.28 los datos de intercambio de calor del mismo.

Tabla 8.27: Datos generales del condensador I-304.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	B/AEL
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	154,40 cm
<i>Numero de tubos</i>	3316
<i>Longitud de tubos</i>	6,10 m
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	1,90 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	1,57 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	TRI60
<i>Pasos de los tubos</i>	2,38 cm
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	1
<i>Numero de baffles</i>	8
<i>Separación entre baffles</i>	66,46 cm
<i>Segmentación de baffles</i>	35%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Tabla 8.28: Datos de transferencia de calor del condensador I-304.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	1187,09 m ²
<i>Área requerida</i>	1055,43 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	878,83 / 781,36 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	25940006 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	23062924 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	12,47%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,72 / 0,01 atm
<i>Coeficiente de película para la coraza</i>	5205,99 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coeficiente de película para los tubos</i>	2675,76 kcal/(h*m ² *°C)

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

8.4.1.3 Diseño del rehervidor de la columna de destilación I-305

Con los datos del balance de masa se procede a realizar el diseño del rehervidor de la columna de destilación C-301 utilizando el software ChemCAD 7.1.2. Como la cantidad de calor a intercambiar es muy elevada, la corriente del fondo de la columna de destilación se divide en dos corrientes y por lo tanto se adoptan dos intercambiadores de calor semejantes del tipo tubo y coraza, ya que la utilización de un solo intercambiador de calor da como resultado un equipo demasiado grande. El fluido que circula por la coraza es la corriente J-03, y por los tubos circula vapor de caldera. En la tabla 8.29 se expresan los datos generales del rehervidor y en la tabla 8.30 la información relacionada a la transferencia de calor del equipo.

Tabla 8.29: Datos generales del rehervidor I-305.

Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales	
<i>Clase / tipo de intercambiador</i>	BAKT
<i>Diámetro interno de la coraza</i>	190,50 cm
<i>Numero de tubos</i>	643
<i>Longitud de tubos</i>	8 m
<i>Diámetro externo de los tubos</i>	2,54 cm
<i>Diámetro interno de los tubos</i>	2,21 cm
<i>Arreglo de los tubos</i>	En cuadro
<i>Pasos de los tubos</i>	3,75 cm
<i>Numero de pasos por los tubos</i>	2
<i>Numero de baffles</i>	32
<i>Separación entre baffles</i>	23,47 cm
<i>Segmentación de baffles</i>	15%
<i>Tipo de baffles</i>	Simple Segmentación

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.30: Datos de transferencia de calor del rehervidor I-305.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de transferencia de calor	
<i>Área efectiva de transferencia</i>	407,87 m ²
<i>Área requerida</i>	375,08 m ²
<i>U (calculado/ de servicio)</i>	1525,44 / 1402,82 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Calor calculado</i>	12515598 kcal/h
<i>Calor especificado</i>	11509561 kcal/h
<i>Exceso de área</i>	8,74%
<i>Factor de Obstrucción</i>	2,048E-004 (h*m ² *°C)/kcal
<i>Delta P (coraza / tubos)</i>	0,13 / 0,08 atm
<i>Coefficiente de película para la coraza</i>	9881,62 kcal/(h*m ² *°C)
<i>Coefficiente de película para los tubos</i>	15729,95 kcal/(h*m ² *°C)

Operarán dos intercambiadores de calor en paralelo para lograr los requerimientos del proceso.

8.5 ADOPCIÓN DE BOMBAS DE PROCESO

En ciertas etapas del proceso se necesita que el líquido sea transportado de un punto a otro a través de tuberías por medio de la utilización de bombas, que le otorgan la fuerza impulsora para realizar dicho movimiento.

Para realizar la adopción de las bombas que intervienen en el proceso de producción de metóxido de sodio se emplea el procedimiento detallado a continuación:

1. Se define la distribución y elevación para los equipos y tuberías teniendo en cuenta magnitudes tales como el diámetro, altura y nivel de líquido de los recipientes de proceso.
2. Se confecciona el diagrama tridimensional de tuberías, incluyendo válvulas, uniones y accesorios. Además, se selecciona el tipo de material de construcción.
3. Se adopta una velocidad de flujo en los tubos entre 1 y 3 m/s dependiendo el caso (R.H. Warring 1977). Con la velocidad y los caudales obtenidos en el balance de masa y energía se establecen los diámetros de las líneas.
4. Se calcula la pérdida de carga de la tubería y la pérdida de carga equivalente por longitud en válvulas, codos y accesorios.
5. Se estiman pérdidas de carga en los equipos como intercambiadores de calor, estas pérdidas se calcularon en el diseño de los equipos.
6. Se calcula la altura de impulsión neta requerida para la conducción del fluido y su respectiva potencia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

7. Se calcula la NPSH disponible en la aspiración de la bomba para el caso que sea necesario.
8. Se realiza la selección del tipo y modelo de bomba requerida de los catálogos de los fabricantes, considerando la altura de impulsión neta, la NPSH disponible y el caudal volumétrico necesario.

8.5.1 Procedimiento de cálculos para la adopción de bombas

8.5.1.1 Pérdidas de carga en el sistema

Las pérdidas de carga del sistema se calculan con la ecuación 8.8:

$$h_f = f * \frac{L_{eq}}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 8.8}$$

Dónde:

- f es el factor de fricción
- L_{eq} es la longitud equivalente (tubería + accesorios + codos).
- D es el diámetro interno del tubo.

8.5.1.2 Altura de impulsión neta

Para determinar la altura de impulsión se utiliza la ecuación de Bernoulli corregida, teniendo en cuenta la fricción del fluido en las tuberías, accesorios y equipos.

$$H_b = h_f + \left(\frac{P_2}{\delta * g} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\delta * g} + \frac{V_1^2}{2 * g} + Z_1 \right) \quad \text{Ecuación 8.9}$$

Donde:

- H_b es la altura de impulsión neta.
- P_2 y P_1 es la presión sobre el fluido en los puntos de succión y descarga.
- Z_2 y Z_1 es la altura del nivel del líquido en los puntos de succión y descarga.
- V_2 y V_1 es la velocidad lineal del fluido en los puntos de succión y descarga.
- δ es la densidad del fluido.
- h_f son las pérdidas por fricción en tubería, accesorios y equipos.
- g es la aceleración de la gravedad.

8.5.1.3 Potencia real de la bomba

La potencia ejercida por la bomba se calcula de la siguiente manera, se le adiciona un 10% de sobre diseño como margen de seguridad (PETERS – TIMMERHAUS, Cuarta edición). Con esta altura de elevación final (H_b), se calcula la potencia de la bomba a adoptar mediante la ecuación 8.10:

$$P_b = \frac{(H_b * Q_v * g * \delta)}{\eta} \quad \text{Ecuación 8.10}$$

Donde:

- η es el rendimiento mecánico de la bomba.
- Q_v es el caudal volumétrico.

8.5.1.4 Altura neta de succión positiva disponible (NSPH disponible)

Para calcular el NPSH disponible se utiliza la ecuación 8.11:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\delta * g} \pm H - hf_{asp} - P_{vap} \quad \text{Ecuación 8.11}$$

Donde:

- H es la altura desde el punto de aspiración hasta el eje de la bomba.
- hf_{asp} es la pérdida de carga en la tubería de aspiración.
- P_{vap} es la presión de vapor del fluido.

8.5.2 Características de las diferentes líneas de bombeo

En la tabla 8.31 se detallan las distintas líneas de bombeo, junto con caudales y propiedades de las corrientes involucradas.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.31: Características de las líneas de bombeo del proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Equipo de procedencia</i>	<i>Equipo de destino</i>	<i>Código bomba</i>	<i>Fluido</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Viscosidad (centipoise)</i>	<i>Densidad (kg/m³)</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>
T-101	M-103	P-102	A	25,00	0,54	789,58	8,00
M-103	H-108 y H-113	P-106	C	55,96	0,38	758,74	37,22
M-105	H-108 y D-109	P-107	E	94,44	3,95	1484,16	13,16
D-109	DR-201	P-110	G	85,50	4,41	1491,38	2,16
H-111	M-105	P-112	D	35,00	0,75	993,76	1,62
DR-201	T-203	P-202	I	71,22	0,35	790,89	9,17
D-301	M-103	P-302	G	64,40	0,35	749,89	29,24
D-301	H-111	P-303	I/D	99,88	0,28	957,90	2,39

8.5.3 Resumen de cálculos de bombas del proceso productivo

En las tablas 8.32a y 8.32b se resumen los cálculos realizados para las diferentes bombas que forman parte del proceso productivo.

Tabla 8.32a: Resumen de cálculos de bombas de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	<i>P-102</i>	<i>P-106</i>	<i>P-107</i>	<i>P-110</i>
<i>Tipo de bomba</i>	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
<i>Fluido</i>	A	C	E	G
<i>Velocidad de impulsión (m/s)</i>	2	2	0,6	0,6
<i>Material de la línea</i>	Acero al carbono	Acero al carbono	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316
<i>Rugosidad superficial (mm)</i>	0,03	0,03	0,03	0,03
<i>Longitud equivalente max (m)</i>	44,27	72,11	106,2	42,02
<i>Accesorios</i>	5 codos de 90°	1 válvula globo	3 codos de 90°	2 codos de 90°
	3 válvulas globo	1 válvula de retención	1 válvula de retención	1 válvula de retención
	1 válvula de retención	-	1 válvula globo	-
	1 té	-	1 té	-
<i>Pérdidas de carga máx (m)</i>	3,61	3,22	10,84	24,46
<i>Diferencia de presión ΔP (atm)</i>	-	0,20	1,20	-
<i>Diferencia de altura ΔH (m)</i>	3,00	-	2,43	24,38
<i>Potencia teórica de la bomba (HP)</i>	0,11	0,44	1,03	0,38

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 8.32b: Resumen de cálculos de bombas de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	P-112	P-202	P-302	P-303
Tipo de bomba	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Fluido	D	I	G	I
Velocidad de impulsión (m/s)	2	2	2	2
Material de la línea	Acero al carbono	Acero Inoxidable	Acero al carbono	Acero al carbono
Rugosidad superficial (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03
Longitud equivalente max (m)	7,57	37,89	76,37	45,9
Accesorios	2 codos de 90°	2 codos de 90°	3 codos de 90°	3 codos de 90°
	1 válvula de retención	1 válvula globo	1 válvula de retención	1 válvula de retención
	-	1 válvula de retención	-	-
	-	-	-	-
Pérdidas de carga máx (m)	3,51	10,00	1,63	3,613
Diferencia de presión ΔP (atm)	-	-	-	0,4
Diferencia de altura ΔH (m)	2,43	9,00	18,16	-
Potencia teórica de la bomba (HP)	0,03	0,35	0,1	0,04

8.5.4 Descripción de las bombas seleccionadas

En la tabla 8.33 se muestran las principales características de las bombas seleccionadas empleando los catálogos de fabricantes y los cálculos llevados a cabo en la sección 8.5.3.

Tabla 8.33: Bombas adoptadas de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	P-102	P-106	P-107	P-110	P-112	P-202	P-302	P-303
Caudal min-max (m ³ /h)	9	42	20	4	6	12	30	3
Potencia adoptada (HP)	1	2	1	1	1	1	1,5	0,33
Consumo del motor de la bomba (kW)	0,75	1,5	0,75	0,75	0,75	0,75	1,1	0,25
NPSH max. (m)	6	6	4	2,5	6	6	6	6
Modelo	CMX-32/125B	CMX-40/125B	LiquiFLO 621	LiquiFLO620	CMX-32/125B	CMX-32/125B	CMX-40/125C	CMX4-32/125B
Proveedor	AGP	AGP	LiquiFLO	LiquiFLO620	AGP	AGP	AGP	AGP

CAPÍTULO N°9

SERVICIOS AUXILIARES

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.1 INTRODUCCIÓN

Los servicios auxiliares en cualquier proceso productivo son indispensables para lograr una operación óptima y continua de la planta. En la etapa de diseño de la planta tienen importante consideración, ya que desde su concepción determinan confiabilidad y flexibilidad en la operación.

En el presente capítulo se detalla el consumo de los servicios utilizados en la producción de metóxido de sodio, los cuales son:

- Suministro de agua para circuito cerrado en el proceso de producción.
- Suministro de agua para usos generales.
- Sistema de agua de enfriamiento de planta.
- Producción de vapor.

9.2 SUMINISTRO DE AGUA DE CIRCUITO CERRADO EN PROCESO DE PRODUCCIÓN

El agua que ingresa al tanque mezclador T-105 forma parte de un circuito cerrado dentro del proceso de producción, la misma se recupera en la columna de destilación D-301 y retorna al tanque de dilución T-105. En la puesta en marcha de planta se alimenta a proceso agua de la red del parque industrial hasta lograr el régimen estacionario, esto data según el balance de masa de 1610 kg/h de agua.

9.3 SUMINISTRO DE AGUA PARA USOS GENERALES

El parque industrial San Lorenzo cuenta con servicio de agua corriente la cual va a ser utilizada para usos generales, cuando se habla de usos generales nos referimos al agua utilizada en administración, baños y laboratorio.

El consumo de este recurso se estima en función del capital humano que forma parte de la empresa.

Tabla 9.1: Consumo de agua para usos generales en planta.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Uso</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Consumo diario (m³/día)</i>
Agua de uso general	0,5	12

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.3.1 Adopción de cisternas para el almacenamiento de agua para usos generales

Este recurso es obtenido a partir de la red de agua perteneciente al parque industrial donde se radica la industria. El tamaño de la cisterna calculado se obtiene a partir del consumo por hora de agua de red ($0.5 \text{ m}^3/\text{h}$) y considerando una autonomía de 24 horas. En la tabla 9.2 se resumen las especificaciones del tanque adoptado para el agua de usos generales en planta.

Tabla 9.2: Especificaciones de la cisterna adoptada para agua de usos generales.

Fuente: Elaboración propia.

Proveedor	Duraplast®
Volúmen (l)	10000
Material	Polietileno virgen con protección UV
Alto (m)	2,55
Diámetro (m)	2,43
Válvula (plg)	2
Tapa de inspección (cm)	45,5



Figura 9.1: Cisterna adoptada para agua de usos generales.

Fuente: <https://duraplast-argentina.com/producto/10-000-lts>.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.4 SERVICIO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE PLANTA

El agua utilizada para el enfriamiento en planta se obtiene de una perforación subterránea y se almacena en un tanque con una capacidad suficiente para asegurar el suministro durante un día completo de producción.

El sistema de agua de enfriamiento consiste en un circuito cerrado en el cual desde las piletas de las torres de enfriamiento se alimenta a los distintos equipos en los cuales es necesario realizar un intercambio de calor, y retorna a las torres de enfriamiento donde se acondiciona la temperatura para retornar a proceso.

En la figura 9.2 se detalla el esquema de la red de agua de enfriamiento en planta.

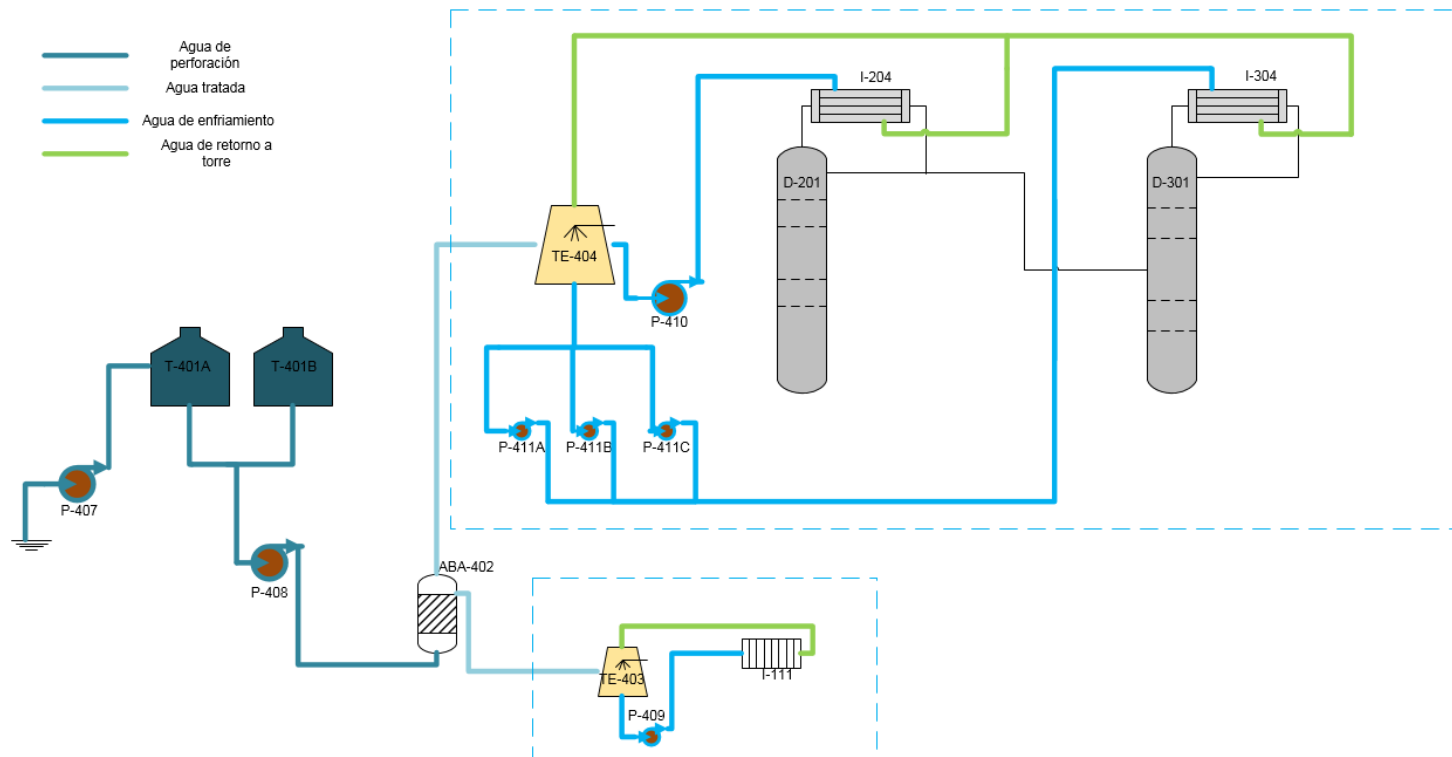


Figura 9.2: Esquema de servicio de agua de enfriamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.4.1 Consumo de agua de enfriamiento

El sistema de agua de enfriamiento consiste en un circuito cerrado, aunque se consideran pérdidas por evaporación en las torres de un 1% del volumen que se consume en proceso, estas pérdidas serán consideradas para adoptar tanques de almacenamiento de agua para reposición en el circuito cerrado.

Tabla 9.3: Consumo de agua de enfriamiento en intercambiadores y condensadores.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Equipo</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>
I-111	5,24
I-204 (condensador columna C-201)	291
I-304 (condensador columna C-301)	925
Total	1221,24

9.4.2 Adopción de los tanques para el almacenamiento de agua de reposición para enfriamiento

Considerando una pérdida de 1% en las torres de enfriamiento la cantidad de agua de reposición es de 12.21 m³/h y durante un día, es de 293.1 m³/día, la cual es obtenida a través de la perforación subterránea realizada a una profundidad de 100m y una temperatura de 18°C. Siguiendo los lineamientos para la adopción de tanques realizado en la sección 8, se procede al cálculo para el tanque que almacena el agua de reposición, cuya nomenclatura es T-401. Los resultados del cálculo se resumen en la tabla 9.4 y las características del tanque adoptado, en la tabla 9.5.

Tabla 9.4: Volumen y cantidad de tanques requeridos para reposición de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad requerida (m ³)	293,10
Volumen de tanque requerido (m ³)	325,66
Voluen de tanque disponible (m ³)	180,00
Número de tanques	2,00

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.5: Especificación de los tanques adoptados, T-401a y T-401b.

Fuente: Elaboración propia

Fabricante	Eboplast S.A
Tipo de tanque	Atmosférico Vertical de simple pared
Material	Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
Diseño del cabezal	Toriférico
Capacidad máxima	180 m ³
Cantidad de tanques requeridos	2
Diámetro externo	4,70 m
Altura	11,89 m
Esbeltez	2,53
Espesor de pared	6,35 mm (1/4")
Diámetro boca de hombre	60 cm

9.4.3 Adopción del sistema de tratamiento de agua, ABA-402

El agua extraída de la perforación posee cierto contenido de sales las cuales deben ser eliminadas antes de ingresar al sistema de enfriamiento por distintos motivos: se pueden generar incrustaciones en los equipos que provoquen resistencia a la transferencia de calor, disminuye la vida útil de las instalaciones, entre otras.

Para paliar la situación descrita, se adopta un sistema de ablandamiento de agua el cual está compuesto por un cabezal automático programable de control, dos columnas de intercambio iónico provistas de resina polimérica y un tanque de regeneración en el cual se agrega NaCl para regenerar la resina, las dos columnas permiten provisión de agua tratada de manera continua. Se adopta un ablandador de agua modelo AQ-150-Twin, el cual se muestra en la figura 9.2



Figura 9.3: Ablandador de agua AQ-150-Twin.

Fuente: Aquaterm S.A.

Tabla 9.5: Especificación del ablandador de agua adoptado.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Aquaterm S.A.
Modelo	AQ-150-Twin
Caudal de trabajo (m ³ /h)	14
Regeneración de la resina	Automático
Tipo de resina	Catiónica
Dimensiones	Diámetro: 0,1 m
	Alto: 1,2 m

9.4.4 Adopción del sistema de enfriamiento de agua

Se necesita enfriar un caudal de 1221.24 m³/h de agua, la cual proviene del enfriador de agua de circuito cerrado (I-111) y de los condensadores de las columnas D-201 y D-301 (I-204 e I-304) desde una temperatura de 50°C a 25°C, las pérdidas de agua producidas en la torre son suministradas desde el T-401.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.6: Consumo y calor a extraer según equipo.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Equipo</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Calor a extraer (kcal/h)</i>
I-111	5,24	130670
I-204 (condensador columna C-201)	291	7,28E+06
I-304 (condensador columna C-301)	925	2,31E+07
Total	1221,24	3,05E+07

9.4.4.1 Adopción de torres de enfriamiento

Se consideran dos circuitos de agua de enfriamiento ya que la disposición en planta de las zonas en las que se ubica el intercambiador de calor I-111 y los condensadores son diferentes, esto permite anexar una torre próxima al I-111 con una operatoria más sencilla; y utilizar un sistema de enfriamiento de gran volumen solo para los condensadores.

- TE-403: para el agua de enfriamiento del intercambiador de calor I-111.
- TE-404 para los condensadores de las columnas de destilación C-201 y C-301.

Las torres son provistas por la empresa BioPrisa, están construidas de plástico reforzado con fibra de vidrio y dotadas de un relleno de alto rendimiento y resistencia mecánica construido con poliestireno de alto impacto. Los separadores de gota poseen un arrastre de 0.1%, y están contruidos de PVC. La distribución de agua se realiza por medio de toberas de polipropileno y poseen la característica que son autolimpiantes.

9.4.4.2 Torre de enfriamiento T-403

Para suplir al intercambiador de calor I-111 no se requiere de un alto caudal de agua de refrigeración, por lo que el mismo dispone de solo una torre de enfriamiento, en la tabla 9.7 se detallan las características de diseño de la torre.

Tabla 9.7: Torre de enfriamiento T-403 adoptada.

Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Caudal requerido (m ³ /h)	Caudal de diseño (m ³ /h)	Calor a extraer (kcal/h)	Toneladas de refrigeración
CD 1212/6	5,24	25	130670	50

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.4.4.3 Torre de enfriamiento T-404

El requerimiento energético del agua aportada a los condensadores de las columnas de destilación es superior al requerido por el intercambiador de calor I-111, por lo que el sistema está dotado de más de una torre de enfriamiento. El detalle de la torre de enfriamiento adoptada y el número de torres que se requieren se detalla en la tabla 9.8.

Tabla 9.8: Paquete de torres de enfriamiento T-404.

Fuente: Elaboración propia.

Modelo	Caudal requerido (m ³ /h)	Calor a extraer (kcal/h)	Toneladas de refrigeración requeridas	Caudal de diseño (m ³ /h)	Toneladas de refrigeración de diseño	Torres adoptadas
CD 2121S/9	1216	30380000	10046	25	200	50

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.5 PRODUCCIÓN DE VAPOR

El vapor de agua es un servicio muy común en la industria, se utiliza para proporcionar energía térmica a los procesos de transformación de la materia prima hacia productos.

El vapor se genera a través de una caldera y es distribuido a través de una red de tuberías aisladas hacia los distintos puntos de consumo en el proceso, cumplida la función de calentamiento el vapor condensa y retorna a la caldera, operando en circuito cerrado.

La totalidad de agua que se consume en caldera es extraída de la perforación que se encuentra en el parque industrial, tratada por el ablandador de agua ABA-402 y puesta en circuito cerrado, las pérdidas contempladas en el circuito de vapor se consideran de 1%.

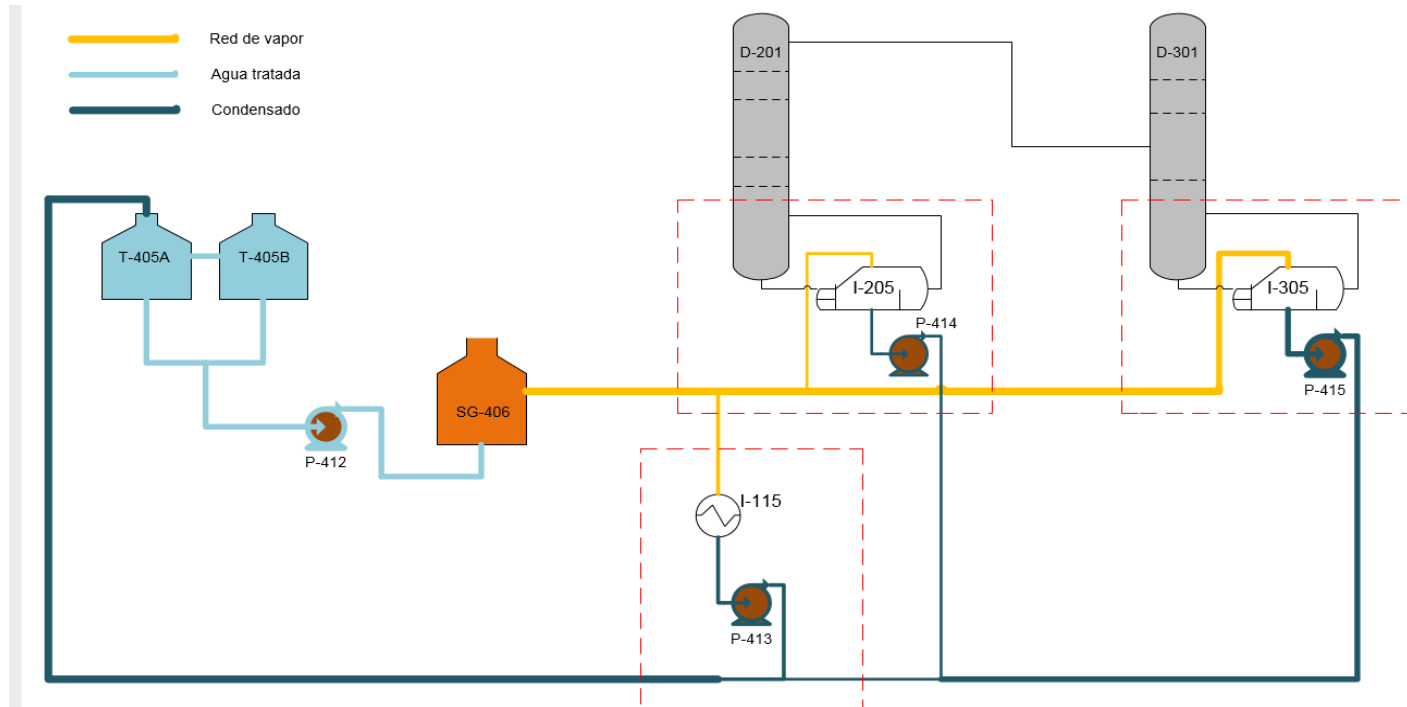


Figura 9.4: Red de distribución de vapor en planta.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.5.1 Consumo de vapor

La temperatura a la cual opera el vapor en planta es de 120°C y una presión de 1.95 atm, en la tabla 9.9 se detallan los caudales de vapor y la cantidad de calor intercambiado en cada equipo del proceso de producción.

Tabla 9.9: Consumo de vapor y calor intercambiado en cada equipo.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Equipo</i>	<i>Caudal de vapor (kg/h)</i>	<i>Calor transferido (kcal/h)</i>
I-113	14085	7,47E+07
I-205 (reboiler columna C-201)	5055	2,87E+06
I-305 (reboiler columna C-301)	43761	2,30E+07
Total	62901	1,01E+08
Presión (atm)	1,95	
Temperatura (°C)	120	

9.5.2 Adopción de tanques para el circuito cerrado de agua de caldera, T-405a y T-405b

El consumo de agua para la alimentación a caldera es de 62.901 m³/h. En la puesta en marcha del sistema de producción de vapor, se trata este volumen de agua y almacena en tanques para constituir un circuito cerrado. Se siguen los lineamientos para el cálculo de tanques según lo realizado en el capítulo 8, en la tabla 9.10 se resumen los tanques adoptados para almacenar el agua de caldera.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.10: Tanques adoptados para almacenar agua de caldera.

Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Bertotto y Bogleione
Tipo de tanque Atmosférico vertical	Polietileno virgen de alta densidad con protección UV
Material	Acero al carbono
Diseño del cabezal	Toriférico
Capacidad máxima	35 m ³
Cantidad de tanques requeridos	2
Diámetro externo	3,05 m
Altura	5,20 m
Esbeltez	1,75
Espesor de pared	6,35 mm (1/4")
Diámetro boca de hombre	40 cm

Las pérdidas producidas en el sistema de vapor (alrededor de 1%) son suplidas en su totalidad por la corriente L, obtenida en el fondo de la columna de destilación C-301 la cual data de un caudal de 676 kg/h que retorna a los tanques T-405a y T-405b. Este retorno a caldera, sumado al agua que retorna al tanque de dilución de hidróxido T-105, permite operar agua en circuito cerrado y una planta sin generación de efluentes.

9.5.3 Adopción de la caldera SG-406

En base a los cálculos realizados en el capítulo 7, cuyos resultados de consumo de vapor y calor intercambiado se resumen en la tabla 9.9, se procede a adoptar la caldera que se utilizará para proveer de vapor los distintos equipos en los cuales es necesario realizar calentamiento.

En función de dichos requerimientos se adopta una caldera de modelo Aalborg D con una capacidad de producción de vapor de 70000 kg/h, su fabricante es la empresa Alfa Laval, en la tabla 9.11 se resumen las características y detalle técnicos de la misma.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.11: Especificaciones de la caldera adoptada, SG-406.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Tipo de caldera</i>	Caldera de vapor acuotubular, tipo D.
<i>Temperatura de entrada (°C)</i>	20
<i>Temperatura de salida (°C)</i>	120
<i>Presión de operación (atm)</i>	1,95
<i>Caudal másico de vapor (kg/h)</i>	70000
<i>Capacidad térmica</i>	19776440 kcal/h hasta 67927773 kcal/h
<i>Combustible</i>	Gas natural/Fuel oil
<i>Proveedor</i>	Aalborg - Alfa Laval
<i>Modelo</i>	Aalborg D
<i>Alto (m)</i>	8,08
<i>Ancho (m)</i>	6,031
<i>Largo (m)</i>	5,508

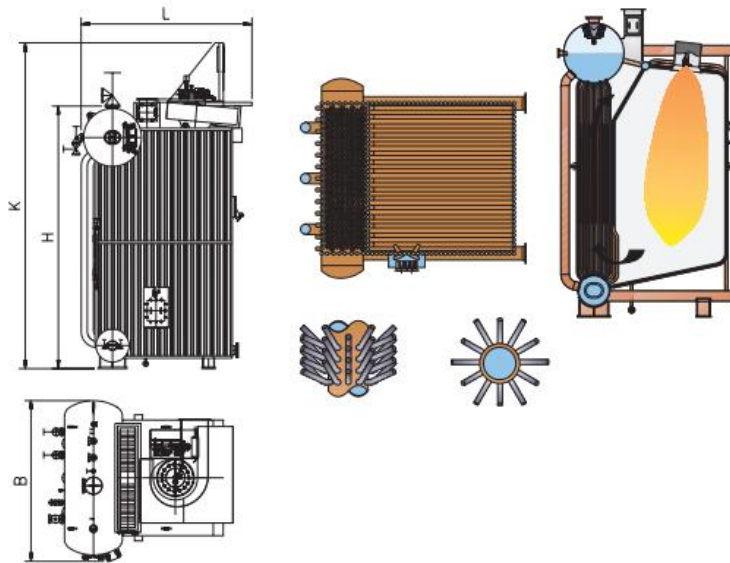


Figura 9.5: Detalles de la caldera SG-406.

Fuente: www.alfalaval.com.

9.5.4 Dimensionamiento de cañerías

Para diseñar el sistema de cañerías que conducen el vapor saturado hacia los equipos en los cuales se realiza el intercambio de calor, y el retorno del condensado correspondiente se tienen en cuenta los siguientes lineamientos:

- La conducción de vapor tiene una velocidad máxima permisible de 35 m/s en cañerías, este valor límite está ligado a la erosión y ruido en tuberías.
- Al existir condensación total del vapor, el retorno de la línea de condensado presenta una velocidad de 1.5 m/s.

En función de lo propuesto, se calcula el diámetro de cañería a través de la Ecuación 9.1:

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * m_v * V_e}{v * \Pi}}$$

Donde:

- D es el diámetro de la cañería expresado en m.
- m_v es la masa de vapor expresada en kg/h.
- V_e es el volumen específico del vapor en función de la presión y temperatura, cuyo valor es 0.811 m³/kg para el vapor en dichas condiciones y de 0.00106 m³/kg para el agua.
- v es la velocidad del vapor expresado en m/s.

La red de distribución de vapor está compuesta por una línea principal, la cual sale de caldera y de distintas líneas secundarias las cuales son las que alimentan el vapor a cada equipo. En la tabla 9.12 se expresan los diámetros calculados para cada cañería utilizando la Ecuación 9.1, y en función de ello el diámetro adoptado.

Tabla 9.12: Diámetro calculado y adoptado de las líneas de vapor.

Fuente: Elaboración propia.

	Diámetro de tubería (m / plg)		Diámetro adoptado (plg)
	m	plg	
Línea principal de vapor	0,72	28,27	30,00
Línea secundaria hacia I-113	0,34	13,38	14,00
Línea secundaria hacia reboiler I-205	0,20	8,01	8,00
Línea secundaria hacia reboiler I-305	0,60	23,58	24,00

La línea de tuberías que retornan condensado a caldera presentan una configuración inversa a la de la red de vapor, es decir las tres corrientes de condensado que abandonan sus respectivos equipos confluyen en una tubería que actúa como colector de condensado y así, su retorno a caldera. En la tabla 9.13 se detallan los diámetros calculados y adoptados.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.13: Diámetro calculado y adoptado de las líneas de condensado.

Fuente: Elaboración propia.

	Diámetro de tubería (m / plg)		Diámetro adoptado (plg)
	m	plg	
Condensado que abandona I-113	0,06	2,34	2,50
Condensado que abandona reboiler I-205	0,04	1,40	1,50
Condensado que abandona reboiler I-305	0,10	4,12	4,00
Línea colectora de condensado	0,13	4,94	5,00

Para evitar el golpe de ariete en la tubería, es importante la instalación de trampas de vapor. El fenómeno de golpe de ariete se produce cuando la tubería posee agua, generándose olas de condensado a alta velocidad y presión, lo que puede causar daño a las instalaciones. Se ubican las trampas de vapor cada 40 metros de cañería recta.

9.6 ADOPCIÓN DE BOMBAS DE SERVICIOS AUXILIARES

9.6.1 Procedimiento de cálculos para la adopción de bombas

9.6.1.1 Pérdidas de carga en el sistema

Las pérdidas de carga del sistema se calculan con la Ecuación 9.2:

$$hf = f * \frac{L_{eq}}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad \text{Ecuación 9.2}$$

Dónde:

- f es el factor de fricción.
- L_{eq} es la longitud equivalente (tubería + accesorios + codos).
- D es el diámetro interno del tubo.

9.6.1.2 Altura de impulsión neta

Para determinar la altura de impulsión se utiliza la ecuación de Bernoulli corregida, teniendo en cuenta la fricción del fluido en las tuberías, accesorios y equipos.

$$H_b = h_f + \left(\frac{P_2}{\delta * g} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\delta * g} + \frac{V_1^2}{2 * g} + Z_1 \right) \quad \text{Ecuación 9.3}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Donde:

- H_b es la altura de impulsión neta.
- P_2 y P_1 es la presión sobre el fluido en los puntos de succión y descarga.
- Z_2 y Z_1 es la altura del nivel del líquido en los puntos de succión y descarga.
- V_2 y V_1 es la velocidad lineal del fluido en los puntos de succión y descarga.
- δ es la densidad del fluido.
- h_f son las pérdidas por fricción en tubería, accesorios y equipos.
- g es la aceleración de la gravedad.

9.6.1.3 Potencia real de la bomba

La potencia ejercida por la bomba se calcula de la siguiente manera, se le adiciona un 10% de sobre diseño como margen de seguridad (PETERS – TIMMERHAUS, Cuarta edición). Con esta altura de elevación final (H_b), se calcula la potencia de la bomba a adoptar mediante la Ecuación 9.4:

$$P_b = \frac{(H_b * Q_v * g * \delta)}{\eta} \quad \text{Ecuación 9.4}$$

Donde:

- η es el rendimiento mecánico de la bomba.
- Q_v es el caudal volumétrico.

9.6.1.4 Altura neta de succión positiva disponible (NSPH disponible)

Para calcular el NPSH disponible se utiliza la Ecuación 9.5:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\delta * g} \pm H - h_{f_{asp}} - P_{vap} \quad \text{Ecuación 9.5}$$

Donde:

- H es la altura desde el punto de aspiración hasta el eje de la bomba.
- $h_{f_{asp}}$ es la pérdida de carga en la tubería de aspiración.
- P_{vap} es la presión de vapor del fluido.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

9.6.2 Características de las diferentes líneas de bombeo

En la tabla 9.14a y 9.14b se detallan las distintas líneas de bombeo, junto con caudales y propiedades de las corrientes involucradas.

Tabla 9.14a: Líneas de bombeo para el sistema de agua de enfriamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo de procedencia	Equipo de destino	Código bomba	Fluido	Temperatura (°C)	Viscosidad (centipoise)	Densidad (kg/m ³)	Caudal (m ³ /h)	Servicio
Perforación	Tanques de almacenamiento T-401A y T-401B.	P-407	Agua	25	1,00	1000,00	12,21	Agua de enfriamiento
Tanques de almacenamiento T-401A y T-401B.	Ablandador de agua ABA-402.	P-408	Agua	25	1,00	1000,00	12,21	
Torre de enfriamiento T-403.	Intercambiador de calor I-111.	P-409	Agua	25	1,00	1000,00	5,24	
Torre de enfriamiento T-404.	Condensador I-204.	P-410	Agua	25	1,00	1000,00	291,00	
Torre de enfriamiento T-404.	Condensador I-304.	P-411A	Agua	25	1,00	1000,00	310,00	
		P-411B					310,00	
		P-411C					310,00	

Tabla 9.14b: Líneas de bombeo para el sistema de agua de enfriamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo de procedencia	Equipo de destino	Código bomba	Fluido	Temperatura (°C)	Viscosidad (centipoise)	Densidad (kg/m ³)	Caudal (m ³ /h)	Servicio
Tanques de almacenamiento T-405A y T-405B.	Caldera SG-406.	P-412	Agua	110	0,23	942,50	64,00	Caldera/Vapor
Intercambiador de calor I-115.	Tanques de almacenamiento T-405A y T-405B.	P-413	Agua	120	0,23	942,50	15,00	
Reboiler I-205.	Tanques de almacenamiento T-405A y T-405B.	P-414	Agua	120	0,23	942,50	5,00	
Reboiler I-305.	Tanques de almacenamiento T-405A y T-405B.	P-415	Agua	120	0,23	942,50	44,00	

En función de las características de las corrientes descritas en las tablas 9.14a y 9.14b, se procede al cálculo de diámetros de cañerías y bombas a adoptar.

Para obtener el caudal requerido en la operación del condensador I-304, se utilizan tres bombas en paralelo, las cuales son P-411A, P-411B y P-411C.

9.6.3 Resumen de cálculo de las bombas de servicios auxiliares

En las tablas 9.15a y 9.15b se detallan los resúmenes de cálculos llevados a cabo para las diferentes bombas.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.15a: Resumen de cálculo de bombas de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	P-407	P-408	P-409	P-410	P-411
Tipo de bomba	Bomba sumergible	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Fluido	Agua	Agua	Agua	Agua	Agua
Velocidad de impulsión (m/s)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Material de la línea	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316
Rugosidad superficial (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Longitud equivalente max (m)	200	166,33	10,3	274,77	262,39
Accesorios	2 codos de 90°	8 codos de 90°	5 codos de 90°	7 codos de 90°	7 codos de 90°
	-	2 válvula globo	1 válvula de retención	1 válvula de retención	1 válvula de retención
	-	1 válvula de retención	-	1 válvula globo	1 válvula globo
	1 válvula esférica	2 té	-	1 té	1 té
Pérdidas de carga máx (m)	24,00	5,68	0,49	29,19	20,15
Diferencia de presión ΔP (atm)	1,02	-	0,01	0,60	0,16
Diferencia de altura ΔH (m)	21,00	3,10	-	23,86	18,00
Potencia teórica de la bomba (HP)	1,18	0,34	0,01	42,03	30,43

Tabla 9.15b: Resumen de cálculo de bombas de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	P-412	P-413	P-414	P-415
Tipo de bomba	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga	Centrífuga
Fluido	Agua	Agua	Agua	Agua
Velocidad de impulsión (m/s)	1,45	1,45	1,45	1,45
Material de la línea	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316	Acero Inoxidable A316
Rugosidad superficial (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03
Longitud equivalente max (m)	145,64	28,26	35,65	55,72
Accesorios	6 codos de 90°	5 codos de 90°	6 codos de 90°	5 codos de 90°
	1 válvula de retención	1 válvula de retención	1 válvula de retención	1 válvula de retención
	2 válvulas globo	-	-	-
	1 té	-	-	-
Pérdidas de carga máx (m)	0,33	7,86	7,86	7,86
Diferencia de presión ΔP (atm)	-	1	1	1
Diferencia de altura ΔH (m)	-	3	3	3
Potencia teórica de la bomba (HP)	0,10	0,52	0,16	1,5

9.6.4 Descripción de las bombas seleccionadas

En la tabla 9.16a y 9.16b se detallan las bombas seleccionadas previo consulta de catálogos de los diferentes proveedores y en función de cumplir con los parámetros calculados en la sección.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 9.16a: Resumen de bombas adoptadas.

Fuente: Elaboración propia.

	P-407	P-408	P-409	P-410	P-411
<i>Caudal min-max (m³/h)</i>	12,21	6 - 18	6 - 18	300	300
<i>Potencia adoptada (HP)</i>	2	1	1	40	40
<i>Consumo del motor de la bomba (kW)</i>	1,5	0,75	0,75	30	30
<i>NPSH max. (m)</i>	6	6	9	6	6
<i>Modelo</i>	AB-3	CMX-32/125B	CMX-32/125B	CS-80/200B	CS-80/200B
<i>Proveedor</i>	AGP	AGP	AGP	Speroni	Speroni

Tabla 9.16b: Resumen de bombas adoptadas.

Fuente: Elaboración propia.

	P-412	P-413	P-414	P-415
<i>Caudal min-max (m³/h)</i>	30 - 72	6 - 18	6 - 18	30 - 72
<i>Potencia adoptada (HP)</i>	3	1	1	3
<i>Consumo del motor de la bomba (kW)</i>	2,2	0,75	0,75	2,2
<i>NPSH max. (m)</i>	6	6	6	6
<i>Modelo</i>	CMX-50/125C	CMX-32/125B	CMX-32/125B	CMX-50/125C
<i>Proveedor</i>	AGP	AGP	AGP	AGP

9.7 SERVICIO DE GAS NATURAL

El parque industrial de San Lorenzo cuenta con redes de distribución de media y alta presión. El consumo de gas principalmente en planta se da en la caldera, la cual generará el vapor necesario para operar en las condiciones de diseño.

El consumo de gas se calcula a partir de la Ecuación 9.6.

$$C_{GN} = \frac{Q_R}{\gamma * P_{CGN}}$$

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Donde:

- C_{GN} es el consumo de gas natural (m^3/h , $m^3/día$, m^3/mes).
- Q_R es la energía requerida (kcal/h, kcal/día, kcal/mes).
- γ es el rendimiento de la combustión, se asume un valor de 80%.
- P_{CGN} es el poder calorífico del gas, cuyo valor es $9300 \text{ kcal}/m^3$.

Tabla 9.17: Consumo de gas natural en la caldera.

Fuente: Elaboración propia.

Variable	Consumo por hora	Consumo por día	Consumo por mes (30 días)
Q_R (kcal/h, día, mes)	1,01E+08	2412938880	72388166400
γ	80%		
P_{CGN} (kcal/ m^3)	9300		
C_{GN} (m^3/h , día, mes)	13513	324320	9729592

En función de la información provista por ENARGAS, se calcula el consumo total por hora de gas natural en planta.

Tabla 9.18: Consumo de gas natural en planta.

Fuente: Elaboración propia.

Proveedor Litoral Gas	
Sector/Usos	Consumo (m^3/h)
Caldera	13513
Laboratorio	0,22
Baños	0,87
Cocina	0,3
Calefacción	0,5
Total	13514,89

La cañería de ingreso del gas natural en toda la planta es de acero galvanizado, el diámetro es de 14 pulgadas, la cual concluye en caldera. A través de una desviación de la red principal se construye la cañería de distribución, las cuales por norma tienen un diámetro nominal de $\frac{3}{4}$ pulgadas.

CAPÍTULO N°10

CONTROL DE CALIDAD

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describe del sistema de gestión de calidad, detallando los controles a realizar sobre la materia prima y el producto elaborado, así como también los parámetros de proceso más relevantes en las distintas etapas de productivas a fin de garantizar la calidad y responder a los parámetros exigidos por las especificaciones y normativas vigentes.

El sistema de control de calidad describe la metodología de organización, documentación y autorización de los procedimientos de muestreo, especificaciones y ensayos para asegurarse de que solo materiales aptos sean recepcionados y producidos y que no se autorice la venta o suministro de los productos hasta que su calidad haya sido determinada como satisfactoria.

El control de calidad no se limita a las operaciones de laboratorio, sino que debe de estar presente en todas las etapas del proceso productivo. Con este fin, los controles se deben de realizar tanto en materias primas y productos terminados como a lo largo del proceso.

Un adecuado sistema de control permite, además, trabajar con mayor eficiencia, rendimiento y ahorrar recursos.

10.2 PLAN DE CALIDAD

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización, que puede a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible.

Se especifican los valores de cada parámetro que se evalúa, la técnica empleada para su análisis, la frecuencia de control y los responsables de ejecutar dichos los controles. En el caso de que el valor medido no se ajuste al deseado, se deben tomar medidas correctivas al respecto.

El equipamiento de laboratorio y los instrumentos de medición en los equipos proceso (caudalímetros, conductivímetros, presostatos, termocuplas, etc.) están sujetos a un programa de calibración, verificación y mantenimiento con controles periódicos para asegurar su correcto funcionamiento y desempeño. Los métodos de análisis utilizados son conforme a normas estandarizadas y reconocidas tales como UNE-EN, ISO, ASTM, BSI, AOCS, IRAM y otras aceptadas por la industria. Por último, el laboratorio participa activamente de programas de control interlaboratorio para su continua evaluación e impulsión hacia la mejora.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.2.1 Plan de calidad para materias primas

La calidad del producto terminado y la correcta ocurrencia de las etapas del proceso depende en gran medida de la calidad de las materias primas utilizadas, es por ello que, a pesar de comprar a proveedores confiables, que cumplan con las especificaciones requeridas, se deben realizar controles cuanti y cualitativos sobre los materiales a recepcionar.

Es indispensable realizar este control para el correcto desarrollo del proceso productivo, ya que cualquier valor fuera de rango en alguno de sus componentes, puede afectar el rendimiento del proceso.

Cuando se utiliza el término materia prima se incluye a todos aquellos productos que ingresan al establecimiento y que se usan de manera directa en la producción. Los controles son realizados por personal idóneo, registrando todos los resultados de los análisis en la respectiva planilla.

El proceso de control de calidad de la materia prima consta de:

- Muestreo y análisis, para la determinación de propiedades físicas y químicas.
- La comparación y verificación de los estándares establecidos para cada parámetro de control.

La planilla de control debe contar con la siguiente información:

- Fecha y hora de la recepción.
- Lote analizado y número de remito
- Operario/Analista que realiza la toma de muestra y el posterior análisis.
- Parámetros evaluados.
- Técnica de análisis.
- Observaciones.
- Otros datos específicos de relevancia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.1: Especificación de Materia Prima, Metanol.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Unidad	Especificación del Parámetro	Metodología de análisis
Rango de destilación	°C	máx. 1°C incluyendo 64.6 +/- 0.1	ASTM D-1078
Acetona	% en peso	máx. 0.002	IMPCA 001-14
Alcalinidad como NH ₄ OH	% en peso	máx. 0.003	ASTM D-1614
Acidez expresada como ácido acético	% en peso	máx. 0.003	ASTM D-1613
Etanol	% en peso	máx. 0.005	IMPCA 001-14
Sustancias carbonizables	escala Pt/Co	máx. 30	ASTM E-346
Color	escala Pt/Co	máx. 5	ASTM D-1219
Metanol	% en peso	mín. 99.85	IMPCA 001-14
Agua	% en peso	máx. 0.1	ASTM E-1064
Tiempo de permanganato	% en peso	mín. 60	ASTM D-1363
Densidad a 15°C	g/ml	máx. 0.7964	ASTM D-4052
Gravedad específica	20 °C/ °C	máx. 0.7930	ASTM D-4052
Residuo no volátil	mg/100 ml	máx. 0.8	ASTM D-1353
Aspecto		claro y libre de materia en suspen	IMPCA 003-98
Hidrocarburos		PASA	ASTM D-1722
Cloruros	mg/kg	máx. 0.5	IMPCA 002-98
Azufre	mg/kg	máx. 0.5	ASTM D-4045
Hierro total soluble	mg/kg	máx. 0.1	ASTM E-394

Tabla 10.2: Especificación de Materia Prima, Hidróxido de Sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Unidad	Especificación del Parámetro	Metodología de análisis
Alcalinidad total (NaOH)	% en peso	min 99.0	Titulación
Na ₂ CO ₃	% en peso	máx. 0.5	Titulación
NaCl	mg/kg	máx. 150	Titulación
Na ₂ SO ₄	mg/kg	máx. 200	Cromatografía
Hierro (Fe)	mg/kg	máx. 7	Cromatografía
Mercurio (Hg)	mg/kg	máx. 0.01	Cromatografía
Arsénico	mg/kg	máx. 3	Cromatografía

En todas las situaciones, inicialmente se lleva a cabo un muestreo de la materia prima en el momento de la recepción. Se realizan los análisis correspondientes en el laboratorio de calidad y se almacena herméticamente una cantidad de muestra suficiente para cualquier tipo de análisis a futuro.

Las muestras son almacenadas cronológicamente y correctamente identificadas para simplificar la búsqueda del análisis en el registro histórico. Además, se realiza un registro convenientemente codificado, que permite de forma simplificada conocer la composición

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

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.

Los objetivos principales en el control de recepción 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.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.3: Plan de Control de Materia Prima, Metanol.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de Control de Materia Prima: METANOL								
Corriente	Variable	Unidad de medida	Valor límite	Técnica	Registro	Responsable	Frecuencia	AC/AP
Fresco	Pureza	% p/p	99.85	Tec. Cromatografía de gases	RMP/MF	Operario de recepción/analista de laboratorio.	Cada lote	Informar al proveedor. Rechazar lote
	Contenido de agua	% p/p	0.10	Titulación Karl Fischer				
Recirculado	Pureza	% p/p	100	Tec. Cromatografía de gases	RMP/MR	Operario de recepción/analista de laboratorio.	Una vez por turno	Notificar desvío a superior inmediato. Detener recirculación
	Contenido de agua	% p/p	0	Titulación Karl Fischer				

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.4: Plan de Control de Materia Prima, Hidróxido de Sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de Control de Materia Prima: HIDROXIDO DE SODIO								
Corriente	Variable	Unidad de medida	Valor límite	Técnica	Registro	Responsable	Frecuencia	AC/AP
B- Hidróxido de sodio Anhidro	Alcalinidad total	% p/p	99.0	Titulación	RMP/SA	Operario de recepción/ analista de laboratorio.	Cada lote	Informar al proveedor. Rechazar lote
	Na_2CO_3	% en peso	0,5					
	NaCl	mg/kg	150					
	Na_2SO_4	mg/kg	200	Tec- Crom				
	Hierro (Fe)	mg/kg	7					
	Mercurio (Hg)	mg/kg	0,01					
	Arsénico	mg/kg	3					

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.2.2 Plan de calidad para el control del proceso

El seguimiento de las condiciones del proceso se ejecuta en diferentes puntos de control, planificados para las operaciones que necesitan un seguimiento más exhaustivo de los parámetros de operación.

En cuanto al control de dicho proceso, se implementa un sistema de control automático en los distintos equipos del proceso, poniendo énfasis en aquellos puntos considerados como críticos. Este accionar tiene como resultado un estricto control de las variables del proceso, repercutiendo de manera directa en la calidad final del producto.

En caso de que alguna variable supere o esté por debajo del valor límite, el operario de panel de control se va a ser responsable implementar las acciones correctivas. En caso de desvíos detectados por el analista de laboratorio se informará de manera fehaciente e inmediata al operario de panel de control.

10.2.2.1 Control de acondicionamiento de los reactivos

10.2.2.1.1 Control de solución del hidróxido de sodio

Los equipos cuentan con instrumentos que se utilizan para facilitar el análisis y el registro de parámetros específicos, estos ayudan a establecer las condiciones óptimas del proceso. El control de las variables se lleva a cabo desde una interfaz SCADA en el panel de control a través o mediante un sistema de control automático.

Durante la etapa de dilución de hidróxido de sodio, el operario de panel de control se encarga de controlar periódicamente las siguientes variables de esta operación:

- Caudales de los reactivos y salida
- Temperatura y presión de la reacción

En esta etapa se realiza un seguimiento de la composición de la solución mediante la medición de la conductividad.

Las condiciones de reacción, temperatura y presión son controladas en línea debido al control automático y visualización SCADA. Para seguridad, se instala un sensor de presión que activa una alarma cuando la presión excede 1.3 atm.

10.2.2.1.2 Control del metanol

Durante la etapa de acondicionamiento del metanol, el operario de panel de control se encarga de controlar periódicamente las siguientes variables de esta operación:

- Caudales y temperaturas del metanol alimentado, tanto de las corrientes de metanol fresco y como de recirculado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Temperatura y presión del metanol gaseoso.

Los caudales, temperaturas y presión son controladas en línea. El registro de los valores se realiza cada 1 hora y son realizadas por el operario de panel de control. Para seguridad, se instala un sensor de presión que activa una alarma cuando la presión excede las 3 atm.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.5: Plan de Control de Proceso, Acondicionamiento de reactivos.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de Control de Proceso: ACONDICIONAMIENTO DE REACTIVOS										
Etapa	Corriente	Variable	Unidad de medida	Rango aceptable		Técnica	Registro	Responsable	Frecuencia	AC/AP
				Min	Max					
Tanque mezclador metanol T-103	Metanol Fresco A-02	Caudal	kg/h	6000	6600	Control automático	RCP/ 100	Operario de panel de control	cada 1 hora	Regular caudal. Ajustar válvulas. Revisar registros. Dar aviso a superior y/o mantenimiento
		Temperatura	° C	20	30					
	Metanol Recirculado K-02	Caudal	kg/h	21000	23000					
		Temperatura	° C	63	67					
Evaporación y compresión del metanol I-113 y K-114	Vapor de caldera V-01	Presión de vapor	atm	1.93	1.97					
		Temperatura	° C	60	70					
	Vapor de metanol C-04	Caudal	kg/h	27000	29600					
		Presión	atm	1.32	1.38					
Vapor de metanol C-05	Temperatura	° C	86	90						
	Presión	atm	1.32	1.38						
Tanque mezclador hidróxido de sodio T-105	Tanque T-105	Presión	atm		1.05					
		Nivel	%		70					
	Agua alimentada D-03	Caudal	kg/h	1550	1680					
		Temperatura	° C	30	40					
	Recirculación refrigeración F	Caudal	kg/h	16000	16700					
		Temperatura	° C	83	87					
	Hidróxido de sodio sólido B	Caudal	kg/h	1550	1680					
	Hidróxido de sodio 50 % G-01	Caudal	kg/h	3100	3360					
Temperatura		° C	87	98						

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.2.2.2 Control de la síntesis del metóxido de sodio.

Durante la destilación reactiva, el operario de panel de control se encarga de controlar periódicamente las siguientes variables de esta operación:

- Caudales de los reactivos alimentados a la columna.
- Caudales de los productos de base y cabeza de la columna.
- Temperatura y presión de la columna.

El registro de los valores es realizado cada 1 hora por el operario de panel de control.

Cada una hora se toma una muestra del producto de base y se lleva a laboratorio para control de parámetros de calidad de producto terminado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.6: Plan de Control de Proceso, Producción de metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Plan de Control de Proceso: PRODUCCIÓN DE METOXIDO DE SODIO										
Etapa	Corriente	Variable	Unidad de medida	Rango aceptable		Técnica	Registro	Responsable	Frecuencia	AC/AP
				Min	Max					
Columna de destilación reactiva	Hidróxido de sodio 50 % G-02	Caudal	kg/h	3100	3360	Control automático	RCP/ 200	Operario de panel de control	cada 1 hora	Regular caudal. Ajustar válvulas. Revisar registros. Dar aviso a superior y/o mantenimiento
		Temperatura	°C	87	98					
	Metanol gaseoso C-05	Caudal	kg/h	27000	29600					
		Temperatura	°C	86	90					
	Destilado metanol/agua H	Caudal	kg/h	23500	24950					
		Temperatura	°C	65	69					
	Metóxido de sodio	Caudal	kg/h	7000	7500					
		Temperatura	°C	69	74					
	Composición	según especificación PT					RPT	Analista de laboratorio	cada 1 hora	Dar aviso a operario de panel de control

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.2.2.3. Control de recuperación del metanol.

Durante la etapa de recuperación del metanol, el operario de panel de control se encarga de controlar periódicamente las siguientes variables de operación:

- Caudales y temperaturas de egreso de las corrientes de metanol y agua purificada.
- Caudal y temperaturas de ingreso y salida del agua del condensador.
- Caudal y temperatura del vapor recirculado en el rehervidor.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 10.7: Plan de Control de Proceso, Recuperación de metanol y agua.

Fuente: Elaboración Propia.

Plan de Control de Proceso: RECUPERACIÓN METANOL / AGUA										
Etapa	Corriente	Variable	Unidad de medida	Rango aceptable		Técnica	Registro	Responsable	Frecuencia	AC/AP
				Min	Max					
Recuperación metanol/agua Columna de destilación C-301	Agua J-01	Caudal	kg/h	2200	2380	Control automático	RCP/ 300	Operario de panel de control	cada 1 hora	Regular caudal. Ajustar válvulas. Revisar registros. Dar aviso a superior y/o mantenimiento
		Temperatura	°C	99.7	99.9					
	Metanol K-01	Caudal	kg/h	21000	23000					
		Temperatura	°C	63	64,4					
Reboiler I-305	Vapor de caldera V-05	Presión de vapor	atm	1,95	2					
	Vapor recirculado J-04	Temperatura	°C	99.7	99.9					
		Caudal	kg/h	24000	25400					
Condensador I-304	Agua AE-05	Temperatura	°C	20	28					
	Metanol líquido a la salida del condensador H3	Temperatura	°C		64,4					
		Pureza	%	100		Tec. Cromatografía de gases	RMP/MR	Analista de laboratorio	cada 1 hora	Dar aviso a operario de panel de control

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.2.3 Plan de calidad para los productos terminados

La tabla 10.8 muestra las especificaciones del producto final, las cuales son controladas por el analista del laboratorio. Cualquier desvío debe notificarse al operador del panel de control.

Tabla 10.8: Especificaciones de producto final.

Fuente: Elaboración propia.

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO FINAL			
Parámetro	Unidad	Especificación del Parámetro	Metodología de análisis
Alcalinidad total como CH ₃ ONa	% en peso	29,5-31%	Valoración
CH ₃ ONa	% en peso	28,9-31%	Calculado
NaOH	% en peso	<0.4%	Calculado
Humedad H ₂ O	% en peso	<0.2%	Titulación KF
Na ₂ CO ₃	% en peso	<0.1%	Valoración
Metanol	% en peso	69.0-70.7	Calculado

10.3 REGISTROS

Para cada etapa de proceso y análisis realizado se deben registrar de manera ordenada los resultados obtenidos en una planilla de control. A continuación, se exponen los modelos correspondientes a las mismas, que deberá completar el responsable a cargo, y luego enviado al Departamento de Calidad, donde se llevan a cabo los análisis estadísticos pertinentes.

Las planillas se dividirán según el área o sector en el que se encuentra dividido el proyecto, es decir:

- Recepción de materia prima.
- Acondicionamiento de reactivos.
- Producción de metóxido de sodio.
- Recuperación de metanol agua.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA					RMP/SA	
SODA CAUSTICA ANHIDRA						
FECHA:			PROVEEDOR:			
HORA:			REMITO Nº:			
			CERTIFICADO DE ANALISIS Nº:			
LOTE :			Kg Lote:			
ANALISIS	Unidad de medida	Resultado	Valor límite	Técnica	Responsable	Observaciones
Alcalinidad total	% p/p		99.0	Titulación		
Na ₂ CO ₃	% en peso		0,5			
NaCl	mg/kg		150			
Na ₂ SO ₄	mg/kg		200	Tec- Crom		
Hierro (Fe)	mg/kg		7			
Mercurio (Hg)	mg/kg		0,01			
Arsenico	mg/kg		3			

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA						RMP/MF
METANOL FRESCO						
FECHA:					PROVEEDOR:	
HORA:					REMITO Nº:	
					CERTIFICADO DE ANALISIS Nº:	
LOTE :					Kg Lote:	
ANALISIS	Unidad de medida	Resultado	Valor límite	Técnica	Responsable	Observaciones
Rango de destilación	°C		máx. 1°C incluyendo 64.6 +/- 0.1	ASTM D-1078		
Acetona	% en peso		máx. 0.002	IMPCA 001-14		
Alcalinidad como NH ₄ OH	% en peso		máx. 0.003	ASTM D-1614		
Acidez como ácido acético	% en peso		máx. 0.003	ASTM D-1613		
Etanol	% en peso		máx. 0.005	IMPCA 001-14		
Sustancias carbonizables	escala Pt/Co		máx. 30	ASTM E-346		
Color	escala Pt/Co		máx. 5	ASTM D-1219		
Metanol	% en peso		mín. 99.85	IMPCA 001-14		
Agua	% en peso		máx. 0.1	ASTM E-1064		
Tiempo de permanganato	% en peso		mín. 60	ASTM D-1363		
Densidad a 15°C	g/ml		máx. 0.7964	ASTM D-4052		
Gravedad específica	20 °C/ °C		máx. 0.7930	ASTM D-4052		
Residuo no volátil	mg/100 ml		máx. 0.8	ASTM D-1353		
Aspecto			claro y libre de materia en suspensión	IMPCA 003-98		
Hidrocarburos			PASA	ASTM D-1722		
Cloruros	mg/kg		máx. 0.5	IMPCA 002-98		
Azufre	mg/kg		máx. 0.5	ASTM D-4045		
Hierro total soluble	mg/kg		máx. 0.1	ASTM E-394		

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

RECIRCULACIÓN DE MATERIA PRIMA						RMP/MR
METANOL RECIRCULADO						
FECHA:						
HORA:						
				OPERADOR PANEL DE CONTROL		
LOTE :						
ANALISIS	Unidad de medida	Resultado	Valor límite	Técnica	Responsable	Observaciones
Rango de destilación	°C		máx. 1°C incluyendo 64.6 +/- 0.1	ASTMD-1078		
Alcalinidad como NH ₄ OH	% en peso		máx. 0.003	ASTMD-1614		
Acidez como ácido acético	% en peso		máx. 0.003	ASTMD-1613		
Sustancias carbonizables	escala Pt/Co		máx. 30	ASTME-346		
Color	escala Pt/Co		máx. 5	ASTMD-1219		
Metanol	% en peso		mín. 99.85	IMPCA 001-1		
Agua	% en peso		máx. 0.1	ASTME-1064		
Aspecto			claro y libre de materia en suspensión	IMPCA 003-9		

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

PLANILLA DE CONTROL DE PROCESO					RCP/100	
ACONDICIONAMIENTO DE REACTIVOS						
ETAPA:		TANQUE MEZCLADOR METANOL T-103				
FECHA:						
HORA:				PARAMETRO		
FRESCO			MIN	MAX	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
CAUDAL		kg/h	6000	6600		
TEMPERATURA		° C	20	30		
RECIRCULADO			MIN	MAX		
CAUDAL		kg/h	21000	23000		
TEMPERATURA		° C	63	67		
ETAPA:		EVAPORADOR- COMPRESIÓN DE METANOL				
FECHA:						
HORA:				PARAMETRO		
			MIN	MAX	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
PRESIÓN DE VAPOR		atm	1.93	1.97		
TEMPERATURA INGRESO METANOL		° C	60	70		
CAUDAL		kg/h	27000	29600		
PRESION SALIDA		atm	1.32	1.38		
TEMPERATURA SALIDA METANOL		° C	86	90		
ETAPA:		TANQUE MEZCLADOR HIDROXIDO DE SODIO T-105				
FECHA:						
HORA:				PARAMETRO		
			MIN	MAX	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
PRESIÓN		atm		1.05		
CAUDAL AGUA ALIMENTADA			1550	1680		
TEMPERATURA AGUA		° C	30	40		
CAUDAL RECIRCULADO		kg/h	16000	16700		
TEMPERATURA RECIRCULADO			83	87		
CAUDAL SODA			1550	1680		
CAUDAL SALIDA			3100	3360		
TEMPERATURA SALIDA		° C	87	98		

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

PLANILLA DE CONTROL DE PROCESO				RCP/200	
PRODUCCION DE METOXIDO DE SODIO					
ETAPA:		DESTILACION REACTIVA			
FECHA:					
HORA:				PARAMETRO	
ALIMENTACION HIDROXIDO DE SODIO			MIN	MAX	RESPONSABLE
CAUDAL		kg/h	3100	3360	
TEMPERATURA		°C	87	98	
ALIMENTACION METANOL GASEOSO			MIN	MAX	
CAUDAL		kg/h	27000	29600	
TEMPERATURA		°C	86	90	
CABEZA			MIN	MAX	
PRESIÓN		atm		1.05	
CAUDAL METANOL/AGUA		kg/h	23500	24950	
TEMPERATURA METANOL/AGUA		°C	65	69	
BASE			MIN	MAX	
CAUDAL PRODUCTO		kg/h	7000	7500	
TEMPERATURA SALIDA PRODUCTO		°C	69	74	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

PLANILLA DE CONTROL DE PROCESO					RCP/300	
RECUPERACIÓN METANOL AGUA						
ETAPA:		DESTILACIÓN				
FECHA:						
HORA:				PARAMETRO		
AGUA			MIN	MAX	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
CAUDAL		kg/h	2200	2380		
TEMPERATURA		°C	99.7	99.9		
METANOL			MIN	MAX		
CAUDAL		kg/h	21000	23000		
TEMPERATURA		°C		64,4		
CONDENSADOR			MIN	MAX		
TEMPERATURA INGRESO AGUA		°C	20	28		
TEMPERATURA SALIDA METANOL		°C		64,4		
PUREZA		%	99,9			
REBOILER			MIN	MAX		
PRESIÓN DE VAPOR		atm		1.98		
TEMPERATURA SALIDA RECIRCULADO		°C	99.7	99.9		
CAUDAL RECIRCULADO		kg/h	24000	25400		

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

ANÁLISIS DE PRODUCTO TERMINADO					RPT	
METOXIDO DE SODIO						
FECHA:						
HORA:						
LOTE :						
ANÁLISIS	Unidad de medida	Resultado	Valor límite	Técnica	Responsable	Observaciones
Alcalinidad total como CH ₃ ONa	% en peso		29,5-31%	Valoración		
CH ₃ ONa	% en peso		28,9-31%	Calculado		
NaOH	% en peso		<0.4 %	Calculado		
Humedad H ₂ O	% en peso		<0.2 %	Titulación KF		
Na ₂ CO ₃	% en peso		<0.1 %	Valoración		
Metanol	% en peso		69.0-70.7	Calculado		

10.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS

10.4.1 TA-01: Determinación de humedad por titulación según Karl Fischer

10.4.1.a Principio de análisis

La determinación de agua está basada en la reacción cuantitativa del agua con una solución anhidra de dióxido de azufre según la siguiente ecuación:



El reactivo comercial conocido como Reactivo de Karl Fischer es una disolución conocida de dióxido de azufre e iodo en otros solventes. Se utiliza según recomendaciones del proveedor.

Actualmente la determinación de Karl Fisher es aplicada mediante dos técnicas:

Durante la *titulación volumétrica*, el iodo se disuelve en el reactivo y el contenido de agua es determinado midiendo la cantidad de iodo consumido como resultado de la reacción con el agua. Se utiliza para concentraciones de agua de entre 100 ppm y 100%.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Durante la *determinación por coulometría*, es apropiada para muestras con un contenido estimado de agua de entre 1 ppm y 5 %, en ella el iodo es generado por oxidación electroquímica en un electrodo o celda generadora en el vaso de titulación y el iodo reacciona con el agua según la ecuación 10.1. La cantidad de agua de la muestra es determinada por la cantidad de corriente en Coulomb usada para generar el iodo, que reacciona con el agua.


El potencial de la solución es controlado por voltametría durante la titulación.

10.4.1.b Aparato

Se seleccionó para determinación un titulador coulométrico Mettler Toledo C20S con las siguientes especificaciones:

Tabla 10.9: Hoja de especificaciones del titulador Karl Fischer.

Fuente: Elaboración propia.

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE TITULADOR KARL FISCHER	
DATOS GENERALES	
Denominación	Valorador Coulométrico
Modelo adoptado	Mettler Toledo C20S
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura de funcionamiento	+5 °C – 40 °C
Humedad relativa	Max. 80 % a 31 °C
Uso	en espacios interiores
Requisitos de tensión de línea	100–240 V \pm 10 %
DIMENSIÓN Y PESO	
Tamaño - altura	31.2
Ancho	21 cm
Profundidad	34 cm
Peso	3.3 kg
ESTRUCTURA EXTERNA DEL EQUIPO	
	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

10.4.1.c Determinación

Para realizar la medición se deben llevar a cabo los siguientes pasos, en el titulador seleccionado.

1. En el equipo de medición, activar el método requerido.
2. Si el equipo ya fue calibrado, seleccionar **Start** (analizar la muestra). Caso contrario seleccionar **pre-titulación** y verificar calibración.
3. Con una jeringa desechable, tomar unos 3 ml. Desechar. Volver a tomar unos 3 ml. Masar la jeringa con el contenido. Tarar la balanza (Precisión igual o mayor a 0.0001 g.).
4. Colocar entre 0.5 a 1 ml del contenido de la jeringa en el vaso de titulación, tratando de que la aguja llegue al seno del líquido.
5. Masar nuevamente de la jeringa con el resto de la muestra y ver la diferencia añadida para análisis. Introducir el valor de **masa de la muestra** en la pantalla táctil y presione **OK**.
6. El análisis comienza. Una vez que la titulación se ha completado, el resultado del contenido de agua se muestra en la pantalla.
7. Registrar el valor.

10.4.2 Determinación de pureza de metanol por cromatografía de gases

10.4.2.a Principio de análisis

La cromatografía consiste en la separación de compuestos para poder identificarlos y cuantificarlos.

Los principales componentes en un sistema de cromatografía de gases son el gas portador, el puerto de inyección, el horno que contiene la columna, el detector y el sistema de registro e integración siendo este un software computarizado. La velocidad de flujo del gas acarreador se controla para asegurar tiempos de retención reproducibles y minimizar las variaciones y ruidos en el detector.

La temperatura óptima de la columna se la da en el horno, y depende del punto de ebullición de las muestras y el grado de separación necesario, en el caso de muestras con un intervalo de ebullición amplio, frecuentemente se utiliza un programa de temperaturas o rampas, en donde se incrementa la temperatura de forma continua o escalonada, según avanza la separación.

El detector de ionización de llama (FID) funciona enviando el efluente de la columna hacia una pequeña llama de aire/hidrógeno, los efluentes producen iones y electrones cuando

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

se descomponen químicamente a la temperatura de la llama aire/hidrógeno, la recolección de los iones y electrones se da por la aplicación de varios centenares de voltios entre la punta del mechero y un electrodo colector que se encuentra encima de la llama, esta corriente resultante en amperios se mide en un picoamperímetro.

La cromatografía de gases se basa en la comparación de las áreas o alturas de los picos del analito, frente al de uno o más patrones, en condiciones controladas se puede tener que ambos parámetros varían con la concentración. Los cromatógrafos modernos están equipados con computadores y software que brindan medidas de áreas de pico relativas.

10.4.2.b Aparato

El equipo seleccionado es GC Scion 436, con capacidad de instalación máxima de 2 inyectores, horno con capacidad para 2 columnas capilares y software de sistema de control y adquisición de datos.

Las especificaciones del dispositivo son las siguientes:

Tabla 10.10: Hoja de especificaciones del cromatógrafo de gases.

Fuente: Elaboración propia.

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE CROMATOGRFO DE GASES	
DATOS GENERALES	
Denominación	Cromatógrafo de gases
Modelo adoptado	Scion 436 - CG
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura de funcionamiento	10 - 40°C
Humedad relativa	5 - 95 %
Uso	en espacios interiores
Requisitos de tensión de línea	120 V, 230 V, (+-10% nominal)
DIMENSIÓN Y PESO	
Tamaño - altura	57 cm
Ancho	32 cm
Profundidad	61 cm
Peso	26,8 kg

ESTRUCTURA EXTERNA DEL EQUIPO



10.4.2.c Determinación

Obtener una curva de calibración, es decir, una curva que relacione las áreas de los picos en los cromatogramas a la composición de la mezcla. Las curvas de calibración obtenidas se usarán luego para analizar muestras recogidas. Para generarla proceda de la siguiente manera:

1. Inyectar 3 μ L de metanol al 100% en la columna.
2. Inyectar 3 μ L de solución patrón de composición conocida (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y helio).
3. Preparar una solución al 80% de metanol e inyectar 3 μ L en la columna.
4. Preparar soluciones estándar de metanol en agua al 60%, 40%, 20% y 10%. Inyectar 3 μ L de cada uno. Espere hasta que el equipo vuelva a la línea base antes de inyectar una nueva muestra.
5. Generar el gráfico de % de metanol frente a la altura del pico y obtener la función que los relaciona.

Para realizar el análisis de la muestra se deben realizar los siguientes pasos:

1. Romper los extremos de la muestra inmediatamente antes del muestreo. Conecte la muestra a la bomba de muestreo personal con tubo flexible. Muestrear a una

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

velocidad de flujo conocida entre 0.01 y 0.2 L/min para un tamaño de muestra total de 0.25- 1L.

2. Colocar las secciones de sorbente frontal y posterior del tubo de muestra en viales separados. Incluya el tapón de lana de vidrio en el vial con la sección de sorbente frontal.
3. Agregar 1,0 ml de disulfuro de carbono a cada vial. Coloque la tapa en cada vial. Dejar reposar 30 minutos con agitación ocasional.
4. Seleccionar las condiciones en el cromatógrafo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Inyecte la alícuota de muestra manualmente usando la técnica de lavado con disolvente o con un muestreador automático, en el inyector del cromatógrafo.
5. Separar la muestra en componentes individuales, en la columna del horno.
6. Detectar qué compuestos había en la muestra, en el detector.
7. Calcular el área del pico.

Nota: Si el área del pico está por encima del rango lineal de las normas de trabajo, diluya una alícuota de la muestra desorbida con disulfuro de carbono, vuelva a analizarla y aplique el factor de dilución apropiado en los cálculos.

10.4.3 Determinación de alcalinidad total y contenido de carbonatos en soda caustica comercial

10.4.3.a Principio de análisis

La composición de una disolución de la muestra se calcula a partir del volumen de ácido patrón (por ejemplo HCl) consumido en dos valoraciones: una con un indicador de viraje básico como la fenolftaleína y la otra con un indicador de viraje ácido, como el anaranjado de metilo.

Las reacciones durante la neutralización que pueden producirse serán:



El indicador utilizado para titular inicialmente es la fenolftaleína.

Si a la disolución se le añade anaranjado de metilo y se sigue valorando hasta coloración rosada, se descompone el bicarbonato de la reacción anterior y el inicial que pueda existir en la muestra, según la reacción:

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol



10.4.3.b Determinación

1. Masar aproximadamente 25 g de muestra. Disolver y enrasar a 1000 ml con agua bidestilada a 15-25 °C.
2. Titular 10 ml de la disolución preparada con HCl de concentración 0.1N hasta viraje de fenolftaleína.
3. Añadir 2 gotas de anaranjado de metilo. Continuar con la titulación hasta viraje de anaranjado de metilo.

VF = volumen del ácido necesario para el viraje con Fenolftaleína, en ml.

VM = volumen del ácido necesario para el viraje con anaranjado de metilo, en ml.

M: masa de la muestra, en g.

M= concentración del ácido, 0.1 M.

Vs=volumen de la solución de muestra titulado, 10 ml.

$$\text{ALCALINIDAD TOTAL} = \frac{(2VF - VM) \cdot M \cdot 40\text{g/mol}}{m} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 10.5}$$

$$\% \text{ de Carbonato de sodio} = \frac{(VM - VF) \cdot M \cdot 106\text{g/mol}}{m} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 10.6}$$

CAPÍTULO N°11

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

11.1 INTRODUCCIÓN

Una empresa se define como el conjunto de personas y bienes que actuando organizadamente persiguen un objetivo en común, ya sea la producción de bienes o servicios, con el fin de obtener un beneficio económico. Para lograr este objetivo es necesaria una estructura funcional que permita un desarrollo eficaz de las tareas que deben realizarse.

En el presente capítulo se define el tipo de sociedad comercial adoptado, se describen las diferentes áreas que integran la empresa, las funciones de cada puesto de trabajo y se elabora un organigrama donde se especifican los niveles de jerarquía dentro de la empresa.

Los empleados de esta industria pertenecen a la industria química y petroquímica. Esto significa que corresponden al convenio colectivo de la Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y Petroquímicas de la República Argentina (FATIQYP). El convenio colectivo utilizado es el CCT 564/09 de Químicos y Petroquímicos.

11.2 TIPO DE EMPRESA

Los principales parámetros a tener en cuenta, para elegir el tipo de sociedad son:

- El tamaño de la empresa.
- La responsabilidad asumida por los socios: si es limitada, solidaria o subsidiaria.
- El tipo de impuestos que se deba pagar según el tipo de sociedad.
- Disposiciones legales o reglamentarias, según la actividad que se realice.
- Características del mercado, nacional o internacional, en el que opera la sociedad, que pueden indicar determinadas exigencias societarias.

La Ley de Sociedades Comerciales 19.550 (LSC) de la República Argentina contempla una gran variedad de tipos societarios. Los más utilizados en nuestro país son la sociedad anónima (S.A.) y la sociedad de responsabilidad limitada (S.R.L.).

La forma jurídica adoptada para el presente proyecto es la de sociedad anónima, en donde la responsabilidad de cada socio o accionista es proporcional al capital que haya aportado. Esto hace que este tipo de sociedad represente una seguridad financiera bastante alta respecto de las demás, debido a que sus socios deberán responder, como máximo, con el capital aportado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Para su conformación se requiere un mínimo de dos accionistas, siendo el máximo ilimitado. Las acciones pueden cotizar, o no, en el mercado de valores local. El directorio está compuesto por uno o más miembros, que pueden ser o no accionistas.

La empresa engloba una amplia gama de personas especializadas en diferentes tareas, e intereses ligados entre sí mediante relaciones contractuales que reflejan una promesa de colaboración.

Finalmente se detallan las características principales del tipo de sociedad comercial adoptada.

- Sociedad de tipo capitalista, en la que el capital, es integrado por los aportes económicos de todos los socios y es dividido en acciones. Los socios no responden personalmente por las deudas de la sociedad.
- La responsabilidad está limitada al capital aportado.
- El decreto legislativo 1564/1989 es el que aprueba el texto de la ley de Sociedades Anónimas.
- La denominación social es libre debiendo figurar obligatoriamente “Sociedad Anónima” o “S.A.”.
- Se constituye por escritura pública, incluyendo los estatutos.
- Es obligatoria la inscripción y publicación de la misma en el “Registro Mercantil”.
- Debe cumplir con el régimen fiscal.

11.2.1 Constitución de la Sociedad Anónima (S.A.)

Las sociedades comerciales se constituyen por instrumento (por escrito) público o privado (art. 4 de la LSC).

El instrumento de constitución es un contrato (art. 4 LSC). Se lo denomina acto constitutivo social o acto constitutivo de la sociedad.

Si se trata del acto constitutivo de una Sociedad Anónima se lo denomina Estatuto o Estatuto social.

Las sociedades comerciales (personas físicas) tributan a través del Impuesto al Valor Agregado (IVA), que se calcula en base al resultado obtenido. En otro orden, tributan el Impuesto a las Ganancias, teniendo en cuenta los ingresos y los gastos relacionados a la actividad e ingresos, gastos y situación patrimonial personal y de la empresa.

A nivel provincial, tributan el Impuesto a los Ingresos Brutos y a nivel municipal el Derecho a Registro e Inspección. En general, estos impuestos son un porcentaje que se aplica sobre el monto de la base imponible (ventas).

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

11.2.2 Trámites para la puesta en funcionamiento de la empresa

- Concesión de licencias: Licencia municipal de obras, Licencia municipal de apertura.
- Registros: Registro Municipal de la propiedad Inmobiliaria, Registro Industrial.
- Trámites en materia fiscal: Impuestos sobre bienes inmuebles, impuestos sobre actividades económicas, declaración censal.
- Trámites en materia laboral: Inscripción de la empresa en la Seguridad Social, Afiliación y número de Seguridad Social, Alta en el Régimen General de Seguridad Social, comunicación de apertura del centro de trabajo, libros de visitas y calendario laboral.

11.3 ORGANIZACIÓN INTERNA

Para la organización interna de nuestra empresa se decidió trabajar con departamentos, los cuales se crean en función de las actividades a realizar. Cada uno de ellos posee un gerente o jefe que responde a la gerencia general. Para el área de higiene y seguridad como para el área de investigación y desarrollo se contrata a un tercero, por lo cual no se consideran como departamentos.

En la figura 11.1 se representa el organigrama de jerarquización vertical simple de la empresa.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

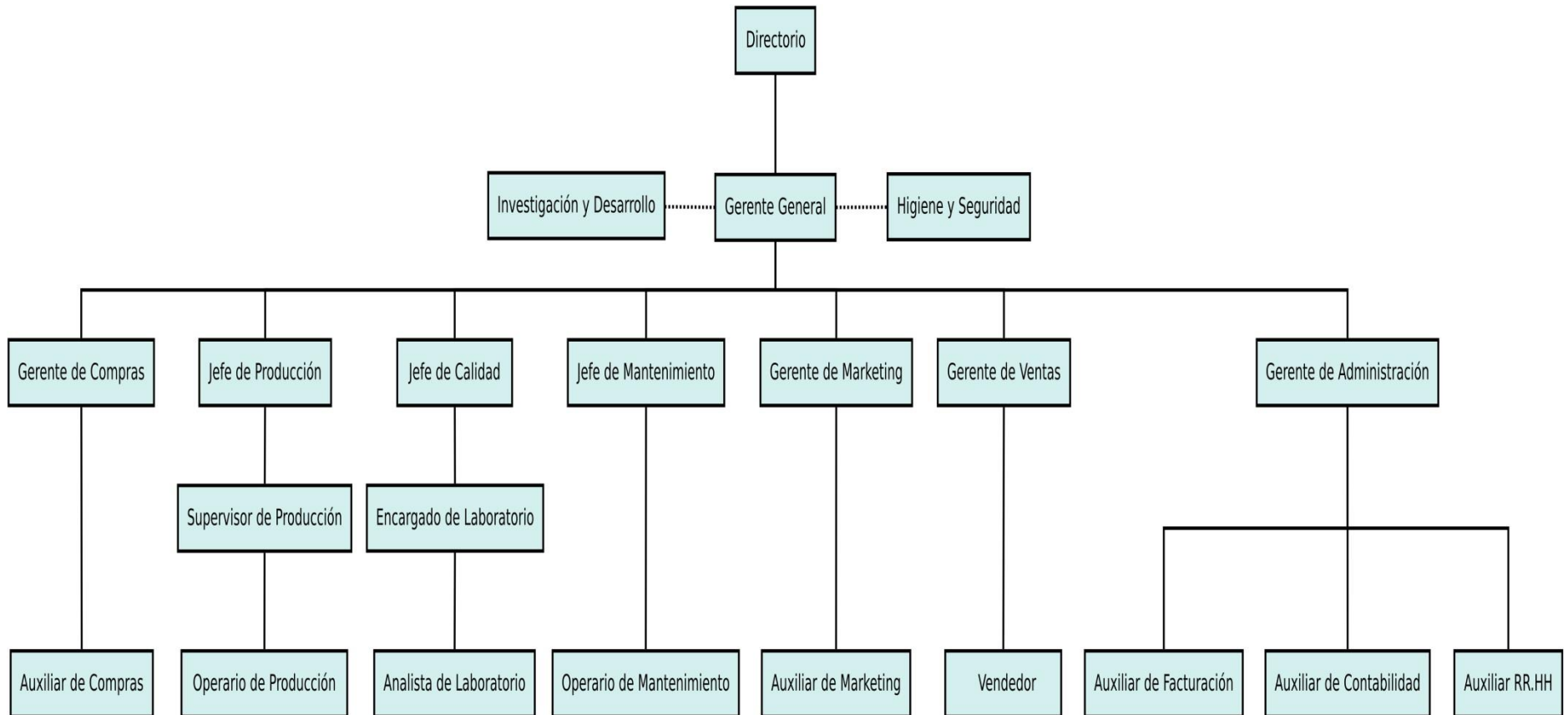


Figura 11.1: Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

11.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

Una vez establecido el organigrama de la empresa, se especifica el personal junto a sus funciones y capacidades para ocupar cada uno de los puestos de trabajo. Como así también la cantidad de empleados necesarios por puesto.

Tabla 11.1: Descripción del puesto de Gerente General.

Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Gerente General	Código: 001
Cargo superior inmediato: -----	
Cargos subordinados: Gerente de compras, Auxiliar de compras, Jefe de producción, Supervisor de la producción, Operario de producción, Jefe de calidad, Encargado de laboratorio, Analista de laboratorio, Jefe de mantenimiento, Operario de mantenimiento, Gente de marketing, Auxiliar de marketing, Gerente de ventas, vendedor, Gerente de administración, Auxiliar de facturación, Auxiliar de contabilidad, Auxiliar de RR.HH.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Responsable por la dirección y representación legal, judicial y extrajudicial, estableciendo las políticas generales que regirán a la empresa. Desarrolla y define los objetivos organizacionales. Planifica el crecimiento de la empresa a corto y a largo plazo. Además presenta al Directorio los estados financieros, el presupuesto, programas de trabajo y demás obligaciones que requiera.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Ejercer la representación legal de la empresa.• Realizar la administración global de las actividades de la empresa buscando su mejoramiento organizacional, técnico y financiero.• Garantizar el cumplimiento de las normas, reglamentos, políticas e instructivos internos y los establecidos por las entidades de regulación y control.• Participar en reuniones con el Directorio, para analizar y coordinar las actividades de la empresa en general.• Planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo.• Diseñar el plan estratégico en colaboración con los gerentes de las demás áreas, coordinar su ejecución, brindarle seguimiento y realizar correcciones en caso de ser necesario.• Controlar las actividades planificadas comparándolas con lo realizado y detectar las desviaciones o diferencias.• Administrar los presupuestos operacionales y las inversiones de la empresa de acuerdo a lo resuelto por el Directorio.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Manejo de proyectos de inversión.
- Buscar y concretar oportunidades de negocios.
- Decidir respecto de contratar, seleccionar, capacitar y ubicar el personal adecuado para cada cargo.
- Analizar los problemas de la empresa en el aspecto financiero, administrativo, personal, contable entre otros.
- Controlar el cumplimiento de objetivos y desempeño de los distintos gerentes y jefes de los departamentos.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Ingeniero químico con estudios en gestión de negocios.

Edad: 35-45 años.

Experiencia: En puestos similares, 5 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés avanzado.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Disponibilidad para viajar.

Tabla 11.2: Descripción del puesto de Gerente de compras.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Gerente de Compras	Código: 002
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Auxiliar de compras.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Establecer la política de compras de la empresa en coordinación con el área productiva y el área financiera, en términos de calidad, cantidad y precio. Además debe presentar al gerente general informes sobre el avance de los objetivos propuestos para el departamento de compras, cumplimiento de presupuestos y demás obligaciones requeridas.	
Funciones y tareas:	
<ul style="list-style-type: none">• Velar y cumplir con la gestión de compras con el objeto de lograr los objetivos estratégicos establecidos por la empresa en su planificación estratégica, que están relacionadas al mejoramiento de la gestión operativa y administrativa.• Planificar y programar las compras de los materiales, servicios y activos de toda la Organización, para asegurar el desarrollo de la operatividad de todos los procesos que integra.• Ejecutar y supervisar la gestión de compras de la empresa, para lograr las mejores	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

condiciones y precios con los proveedores, obteniendo siempre el mejor precio, calidad, servicio y condiciones de compra.

- Realizar negociaciones con los proveedores que cumplan con los lineamientos de la organización, en cuanto a precio, calidad, garantías, formas de pago y cantidades.
- Supervisar la colocación de órdenes de compra en tiempo y forma.
- Supervisar el control y seguimiento de las garantías y devoluciones con los proveedores.
- Realizar análisis de resultados de las compras y evaluación de proveedores para la toma de decisiones.
- Realizar y verificar que los programas o convenios de compra con los proveedores se cumplan. Asegurando que los acuerdos con los proveedores se cumplan y logren beneficios asociados.
- Realizar el seguimiento para el pago oportuno a los proveedores para evitar entorpecer el abastecimiento de los productos.
- Asegurar una posición de preferencia ante los proveedores.
- Coordinar la capacitación del personal con los proveedores.
- Velar por la comunicación efectiva con los proveedores y personal de la organización.
- Diseñar planes de contingencia para enfrentar cambios futuros del mercado y reorganizar financieramente los recursos.
- Establecer y presentar ante el directorio, indicadores de la ejecución de forma mensual, trimestral y anual.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Ingeniero químico con estudios en gestión o licenciado en administración.

Edad: 30-40 años.

Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés medio.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.3: Descripción del puesto de Auxiliar de Compras.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Auxiliar de Compras	Código: 003
Cargo superior inmediato: Gerente de compras.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Es el encargado de brindar apoyo al gerente del área en todo el proceso de compras.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Brindar apoyo al gerente de compras cuando este lo requiera.• Planificar los procesos de compra.• Evaluar el servicio de diferentes proveedores.• Llevar un detalle bien organizado de los gastos e inversiones que la empresa ha realizado.• Control de stock de insumos.• Responsable de la documentación del área.• Responsable de la recepción de los documentos que llegan al área.• Solicitar cotizaciones a proveedores, elaborar cuadros comparativos y pasar al gerente de compras para su aprobación.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Terciario en administración, gestión o contaduría. Edad: 25-35 años Experiencia: En puestos similares, 1 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química. Idioma: Inglés medio. Manejo de herramientas informáticas: Avanzado.</p>	

Tabla 11.4: Descripción del puesto de Jefe de Producción.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Jefe de Producción	Código: 004
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Supervisor de producción, Operario de producción.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Programar, dirigir y controlar que los servicios operacionales que brinda la empresa se realicen en forma eficiente. Además debe presentar al gerente	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

general informes sobre el avance de los objetivos propuestos para el departamento de producción, y demás obligaciones requeridas.

Funciones y tareas:

- Analizar y determinar los recursos físicos y humanos del área de operaciones necesarios para cumplir los objetivos y metas definidos por las instancias superiores.
- Determinar costos de operación y proponer tarifas de servicios.
- Elaborar y someter a consideración de la dirección general, el presupuesto anual del área.
- Supervigilar la programación y asignación de recursos velando por el mejor aprovechamiento de las capacidades operativas de planta.
- Proponer inversiones a realizar y supervisar la ejecución de ellas.
- Diseñar y establecer políticas y procedimientos asociados a los procesos operativos.
- Establecer procedimientos que resguarden la vida útil y operatividad de las instalaciones y equipamientos.
- Establecer medidas y procedimientos tendientes a minimizar los riesgos laborales.
- Analizar en forma continua los procesos que se llevan a cabo en planta, para detectar e implementar oportunidades de mejoras.
- Elaborar informes de gestión, estándares e indicadores del área de operaciones.
- Efectuar análisis de ingresos y costos para cumplir los presupuestos y/o detectar desviaciones.
- Autorizar compras de bienes o servicios requeridos por el área, de acuerdo a las políticas existentes al respecto.
- Controlar las existencias en stock.
- Autorizar contratación de personal temporal.
- Proveer de información de ingresos y costos de operaciones, así como de cualquier otra que la Gerencia General e instancias superiores requieran.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Ingeniero químico con estudios en gestión de procesos y administrativos.

Edad: 30-40 años.

Experiencia: En puestos similares, 5 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés medio.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.5: Descripción del puesto de Supervisor de Producción.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Supervisor de Producción	Código: 005
Cargo superior inmediato: Gerente de producción.	
Cargos subordinados: Operario de producción.	
Vacantes: 3	
Objetivos del cargo: Responsable de coordinar la producción, en función de las órdenes de producción, asignando los recursos necesarios para terminarlas en el tiempo requerido de acuerdo a los estándares de producción, con la calidad requerida por los clientes y en el costo establecido por la organización. Respetando los procedimientos, instrucciones de trabajo, planes de calidad y asegurando que los trabajadores cuenten con los recursos necesarios (maquinas, herramientas, equipo de seguridad, capacitación, etc.)	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Establecer una línea de comunicación abierta con las áreas de producción, compras y ventas, mantenimiento y almacén.• Mantener una permanente comunicación con el gerente de producción para desarrollar programas de acción.• Supervisar al personal a cargo, además de presentar informes de actividades realizadas, coordinar actividades de producción. Es responsabilidad que el personal a cargo realice bien su trabajo.• Mantenerse actualizado sobre innovaciones en procesos de producción.• Responsable del buen desarrollo de la planta y de la eficiencia y eficacia de los procesos productivos e innovaciones.• Manejo del panel de control de proceso.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Técnico químico. Edad: 30-35 años. Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química. Idioma: Inglés medio-avanzado. Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.</p>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.6: Descripción del puesto de Operario de Producción.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Operario de Producción	Código: 006
Cargo superior inmediato: Supervisor de producción.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 36	
Objetivos del cargo: Participar directamente en el proceso de producción, manejar las maquinarias y herramientas específicas y necesarias para lograr la transformación del producto, desde la recepción de la materia prima hasta el despacho del producto terminado.	
Funciones y tareas: <i>Operario de planta:</i> <ul style="list-style-type: none">• Controlar las distintas variables del proceso desde el sistema automático central y actuar en planta frente a cualquier imprevisto.• Llevar registros de control de calidad respecto a las actividades que desarrollen para asegurar la trazabilidad y seguridad del proceso productivo.• Informar al jefe de producción sobre anomalías detectadas en el proceso productivo.• Operar maquinaria de producción e instalaciones a fines.• Analizar y cumplir metas de producción. <i>Operario de Deposito:</i> <ul style="list-style-type: none">• Envasar el producto terminado en sus respectivos tanques de almacenamiento.• Planificar las cargas y despacho físico del producto, como así también, contratar los medios de transporte necesarios.• Control de peso de materia prima en camiones ingresantes y de producto terminado de camiones salientes en la balanza.• Custodiar el inventario de insumos. <i>Operario de Servicios Auxiliares</i> <ul style="list-style-type: none">• Supervisar y controlar el correcto funcionamiento de los servicios auxiliares de la planta, como lo son el suministro de agua potable, el sistema de agua de enfriamiento y la generación de vapor.	
Requerimiento para el puesto: Estudios requeridos: Bachiller. Edad: 20-35 años. Experiencia: En puestos similares, 2 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química. Idioma: Inglés básico.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Manejo de herramientas informáticas: Básico-medio.

Tabla 11.7: Descripción del puesto de Jefe de Calidad.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Jefe de Calidad	Código: 007
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Encargado de laboratorio, Analista de laboratorio.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Asegurar, proporcionar y mantener las herramientas y lineamientos que permitan integrar procesos, personas y tecnología a través del sistema de gestión de calidad con la finalidad de satisfacer a los clientes, asegurando la aplicación en los procesos de los procedimientos definidos. Además debe presentar al gerente general informes sobre el avance de los objetivos propuestos para el departamento de calidad, y demás obligaciones requeridas.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Asegurarse de que se establecen, implementan y mantienen los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad e inocuidad.• Garantizar el cumplimiento de las metas programadas para el sistema de calidad e inocuidad.• Garantizar la realización de las pruebas necesarias para verificar la conformidad de los productos así como de realizar las mediciones en los equipos que requieren alto grado de competencia.• Definir mediante los correspondientes protocolos de análisis, el estatus de Calidad (aprobación o rechazo) de los lotes de materia prima y material terminado.• Liberar el producto retenido o disponer del mismo acorde a los criterios de inocuidad, calidad y ambiente.• Informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad e inocuidad y de cualquier necesidad de mejora.• Establecer requerimientos de calidad a proveedores para la compra de insumos.• Promover estudios de investigación de la calidad.• Entrenar a personal a cargo.• Realizar otras funciones que le sean asignadas por su superior inmediato.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Ingeniero químico.</p> <p>Edad: 30-40 años.</p> <p>Experiencia: En puestos similares, 5 años mínimo. Se valorará a personas que hayan</p>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés medio.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Tabla 11.8: Descripción del puesto de Encargado de Laboratorio.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Encargado de Laboratorio	Código: 008
Cargo superior inmediato: Jefe de calidad.	
Cargos subordinados: Analista de laboratorio.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Coordinar las diferentes acciones para la operatividad efectiva del laboratorio, supervisando los servicios prestados, evaluando la toma y análisis de muestras para los diferentes exámenes o pruebas que se requieran, garantizando un buen servicio del laboratorio.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Coordina y supervisa las actividades técnicas y administrativas del laboratorio.• Toma muestras necesarias para la realización de exámenes de laboratorio.• Analiza muestras para los diferentes exámenes.• Estudia y evalúa las técnicas y metodologías utilizadas en el laboratorio.• Supervisa y participa en el desarrollo de ensayos de campo o de laboratorio.• Presta apoyo a los investigadores en el diseño y ejecución de investigaciones.• Prepara medios de cultivo, reactivos, soluciones y otros elementos necesarios para los diferentes tipos de exámenes o pruebas o prácticas que se requieran efectuar.• Suministra los reactivos y/o materiales requeridos para la realización de las prácticas, prueba o exámenes.• Calibra aparatos o equipos e instrumentos de laboratorio.• Elabora y firma informe de resultados de los exámenes o pruebas practicadas.• Establece los parámetros y supervisa la ejecución de la clasificación e identificación de los reactivos, soluciones y demás elementos necesarios en el laboratorio.• Mantiene registros de los reactivos, materiales y equipos existentes en el laboratorio.• Revisa y avala los resultados emitidos por el personal técnico de menor nivel.• Verifica los cálculos de las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio.• Elabora requisiciones de compra de reactivos, equipos y/o materiales de laboratorio y de oficina.• Detecta y reporta necesidades de mantenimiento y reparación de equipos de laboratorio.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Supervisa el mantenimiento de los equipos de laboratorio.
- Recibe y chequea el material asignado al laboratorio.
- Supervisa y controla las actividades que ejecuta el personal técnico de menor nivel.
- Mantiene informado a su superior inmediato de las actividades realizadas en el laboratorio.
- Cumple con las normas y procedimientos en materia de seguridad integral, establecidos por la organización.
- Mantiene en orden equipo y sitio de trabajo, reportando cualquier anomalía.
- Elabora informes periódicos de las actividades realizadas.
- Realiza cualquier otra tarea afín que le sea asignada.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Licenciado en química.

Edad: 30-40 años.

Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés medio.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Disponibilidad: Full-time.

Tabla 11.9: Descripción del puesto de Analista de Laboratorio.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Analista de Laboratorio	Código: 009
Cargo superior inmediato: Encargado de laboratorio.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 6	
Objetivos del cargo: Organizar y aplicar técnicas y métodos de análisis químico e instrumental, sobre materias y productos, orientados al control de calidad; actuando bajo normas de buenas prácticas de laboratorio, de seguridad personal y medioambiental.	
Funciones y tareas:	
<ul style="list-style-type: none">• Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su área.• Realizar la toma de muestras de los productos, así como custodiar y eliminar las muestras enviadas al laboratorio y llevar los registros correspondientes.• Realizar el control de calidad de los materiales y productos, haciendo toda clase de pruebas físicas a muestras de los mismos, mediante procesos de cálculo y aplicaciones de estándares preestablecidos.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Realizar toda clase de pruebas químicas a muestras del producto y sub-productos, para determinar los porcentajes de sus componentes e identificar proporciones de elementos extraños que no cumplen con los estándares de calidad preestablecidos en el laboratorio y en el campo.
- Preparar y operar el equipo, los instrumentos, las muestras y los materiales requeridos en los diferentes análisis de laboratorio, cumpliendo con las medidas de seguridad establecidas.
- Anotar y digitar el resultado de cada prueba y análisis en la computadora para determinar las desviaciones existentes en la calidad de los productos. Elaborar los reportes de los análisis y los resultados de las pruebas.
- Repetir las pruebas cuando se hayan presentado desviaciones significativas en la calidad esperada de los productos y ante la evidencia investigar y ejecutar otro tipo de prueba alternativa que comprueben el diagnóstico inicial.
- Lavar y limpiar los equipos, instrumentos y espacio físico utilizados en las pruebas.
- Velar por el buen funcionamiento y uso de las instalaciones, equipos e instrumentos que utiliza en el desarrollo de sus actividades, reportando cualquier anomalía o daño importante que se presente a su superior inmediato, así como realizar aquellas reparaciones o ajustes menores que sus conocimientos técnicos le permitan para contar con equipos e instrumentos en óptimas condiciones de trabajo.
- Participar activamente, colaborar y cumplir con todas las políticas, procedimientos y regulaciones relativas al aseguramiento de la calidad que desarrolle e implemente la empresa.
- Realizar cualesquiera otras actividades inherentes al cargo que le sean asignadas por su superior inmediato.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Técnico químico.

Edad: 25-35 años.

Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés medio.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.10: Descripción del puesto de Jefe de Mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Jefe de Mantenimiento	Código: 010
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Operario de mantenimiento.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Gestionar el mantenimiento global de la empresa, coordinando un grupo de personas cualificadas en diferentes tareas para asegurar los planes de mantenimiento preventivo y predictivo de todas las instalaciones.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Elaborar y supervisar el plan y presupuesto de mantenimiento de los activos bajo su responsabilidad• Gestionar las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.• Gestionar al personal a su cargo para realizar las actividades bajo su responsabilidad.• Evaluar y negociar con proveedores.• Gestionar las órdenes de servicio para instalación, reparación y mantenimiento.• Gestionar las garantías de los activos a su cargo.• Planificar y gestionar la renovación de activos.• Realizar la gestión de los proveedores de asistencia técnica.• Establecer normas y procedimientos de seguridad y control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de máquinas, mecanismos herramientas, motores, dispositivos, instalaciones y equipos industriales.• Coordinar y supervisar el diseño, construcción y montaje de las nuevas instalaciones o maquinarias.• Coordinar y supervisar el diseño o adaptación de piezas o herramientas necesarias.• Cumplir las normas de seguridad establecidas en la empresa.• Rinde información al jefe inmediato, del mantenimiento y las reparaciones realizadas.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Técnico en mecatrónica. Edad: 30-40 años. Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química. Idioma: Inglés medio. Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.</p>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.11: Descripción del puesto de Operario de Mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Operario de Mantenimiento	Código: 011
Cargo superior inmediato: Jefe de mantenimiento.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 12	
Objetivos del cargo: Llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo planificado por el jefe de mantenimiento.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su área.• Llevar a cabo construcciones y reparaciones de piezas y estructuras en diversos materiales, confeccionar o reconstruir partes dañadas de piezas metálicas y no metálicas.• Realizar reparaciones de mantenimiento preventivo y correctivo en los sistemas, equipos e infraestructura.• Realizar tareas en la instalación y mantenimiento de tuberías, bombas, compresores, calderas y demás equipos.• Reparar y dar mantenimiento a equipos y sistemas eléctricos.• Revisión periódica y elaboración de informes del estado de los equipos e instalaciones.• Interpretar planos, diseños, croquis y diagramas, que le permitan llevar a cabo los trabajos que se le asignen.• Realizar cualesquiera otras actividades inherentes al cargo que le sean asignadas por su superior inmediato.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Egresados de colegios técnicos vinculados a las áreas de electricidad, mecánica y electrónica.</p> <p>Edad: 25-35 años.</p> <p>Experiencia: En puestos similares, 2 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.</p> <p>Idioma: Inglés básico.</p> <p>Manejo de herramientas informáticas: Básico-medio.</p>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.12: Descripción del puesto de Gerente de Marketing.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Gerente de Marketing	Código: 012
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Auxiliar de marketing.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Establecer las estrategias de marketing de la empresa, realizando las actividades de marketing y promoción, así como la gestión del personal.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Diseñar e implementar el plan de marketing de la empresa.• Definir las estrategias de marketing para la oferta del producto.• Planificar, elaborar y gestionar el presupuesto del departamento, bajo unos estándares de eficiencia y optimización de recursos.• Analizar las acciones del departamento y evaluar y controlar los resultados de las mismas.• Dirigir y liderar el equipo de trabajo.• Definir las políticas de ventas y distribución.• Supervisar la ejecución de las estrategias y acciones de comercialización de la empresa.• Efectuar el análisis y evaluación de los resultados de los planes de mercadeo y ventas de la empresa.• Controlar los niveles de cartera de clientes.• Realizar investigaciones de mercado.• Planear y ejecutar la campaña publicitaria.	
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Licenciado en marketing.</p> <p>Edad: 30-40 años.</p> <p>Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.</p> <p>Idioma: Inglés medio-avanzado.</p> <p>Manejo de herramientas informáticas: Avanzado.</p>	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 11.13: Descripción del puesto de Auxiliar de Marketing.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Auxiliar de Marketing	Código: 013
Cargo superior inmediato: Gerente de marketing.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Encargado de apoyar el trabajo que lleva a cabo el gerente de marketing de la empresa.	
Funciones y tareas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de medios, seguimiento de pautas publicadas en medios, alianzas con instituciones y lograr potenciar espacios para la empresa y marca. • Apoyo en medios de mercadeo online, manejo de redes sociales y análisis de resultados. • Apoyo con estadísticas sobre resultados de campañas implementadas. • Velar por el análisis de la competencia. • Presentar reportes históricos con estadísticas. • Apoyo a la fuerza de ventas en la elaboración de actividades y estrategias que ayuden a potenciar y mejorar la marca. • Organización de la información institucional de las empresas para su posterior presentación de sus servicios. 	
Requerimiento para el puesto:	
Estudios requeridos: Técnico o estudiante avanzado de marketing, comunicación y administración.	
Edad: 25-30 años.	
Experiencia: En puestos similares, 2 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.	
Idioma: Inglés básico-medio.	
Manejo de herramientas informáticas: Avanzado, uso de redes sociales.	

Tabla 11.14: Descripción del puesto de Gerente de Ventas.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Gerente de Ventas	Código: 014
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Vendedor.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Planificar y organizar el trabajo de un equipo de vendedores, sin	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

salirse de un presupuesto acordado. Establecer los objetivos de ventas y evaluar los logros del personal a cargo.
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Preparar planes y presupuesto de ventas, reducir el riesgo y aumentar la rentabilidad.• Establecer metas y objetivos a corto y largo plazo, debe influir en los subordinados para que trabajen en pro a los objetivos organizacionales.• Calcular la demanda y pronosticar las ventas.• Reclutamiento, selección y capacitación de los vendedores.• Supervisar el trabajo del personal de ventas.• Intervenir en las decisiones de la empresa relacionadas con la comercialización del producto.• Diseñar y presentar estrategias de ventas e informes periódicos para que los analice la dirección de la empresa.
Requerimiento para el puesto: <p>Estudios requeridos: Ingeniero químico con estudios en gestión de ventas. Edad: 30-40 años. Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química. Idioma: Inglés medio-avanzado. Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.</p>

Tabla 11.15: Descripción del puesto de Vendedor.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Vendedor	Código: 015
Cargo superior inmediato: Gerente de ventas.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 3	
Objetivos del cargo: Conocer y recopilar toda la información que pueda sobre competencia, productos, necesidades del cliente, y nuevos usos del producto.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Cumplir con las cuotas de venta, planificando sus visitas comerciales y cumpliendo los tiempos marcados.• Aumentar mercado buscando continuamente nuevas oportunidades de venta.• Reducir sus gastos derivados de las operaciones de venta.• Aumentar el conocimiento de marca, manteniendo/mejorando la imagen corporativa	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

en las relaciones con los clientes.
<ul style="list-style-type: none">• Dar Feedback comunicando errores en los procesos y/o proponer mejoras.• Elaborar y comunicar reportes de ventas.
Requerimiento para el puesto:
Estudios requeridos: Técnico químico.
Edad: 30-35 años.
Experiencia: En puestos similares, 4 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.
Idioma: Inglés medio-avanzado.
Manejo de herramientas informáticas: Avanzado, uso de redes sociales.

Tabla 11.16: Descripción del puesto de Gerente de Administración.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Gerente de Administración	Código: 016
Cargo superior inmediato: Gerente general.	
Cargos subordinados: Auxiliar de facturación, Auxiliar de RRHH, Auxiliar de contabilidad.	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Planear, organizar y controlar las actividades de la empresa con el objetivo de generar mayor rentabilidad, realizar toma de decisiones en forma oportuna y confiable en beneficio de la operación de la empresa. Crear lineamientos de control, análisis financiero, y supervisar el cumplimiento de políticas, además debe crear sinergia con el resto de las áreas operativas para lograr el objetivo.	
Funciones y tareas:	
<ul style="list-style-type: none">• Realizar conjuntamente con la Dirección General y el Consejo de Administración, la elaboración preliminar del presupuesto de la empresa.• Realizar en forma coordinada con la Gerencia Comercial, el análisis de flujo del efectivo, coordinando la toma de decisiones directamente con la Dirección General y el Consejo de Administración.• Implementar programas tendientes al ahorro y control del gasto, administrando y controlando las partidas estratégicas como el suministro de combustible, compras de activo fijo, viáticos y gastos de representación para la ejecución de los proyectos de producción, etc.• Realizar en coordinación con la Dirección General las autorizaciones de pagos requeridas para el suministro de recursos.• Garantizar la emisión oportuna de la nómina, verificando que los pagos realizados	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

<p>correspondan a la plantilla autorizada por la Dirección General.</p> <ul style="list-style-type: none">• Coordinar con la Dirección General, la administración del centro de costos establecido para formulación y seguimiento de control presupuestal asignado.• Realizar propuestas de análisis estratégico a la Dirección General y al Consejo de Administración sobre opciones de financiamiento, dirigidas a soportar la carga financiera requerida para la atención y seguimiento de la operación.• Verificar y asegurar que los procesos de compras de refaccionamiento y equipo se realicen en las mejores condiciones de rentabilidad.• Autorizar el pago a las facturas de proveedores.
<p>Requerimiento para el puesto:</p> <p>Estudios requeridos: Licenciado en administración o contador público.</p> <p>Edad: 30-40 años.</p> <p>Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.</p> <p>Idioma: Inglés medio-avanzado.</p> <p>Manejo de herramientas informáticas: Avanzado.</p>

Tabla 11.17: Descripción del puesto de Auxiliar de Facturación.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Auxiliar de Facturación	Código: 017
Cargo superior inmediato: Gerente de administración.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Llevar adelante los procesos de facturación y cobranza de manera eficiente.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Programar, ejecutar, controlar los procesos de Facturación y Cobranzas, con el propósito de garantizar la facturación, así como asegurar el cobro en cantidad y tiempo de los productos y servicios a los clientes.• Verificar la emisión de las facturas presupuestadas.• Emitir reporte de facturación, reporte de comparativo de facturaciones (mes anterior vs. Presupuestado), reporte de cuentas por cobrar y reporte de cobranzas.• Revisar reporte de cuentas en condición “morosos” o “incobrables”• Elaborar reporte explicativo de las diferencias encontradas en la facturación de un mes en curso en comparación con mes anterior.• Programar reuniones de seguimiento con las áreas o unidades involucradas.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Recibir y revisar las órdenes de facturación, asociadas a contratos, de las diferentes áreas y verifica la información soporte.
- Actualizar la base de datos con las características de los contratos (clientes, vigencia, servicios que se le prestan, tarifas, fechas de renovación).
- Revisar status de cuentas por cobrar. Elaborar, a través del sistema de apoyo administrativo, los reportes de cobranzas. Realizar cobranzas.
- Generar alerta sobre cuentas consideradas incobrables.
- Solicitar los comprobantes de retenciones.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Técnico o estudiante avanzado en las carreras de administración o contador público.

Edad: 25-35años.

Experiencia: En puestos similares, 2 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés básico.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Tabla 11.18: Descripción del puesto de Auxiliar de Contabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Auxiliar de Contabilidad	Código: 018
Cargo superior inmediato: Gerente de administración.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Llevar adelante los procesos contables de la empresa de manera eficaz y eficiente.	
Funciones y tareas: <ul style="list-style-type: none">• Planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades relativas a la gestión del departamento.• Supervisar el registro de operaciones contables, fiscales, legales, tributarias, etc., de acuerdo a la normativa vigente en los plazos y términos establecidos.• Definir y controlar la implementación de los criterios y procedimientos para el registro contable y fiscal.• Colaborar en el diseño e implementación de un sistema de información para la toma de decisiones.• Asegurar el cumplimiento de los procesos internos en materia contable, fiscal, administrativa, comercial, etc.	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Definir los criterios y procedimientos requeridos para asegurar el cumplimiento de las normas tributarias.
- Supervisar todas las áreas de los estados financieros, garantizando la imagen fiel y su correcta definición y registro.
- Garantizar el correcto archivo de los documentos soporte (contables, fiscales, legales, etc.). De acuerdo a la normativa legal vigente y a los estándares establecidos internamente por el grupo.
- Relación con organismos públicos que requieran otro tipo de información contable, financiera, fiscal, etc.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Licenciado en administración, contador público o licenciado en economía.

Edad: 30-35años.

Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés básico.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

Tabla 11.19: Descripción del puesto de Auxiliar de RR.HH.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto: Auxiliar de RR.HH	Código: 019
Cargo superior inmediato: Gerente de administración.	
Cargos subordinados: -----	
Vacantes: 1	
Objetivos del cargo: Llevar adelante un correcto proceso en la selección del personal, capacitación y motivación de los mismos. Actuar como un mediador entre los empleados y sus superiores.	
Funciones y tareas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y formular estrategias, normas y procedimientos de desarrollo de los recursos humanos. • Gestionar y coordinar la aplicación de las normas y los procedimientos de RR.HH. • Desarrollar y aplicar sistemas de información de la gestión. • Contratar y asignar recursos humanos, atraer a los empleados más cualificados y colocarlos en aquellos puestos para los que sean más adecuados. • Comunicar y facilitar a los empleados actuales y potenciales información sobre normas, cometidos, condiciones de trabajo, salarios, oportunidades de ascenso y 	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

prestaciones para los empleados.

- Asesorar y ayudar a los directores con la contratación y formación del personal.
- Desarrollar programas para la igualdad de oportunidades y evitar el acoso sexual; cerciorarse de que la organización cumpla las normas correspondientes.
- Coordinar los programas y prácticas de salud y seguridad profesionales.
- Vigilar y medir los costes de empleo y los niveles de productividad, así como las relaciones laborales y de empleo de todo el personal.
- Planificar los programas de formación para los empleados.
- Formar y asesorar a otros gestores, por ejemplo, en asuntos de personal o de relaciones empresariales.

Requerimiento para el puesto:

Estudios requeridos: Licenciado en recursos humano o en administración.

Edad: 30-35años.

Experiencia: En puestos similares, 3 años mínimo. Se valorará a personas que hayan trabajado en la industria química.

Idioma: Inglés básico.

Manejo de herramientas informáticas: Medio-avanzado.

En la tabla 11.20 se resume la cantidad de mano de obra requerida para la realización global de las actividades de la empresa.

Como se observa el total de empleados de la empresa es de 74 personas. Además, son tercerizados los servicios de asesoría legal, investigación y desarrollo, medicina del trabajo, limpieza y desinfección, higiene y seguridad industrial, servicio de guardia y sistema informático.

Tabla 11.20: Cantidad de mano de obra requerida por cargo.
Fuente: Elaboración propia.

Puesto de trabajo	Horas de trabajo por turno	Turnos por día	Personas por turno	Total personas por día
Gerente general	8	1	1	1
Gerente de compras	8	1	1	1
Auxiliar de compras	8	1	1	1
Jefe de producción	8	1	1	1
Supervisor de producción*	8	3	1	3

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Operario de Producción de planta*	8	3	7	21
Operario de Deposito*	8	3	2	6
Operario de Servicios auxiliares*	8	3	3	9
Jefe de calidad	8	1	1	1
Encargado de laboratorio	8	1	1	1
Analista de laboratorio*	8	3	2	6
Jefe de mantenimiento	8	1	1	1
Operario de mantenimiento*	8	3	4	12
Gerente de marketing	8	1	1	1
Auxiliar de marketing	8	1	1	1
Gerente de ventas	8	1	1	1
Vendedor	8	1	3	3
Gerente de administración	8	1	1	1
Auxiliar de facturación	8	1	1	1
Auxiliar de contabilidad	8	1	1	1
Auxiliar de RR.HH	8	1	1	1
Total mano de obra requerida				74

(*) Turno rotativo.

11.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TURNOS DE TRABAJO

La planta funciona 345 días al año, destinándose 10 días de parada para realizar un mantenimiento general y 5 días de detenciones imprevistas.

La producción se llevará a cabo de lunes a domingos, trabajando las 24 h del día. Para ello se necesitan tres turnos de trabajo de 8 horas para los operarios del sector producción.

El personal de la empresa se divide en dos grupos:

- Personal que trabaja con **horario fijo** (mañana y tarde), trabaja de lunes a viernes de 8:00 a 12:00 h y 14:00 a 18:00 h. Dentro de este grupo se encuentra el gerente general, y el personal perteneciente a los departamentos de compras, marketing, ventas, y administración como así también los jefes de los demás departamentos.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Personal que trabaja con **horario rotativo**, cambia de turno una vez por semana. Los horarios son de 06.00 a 14.00 h (primer turno), de 14:00 a 22:00 h (segundo turno) y de 22:00 a 06:00 h (tercer turno). Tienen 30 minutos para desayunar, merendar o descansar. Se establece para los departamentos de producción, mantenimiento y calidad.

Es necesario tener en cuenta que, como se trata de un proceso continuo, la planta funciona los siete días de la semana, pero un operario solo puede trabajar 48 h por semana, cumpliendo un turno de 8 h por día. Por lo que en la condición de horario rotativo, habrá días de francos.

CAPÍTULO N°12

OBRAS CIVILES

12.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollará de manera general las características constructivas de la planta productora de Metóxido de sodio, la cual se encuentra ubicada tal como se describió en el capítulo 4, en el parque industrial San Lorenzo radicado en la provincia de Santa Fe.

El terreno a utilizar para la edificación de la planta cuenta con los siguientes servicios disponibles:

- Red eléctrica de baja y media tensión.
- Red de agua corriente.
- Red de media y alta presión de gas natural.
- Red de cloacas.
- Sistema desagües pluviales.
- Iluminación interior y alumbrado público exterior.
- Sistema hidrante contra incendios.
- Doble cerco perimetral.
- Sistema de control de ingresos y egresos.

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

12.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

El parque industrial San Lorenzo posee para radicaciones industriales mayoritariamente lotes de 2500 y 5000 m² respectivamente.



Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

LOTES COMERCIALIZABLES (2° ETAPA)



Figura 12.1: Lotes comercializables del parque industrial San Lorenzo.
Fuente: www.pisanlorenzo.com/page/lotes.

Para el presente proyecto se adoptan 2 lotes de 5000 m², quedando así un predio de 120 m de largo y 83 m de ancho.

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 pre moldeados 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 (zona 100, 200 y 300) 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. Sin embargo, muchas áreas se unificarán en espacios comunes para

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

aprovechar y minimizar las zonas cubiertas. En otros casos cuestiones de seguridad o particulares de funcionalidad, sugieren que dicho sector se encuentre aislado del resto.

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.

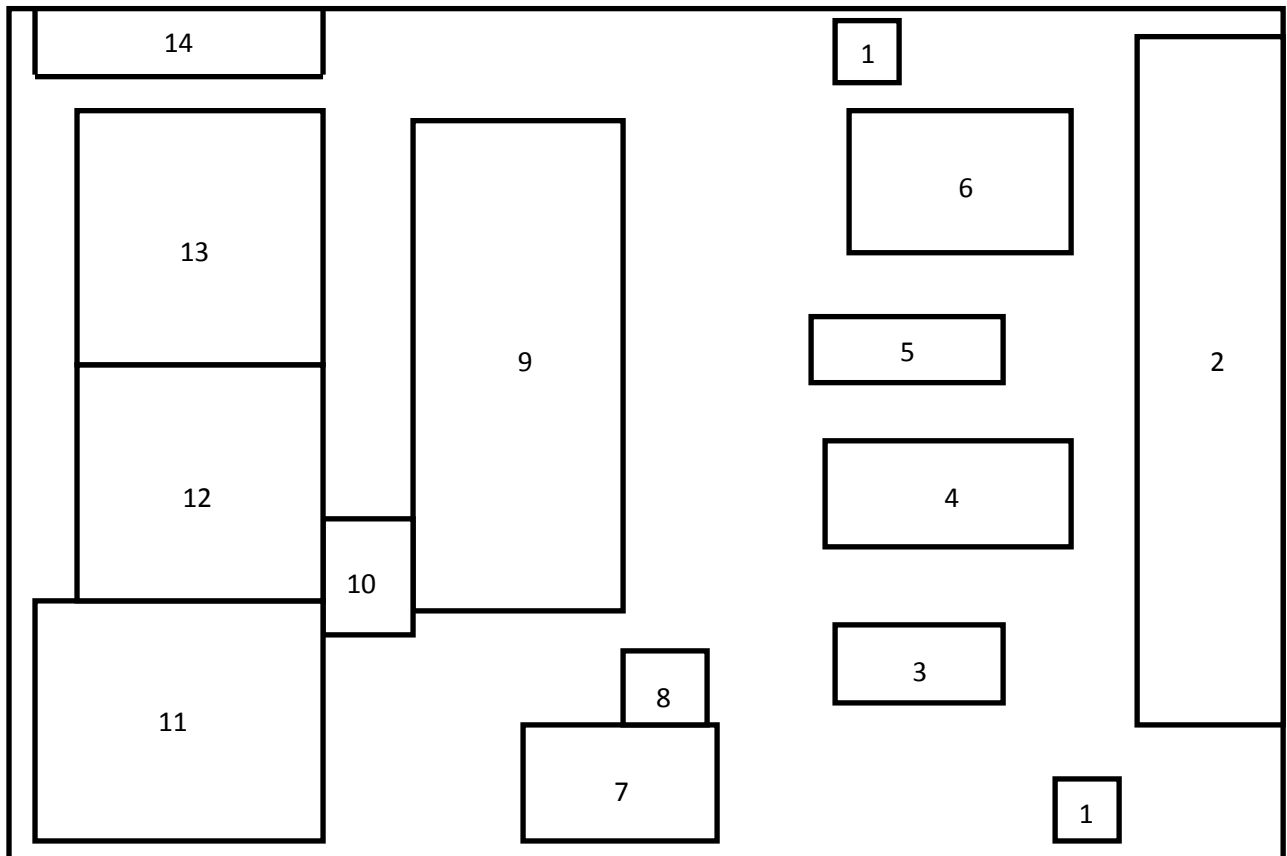
En la tabla 11.1 se muestran las áreas requerida por la planta y la superficie que requiere cada una de ellas. Por último, en la figura 11.2 se exhibe la distribución general de la planta, cabe destacar que la gráfica no se encuentra a escala, mientras que en el anexo se adjuntan los planos correspondientes.

Tabla 11.1: Área requerida por cada sector.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Dimensiones (m)	Área (m ²)
Puesto de control (2)	3 x 3	18
Estacionamiento	16 x 47,5	760
Comedor	5x5	25
Baños y vestuarios	18 x 10	180
Sala de control/Dpto de ingeniería y producción	14 x 6	84
Administración	14,85 x 15	222,75
Zona 100	23,93 x 41	981,13
Zona 200	7,4 x 9,3	68,82
Zona 300	7 x 14,37	100,59
Sala de caldera	9,7 x 15,7	152,29
Taller de mantenimiento	14,85 x 5,85	86,87
Laboratorio	6 x 6	36
Sector tanque producto terminado	15,9 x 9,6	152,64
Sector tanque de agua	15,9 x 10	159
Total construido		3027,09

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol



1. Puesto de control	8. Laboratorio
2. Estacionamiento	9. Sector 100
3. Comedor	10. Sala de caldera
4. Baños y vestuarios	11. Tanque de producto terminado
5. Sala de control/Dpto. de ingeniería y producción	12. Sector 200
6. Administración	13. Sector 300
7. Taller de mantenimiento	14. Sector tanque de agua

Figura 11.2: Distribución general de la planta.

Fuente: Elaboración propia.

12.2.1 Puesto de control

Para el ingreso se emplaza una barrera al paso y dos puestos de seguridad que, tienen en principal, la función de un control interno sobre la empresa. En una de las cabinas se controla el ingreso y el egreso del personal por medio de un reloj biométrico, y en la otra el ingreso de proveedores, clientes y visitas, como así también el transporte de materia prima y producto terminado.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Las paredes de este sector son de ladrillo común de 30 cm de 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.

12.2.2 Estacionamiento

El estacionamiento de la planta incluye un sector para motocicletas y bicicletas, para el cual se destinan los primeros 4 espacios del mismo, 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 34 autos, se optó por una orientación de 90° para cada vehículo. Para protección de los mismos, se emplean dos toldos impermeables con mallas tipo Dickson.

12.2.3 Comedor

El comedor tiene una superficie de 25 m², cuenta con una mesa 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 30 cm de ancho y 3 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.

12.2.4 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.

Las paredes del sector son de ladrillo común de 30 cm de ancho y 3 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.

Debido a que el personal debe utilizar la ropa adecuada para el trabajo diferente a la que emplearán al salir de la planta, los vestuarios disponen de ducha, y cuenta con casilleros propios para guardar sus objetos personales.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

12.2.5 Sala de control/Departamento de ingeniería y producción

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 30 cm de ancho por 3 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.

12.2.6 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 30 cm de ancho por 3 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.

12.2.7 Sector de producción

La zona de producción se encuentra a la intemperie y puede considerarse dividida de manera imaginaria en tres secciones: la zona de materia prima y recuperación de calor (zona 100), la zona de destilación reactiva (zona 200) y por último la zona de recuperación metanol/agua (zona 300).

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.

12.2.8 Sala de calderas

La sala de caldera se crea de acuerdo a las dimensiones de la caldera, que es el equipo que se dispone centralmente en el recinto. Las paredes del exterior están formadas por muros de hormigón armado de 45 cm de ancho y 12 m de alto revestidos con revoque grueso y fino y pintado con látex. Por requisitos de seguridad, el techo debe presentar una construcción de baja resistencia mecánica (como máximo la mitad de la resistencia de las paredes), ya que, en caso de explosión se pretende que este vuele, por lo que se dispone de una

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

construcción ligera de fibrocemento fácilmente desprendible en caso de siniestro. Además se instalan extractores eólicos sobre el mismo. 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. Las únicas aberturas disponibles son dos portones corredizos.

Adicionalmente, se ofrece un espacio para una oficina para el calderista y equipos adicionales, como pueden ser el ablandador de agua. La caldera se encuentra cerca de los equipos de destilación ya que ellos son los que requieren un mayor consumo de vapor

12.2.9 Taller de mantenimiento

Se cuenta con un taller de mantenimiento el cual contiene las distintas herramientas y equipos disponibles para el mantenimiento y arreglo de los equipos. 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 9 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 contiene una puerta hombre.

12.2.10 Laboratorios

Las paredes del laboratorio son de ladrillo común de 30 cm de ancho y 3 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, cuenta con estantes para colocar los elementos necesarios para realizar los diferentes tipos de ensayos y conservación de muestras.

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.

12.2.11 Almacenamiento de producto terminado

Los tanques de almacenamiento de producto terminado se encuentran a la intemperie, anexo al sector 200. El material que se va a utilizar para la construcción del piso es de

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

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 N°13

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

13.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se describirá de manera general las características de las instalaciones eléctricas y el requerimiento de potencia total de la empresa, el cual se determina considerando el consumo correspondiente a cada uno de los equipos que se encuentran involucrados en el proceso productivo y de los artefactos utilizados para la 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.

El parque industrial San Lorenzo cuenta con una estación transformadora de voltaje y líneas internas de suministro de energía eléctrica de baja y media tensión. Dicho servicio es provisto por la empresa EPESF (Empresa Provincial de la energía de Santa Fe).

13.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica son necesarios una serie de elementos que se detallan a continuación:

- Transformador
- Tableros eléctricos
- Tomacorrientes
- Conductores eléctricos
- Bandejas de cables
- Elementos de protección
- Generador de emergencia
- Pararrayos
- Corrector de factor de potencia
- Iluminación
- Iluminación de emergencia.

13.2.1 Transformador

Se utiliza para soportar los esfuerzos de cortocircuito externo, sobretensiones de impulso y maniobra, y para lograr una disipación óptima del calor. Está instalado en la subestación eléctrica y desde ahí se distribuye la electricidad hacia toda la planta.

13.2.2 Tableros eléctricos

Contienen los dispositivos necesarios para la operación, rastreo, protección y control de toda la instalación eléctrica. Permiten la distribución de la corriente a todos los sectores. Deben

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

construirse con materiales metálicos o plásticos que sean: no inflamables, no higroscópicos, que posean resistencia mecánica para soportar cargas y una baja constante dieléctrica. En los tableros, los circuitos se bifurcan y ordenan convenientemente. Éstos están formados por aparatos de maniobra, con llaves o conmutadores, aparatos de protección, como fusibles y llaves automáticas, aparatos de medición, como medidores de energía, amperímetros, voltímetros, etc. Son generalmente paneles verticales colocados dentro de cajas. La altura a la cual están ubicados debe permitir las operaciones de una persona.

Los tableros, clasificados desde el punto de vista de su operación son:

- Tablero principal: opera toda la instalación.
- Tablero seccional: opera circuitos.
- Tablero subseccional: opera solo una parte del circuito.

13.2.3 Tomacorrientes

Se llama de esta manera a las piezas que tienen como objetivo establecer y permitir una conexión segura entre la línea eléctrica y un enchufe de función complementaria que corresponde a un elemento de trabajo. Usualmente se encuentran en la pared de forma superficial o empotrada sobre ella, o también se los suele encontrar adaptados dentro de los tableros eléctricos, esto se da en el caso de ser sistemas trifásicos.

La potencia requerida para los tomacorrientes se calcula fijando los W de salida. Para oficinas y usos generales se usarán tomacorrientes del tipo monofásico para 150 y 300 W, mientras que en la zona de producción se colocan del tipo trifásico para 1000 W, ya que en este sector se requieren mayores necesidades energéticas.

13.2.4 Conductores eléctricos

Se encargan de la conducción de la energía eléctrica desde donde se produce hasta donde se va a utilizar.

Los metales habitualmente usados para la fabricación de cables son de cobre, aluminio o aleaciones de este último. Poseen un alambre central de material conductor, cuya sección está determinada por la corriente a conducir y limitada por el calentamiento y la caída de tensión que provoca.

Externamente poseen una cubierta de aislante térmica y eléctrica. Está cubierta es de material plástico, principalmente de policloruro de vinilo (PVC). Este tipo de material tiene la desventaja de endurecerse y volverse frágil a bajas temperaturas y ablandarse a altas, pero tiene la ventaja de retomar sus propiedades físicas a temperaturas normales. Una temperatura del orden de los 70 °C se considera la máxima recomendada, sin descartar que algunos tipos de plásticos pueden tolerar temperaturas del orden de los 100 °C.

13.2.5 Bandejas de cables

Las bandejas porta cables son conductos con o sin tapa removible, en las cuales se permite colocar conductores correspondientes a una o varias líneas.

- Podrán utilizarse en instalaciones a la vista, en el interior de edificios o a la intemperie.
- En canalizaciones a la intemperie o recintos de ambientes húmedos o mojados, los sistemas de bandejas deberán tener una pendiente mínima de 1% hacia los puntos del drenaje.
- Las bandejas podrán ser plásticas, metálicas o de otros materiales que reúnan las siguientes condiciones: ser no higroscópicas, poseer rigidez mecánica adecuada al uso y ser autoextinguibles.

13.2.6 Elementos de protección

Los circuitos eléctricos pueden tener fallas que provoquen daños letales al organismo de las personas. Es por ello que el circuito debe estar conectado a tierra, con lo cual, ante la abertura del circuito la corriente es derivada al suelo y se protege a la persona que está en contacto con la instalación. En una instalación industrial las carcasas de los equipos eléctricos, los accionamientos de los aparatos, los armazones de estructura y las partes metálicas de los cables deben estar conectados a tierra.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca es inferior a 0,50 m.

12.2.7 Generador de emergencia

La implementación de un generador eléctrico industrial es una alternativa perfecta ante una situación de emergencia, ya que el mismo otorga la corriente de luz necesaria logrando el funcionamiento sin parada imprevista en los equipos indispensables del proceso productivo de la planta, como así en la administración y en laboratorio.

12.2.8 Pararrayos

Es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizando el aire para excitar, llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones.

12.2.9 Corrector de factor de potencia

Debido a que la instalación está compuesta en su mayoría por motores e iluminación, se hace muy importante corregir el factor de potencia, ya sea por motivos económicos como así también para aumentar la eficiencia de la instalación.

Se habla de razones económicas ya que normalmente la empresa distribuidora aplica multas a aquellas industrias que poseen un factor de potencia menor a uno preestablecido y en algunos casos se premia al que lo tenga por encima de este.

12.2.10 Iluminación

El propósito de la iluminación en la industria es proporcionar una visibilidad eficiente y cómoda en el trabajo, así como ayudar a mantener un ambiente seguro. Para seleccionar la iluminación adecuada es necesario determinar: La tarea visual o tipo de trabajo que se va a desarrollar, la cantidad, la calidad y el tipo de iluminación de acuerdo con la tarea visual y los requerimientos de seguridad y comodidad, el equipo de alumbrado o luminarias que proporcionen la luz requerida.

Una buena iluminación presenta ventajas tanto para el trabajador como para la empresa. En el caso del trabajador, conserva su capacidad visual, evita la fatiga ocular y disminuye los accidentes. A la empresa le proporciona un aumento en la producción, disminuye el número de errores, facilita la limpieza y el mantenimiento, mejora la utilización del espacio, etc.

Más adelante se da un detalle de la cantidad y los tipos de luminaria a utilizar tanto en las partes interiores como en las exteriores de todo el proceso.

12.2.11 Iluminación de emergencia

Suministra iluminación a vías de evacuación, escaleras y en los casos de interrupción de servicio normal. Debe tomar energía de una conexión independiente y distinta a la del servicio principal y ser capaz de mantener la intensidad de 5 luxes por lo menos durante una hora.

13.3 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE PROCESO

En la tabla 13.1 se detalla el consumo de potencia de cada equipo por mes, considerando las horas de funcionamiento en un ciclo de producción de 345 días.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 13.1: Nivel de consumo de energía eléctrica de los equipos de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo	Potencia (kW)	Consumo Eléctrico (kWh)	
		Diario	Anual
P-102	0,75	18	6210
T-103	0,08	1,92	662,4
T-105	0,45	10,8	3726
P-106	1,5	36	12420
P-107	0,75	18	6210
P-110	0,75	18	6210
P-112	0,75	18	6210
K-114	52,95	1270,8	438426
P-202	0,75	18	6210
P-302	1,1	26,4	9108
P-303	0,25	6	2070
TE-403	1.5	36	12420
TE-404	280	6720	2318400
P-407	1,5	36	12420
P-408	0,75	18	6210
P-409	0,75	18	6210
P-410	30	720	248400
P-411	90	2160	745200
P-412	2,2	52,8	18216
P-413	0,75	18	6210
P-414	0,75	18	6210
P-415	2,2	52,8	18216
Total		11291,52	3895574,4

13.4 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El fundamento de la iluminación en la industria es brindar una visibilidad lo más eficiente y cómoda posible que permita realizar el trabajo en forma adecuada ayudando a mantener un ambiente seguro.

Una buena iluminación consigue disminuir accidentes de trabajo, protege la capacidad visual de los operarios y evita fatiga ocular. También es importante para realizar una correcta limpieza y mantenimiento de los distintos sectores y equipos.

13.4.1 Determinación del nivel de iluminación requerido para cada ambiente

Para determinar el nivel de iluminación necesario para cada sector, se tienen en cuenta las dimensiones de los mismos y el flujo luminoso necesario de acuerdo al trabajo que se realiza en él. El nivel de iluminación se mide en lux (lm/m^2) y surge del cociente del flujo luminoso (lumen) y el área de la superficie iluminada.

Los niveles mínimos de iluminación están dados por la ley 19.587 “Higiene y seguridad en el trabajo”, decreto 4160. En la tabla 13.2 se detallan estos valores.

Tabla 13.2: Nivel de iluminación necesario según la tarea a realizar.

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

Descripción de la 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

13.4.2 Adopción de tipos de luminarias para iluminación

Las lámparas necesarias para iluminación se adoptan teniendo en cuenta las siguientes factores: El consumo energético, la economía de instalación, el mantenimiento que debe realizarse como así también el nivel de iluminación, las dimensiones del sector y las actividades que se realicen allí. En la tabla 13.3 se especifican el tipo de lámpara adoptado para cada zona.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 13.3: Adopción de lámparas según el sector de la planta.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Tipo de lámpara	Luminosidad (lm)	Potencia (W)
Puesto de control	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2000	12
Comedor	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2000	12
Baños y vestuarios	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2000	12
Sala de control/Dpto. de ing. y producción	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2000	12
Administración	Luminaria LED Lutron Serie LOEN	2000	12
Sala de caldera	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17100	115
Taller de mantenimiento	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17100	115
Laboratorio	Luminaria LED Lutron Serie OSLO Modelo OSLO-17L	17100	115
Alumbrado exterior	Proyector LED Profesional SICA	7600	100

En la planta existe como se observa en la tabla anterior tanto iluminación interior en sectores cubiertos como exterior en sectores al aire libre. Para determinar la cantidad de lámparas requeridas para la iluminación interior se emplearán un conjunto de ecuaciones que a continuación se muestran mientras que para la iluminación exterior se adoptarán criterios de colocar proyectores de LED cada una cierta distancia, la cual será suficiente como para garantizar la correcta visualización de la planta en el turno noche, ya que las mismas funcionarán entre las 18:00 y 6:00 hs respectivamente.

13.4.3 Determinación de cantidad de luminarias requeridas

13.4.3.1 Iluminación interior

De acuerdo al nivel de iluminación deseado para cada área se calcula el número de lámparas necesarias empleando la ecuación 13.1.

$$N^{\circ}Lámparas = \frac{E * S}{F_M * F_U * L_L} \quad \text{Ecuacion 13.1}$$

Donde:

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

S es la superficie del sector a iluminar (m²).

F_M es el factor de mantenimiento.

F_U es el factor de utilización (de tablas).

L_L es el 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 13.2:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad \text{Ecuación 13.2}$$

Donde:

k es el índice del local.

a es el largo de la superficie.

b es el ancho de la superficie.

h es la altura de las lámparas.

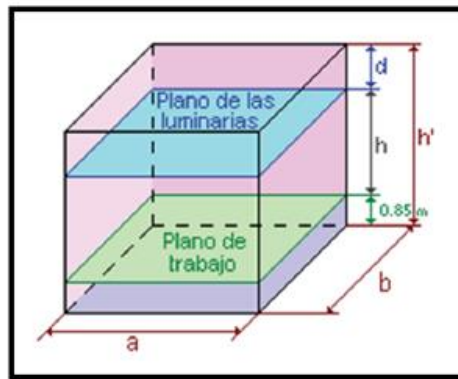


Figura 13.1: Dimensiones de los espacios.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

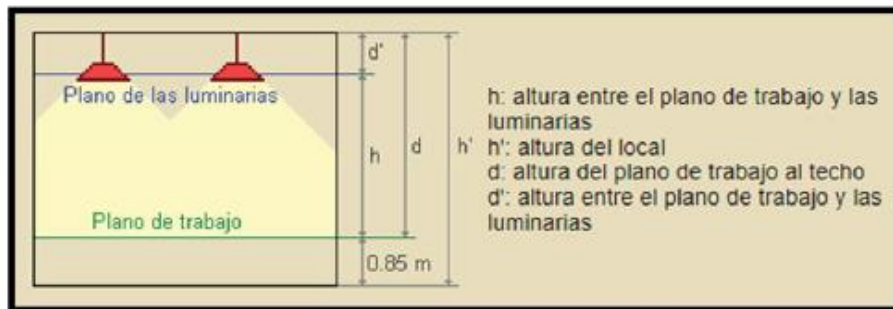


Figura 13.2a: Cálculo de la altura de la luminaria.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

Características del Área	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$

Figura 13.2b: Cálculo de la altura de la luminaria.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

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 13.4 se resumen estos valores. Se adopta un factor de reflexión de 0,5 para el techo y 0,3 para las paredes.

Tabla 13.4: Factor de reflexión según los colores de las superficies iluminadas.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,70
	Claro	0,50
	Medio	0,30
Paredes	Claro	0,50
	Medio	0,30
	Oscuro	0,10

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 13.3.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)																	
		Factor de reflexión del techo																	
		0.8			0.7			0.5			0.3			0					
		Factor de reflexión de las paredes																	
		0.5			0.3			0.1			0.3			0.1			0		
	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58						
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67						
	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72						
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77						
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81						
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85						
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88						
3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89							
$D_{max} = 0.7 H_m$ f_m .70 .75 .80	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92						
	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94						

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 13.3: Factor de utilización.

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

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 13.5: Descripción de la cantidad de lámparas en zonas cubiertas.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	E (lux)	S (m ²)	k	F _u	F _m	Luminosidad (lm)	N° lámparas
Puesto de control	100	9	0,70	0,62	0,9	2000	1
Comedor	100	25	1,16	0,81	0,9	2000	2
Baños y vestuarios	100	180	2,99	0,94	0,9	2000	11
Sala de control/Dpto. de ing. y producción	400	84	1,95	0,89	0,9	2000	21
Administración	400	222,75	3,47	0,94	0,9	2000	53
Sala de caldera	400	152,29	0,74	0,71	0,9	17100	6
Taller de mantenimiento	700	86,87	0,52	0,62	0,9	17100	7
Laboratorio	1500	36	1,40	0,84	0,9	17100	5

13.4.3.2 Iluminación exterior

El alumbrado exterior consiste en la colocación de proyectores LED en zonas cercanas a los límites del terreno adquirido del parque industrial y en las calles principales del recinto. En el capítulo anterior se describieron las características del terreno, y las medidas del mismo son de 120 metros de largo y 83 metros de ancho. Por ende, para determinar la cantidad de proyectores necesarios se adopta una distancia mínima recomendable de 15 metros entre cada uno de ellos para los límites del terreno. En la siguiente tabla resumen la cantidad de luminarias necesarias.

Tabla 13.6: Descripción de la cantidad de lámparas en zonas descubiertas.

Fuente: Elaboración propia.

Espacio a cubrir	Área (m)	Cantidad de proyectores LED
Perímetro del recinto	406	28
Calles principales del recinto	133	9
Total		37

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

13.4.4 Consumo energético total del sistema de iluminación

En la tabla 13.7 se detalla el consumo energético de las luminarias. Dado que no todas permanecen encendidas todo el día, se calcula a partir de las horas de funcionamiento el consumo que tendrán.

Tabla 13.7: Descripción del consumo energético del sistema de iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	N° lámparas	Potencia (W)	Frecuencia de uso (h/día)	Consumo diario (kWh)	Consumo anual (kWh)
Puesto de control (2)	2	12	24	0,58	198,72
Comedor	2	12	24	0,58	198,72
Baños y vestuarios	11	12	24	3,17	1092,96
Sala de control/Dpto. de ing. y producción	21	12	24	6,05	2086,56
Administración	53	12	8	5,09	1755,36
Sala de caldera	6	115	24	16,56	5713,2
Taller de mantenimiento	7	115	24	19,32	6665,4
Laboratorio	5	115	24	13,8	4761
Alumbrado exterior	37	100	12	44,4	15318
Total				109,54	37789,92

13.5 CONSUMO GLOBAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA

En la siguiente tabla se muestra la descripción del consumo global de energía eléctrica de la planta, el cual abarca los dos puntos descritos en el presente capítulo como son el consumo de los equipos y del sistema de iluminación.

Tabla 13.8: Consumo global de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de consumo	Consumo diario (kWh)	Consumo anual (kWh)
Equipos	11291,52	3895574,4
Iluminación	109,54	37789,92
Total	11401,06	3933364,32

CAPÍTULO N°14

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

14.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se ordena y sistematiza la información con un enfoque de carácter monetario para realizar un análisis que permite conocer la viabilidad del proyecto en un determinado período de tiempo y su rentabilidad en el mediano y largo plazo.

Se comienza con el cálculo de la inversión del capital y los costos totales. Posteriormente se determina la depreciación y amortización de la inversión inicial con la aplicación de indicadores financieros para determinar la rentabilidad del proyecto.

Se utilizan como métodos de evaluación el cálculo del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR), ambos métodos consideran el valor del dinero a través del tiempo.

El análisis se lleva a cabo considerando un volumen de producción constante durante el lapso de 10 años y una relación de cambio respecto al dólar de 60 ARS/U\$D.

14.2 INVERSIÓN TOTAL

La inversión total es el capital necesario para hacer frente al proyecto de producción de metóxido de sodio.

Las inversiones a ser llevadas a cabo pueden separarse en tres grupos:

- Activos fijos: son bienes tangibles que se utilizan en el proceso o son soporte a la operación normal del mismo. Dentro de ellos se encuentra: equipos; obras civiles; bombas, tuberías y accesorios; mobiliarios y elementos de oficina; rodados.
- Activos nominales: es toda aquella inversión realizada para la puesta en marcha del proyecto. Dentro de esta categoría se posiciona: supervisión del proyecto; capacitación; automatización; puesta en marcha; ingeniería de proyecto.
- Capital de trabajo: es el capital necesario para financiar la producción previo a recibir ingresos.

14.2.1 Activos fijos

Los bienes adquiridos como activos fijos permanecen en el periodo de la actividad de la empresa y son fundamentales para el desarrollo de la misma. Para determinar el costo de los activos fijos se considera:

- La cotización del dólar considerada fue de 60 ARS/U\$D.
- Los artículos producidos en el territorio nacional perciben el 21% como impuesto al valor agregado, según Ley Nacional N° 23346; mientras que para los artículos que son producidos en el exterior poseen un impuesto de 10.5%.
- El costo del flete es un 1.5% del valor del producto.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

14.2.1.1 Obras civiles

En esta sección se detalla el valor del terreno, infraestructura de planta y anexos. Se consulta a la empresa Gea Inmobiliaria el precio aproximado de terrenos ubicados en el parque industrial San Lorenzo, el cual es de 86.5 U\$/m² para un terreno de 10000 m².

El precio del m² para montaje industrial se consulta a la empresa Construcciones CR, cuyo valor es de 638 U\$/m².

Según el Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, el costo de construcción por m² para oficinas y vivienda es de 487 U\$/m².

El precio final por m² tanto en construcción industrial como oficinas/vivienda incluye piso, paredes, techo e instalaciones eléctricas, de agua y gas. En la tabla 14.1 se resumen los costos de obras civiles.

Tabla 14.1: Estimación de los costos de obra civil.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Superficie (m ²)	Precio (\$/m ²)	Costo (\$)	I.V.A. (21%)
Terreno	10000,00	5190,00	51.900.000,00	10.899.000,00
Zona 100: zona de materia prima y recuperación de calor.	981,00	38280,00	37.552.680,00	7.886.062,80
Zona 200: zona de destilación reactiva y producto terminado.	221,46		8.477.488,80	1.780.272,65
Zona 300: zona de recuperación metanol/agua.	100,59		3.850.585,20	808.622,89
Sector tanques de agua de proceso	159,00		6.086.520,00	1.278.169,20
Sala de control/Dpto de Ingeniería y Producción	84,00		3.215.520,00	675.259,20
Administración	150,00		5.742.000,00	1.205.820,00
Laboratorio	64,00		2.449.920,00	514.483,20
Sala de caldera	160,00		6.124.800,00	1.286.208,00
Taller de mantenimiento	90,00		3.445.200,00	723.492,00
Oficinas, comedor, baños y vestuarios	205,00		29220,00	5.990.100,00
Puesto de seguridad	18,00		525.960,00	110.451,60
Total			135.360.774,00	28.425.762,54

14.2.1.2 Equipos industriales, auxiliares y accesorios

En esta sección se consideran los equipos que están vinculados directamente a la producción de metóxido de sodio, como también servicios auxiliares, cañerías y accesorios. Como las unidades son de diseño y personalizadas, su costo depende no solo de las dimensiones, sino también de material de construcción y características específica de cada uno. Los precios se obtienen consultando directamente a fabricantes y a través de los

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

catálogos de productos. Los proveedores son: Bertotto Boglione, Alfa Laval, AGP Bombas, BioPrisa Torres de Enfriamiento, etc.

Se considera un costo del flete del 1.5% del costo unitario del equipo y el IVA es de 10.5% ya que se trata de bienes de capital.

En la tablas 14.2a, b, c, d y e se analizan los costos de los equipos industriales necesarios.

Tabla 14.2a: Estimación de los costos de equipos en Zona 100.

Fuente: Elaboración propia a través de interconsulta a proveedores.

Sector	Equipo	Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Zona 100	T-101	Tanque de almacenamiento de 150m ³ de acero al carbono	3	2.273.600,00	6.820.800,00	102.312,00	716.184,00
	T-103	Tanque mezclador de 10m ³ de acero al carbono	1	168.200,00	168.200,00	2.523,00	17.661,00
	T-105	Tanque mezclador de 5m ³ de acero inoxidable 316L	1	900.000,00	900.000,00	13.500,00	94.500,00
	P-102	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	P-106	Bomba centrífuga CMX-40/125B	1	96.240,00	96.240,00	1.443,60	10.105,20
	P-107	Bomba centrífuga LiquiFLO 621	1	282.000,00	282.000,00	4.230,00	29.610,00
	P-110	Bomba centrífuga LiquiFLO 620	1	270.000,00	270.000,00	4.050,00	28.350,00
	P-112	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	SL-104	Silo de polietileno	3	570.000,00	1.710.000,00	25.650,00	179.550,00
	I-108	Intercambiador de calor de casco y tubo de acero inoxidable	1	285.537,00	285.537,00	4.283,06	29.981,39
	I-111	Intercambiador de calor de placas de acero inoxidable	1	225.000,00	225.000,00	3.375,00	23.625,00
	I-113	Intercambiador de calor de casco y tubo de acero inoxidable	1	2.786.400,00	2.786.400,00	41.796,00	292.572,00
	K-114	Compresor	1	9.000.000,00	9.000.000,00	135.000,00	945.000,00

Tabla 14.2b: Estimación de los costos de equipos en Zona 200.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Equipo	Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Zona 200	C-201	Columna de destilación reactiva de acero 316L	1	42.000.000,00	42.000.000,00	630.000,00	4.410.000,00
	P-202	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	T-203	Tanque de almacenamiento de producto final de 100m ³	5	1.152.743,00	5.763.715,00	86.455,73	605.190,08
	I-204	Condensador de casco y tubo de acero inoxidable	1	3.662.152,50	3.662.152,50	54.932,29	384.526,01
	I-205	Rehervidor de tipo Kettle de acero inoxidable	1	427.687,50	427.687,50	6.415,31	44.907,19

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.2c: Estimación de los costos de equipos en Zona 300.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Equipo	Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Zona 300	C-301	Columna de destilación de acero inoxidable	1	14.303.509,50	14.303.509,50	214.552,64	1.501.868,50
	P-302	Bomba centrífuga CMX-40/125C	1	96.240,00	96.240,00	1.443,60	10.105,20
	P-303	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	I-304	Condensador de casco y tubo de acero inoxidable	1	10.789.411,50	10.789.411,50	161.841,17	1.132.888,21
	I-305	Rehervidor de tipo Kettle de acero inoxidable	2	3.802.687,50	7.605.375,00	114.080,63	798.564,38

Tabla 14.2d: Estimación de los costos en cañerías para toda la planta y material de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Cañería de 1" y accesorios	71	1.050,00	74.550,00	1.118,25	7.827,75
Cañería de 1-1/2" y accesorios	51	1.425,00	72.675,00	1.090,13	7.630,88
Cañería de 2" y accesorios	120	1.800,00	216.000,00	3.240,00	22.680,00
Cañería de 2-1/2" y accesorios	130	2.475,00	321.750,00	4.826,25	33.783,75
Cañería de 3" y accesorios	170	3.075,00	522.750,00	7.841,25	54.888,75
Cañería de 4" y accesorios	175	3.468,00	606.900,00	9.103,50	63.724,50
Cañería de 6" y accesorios	55	6.855,00	377.025,00	5.655,38	39.587,63
Cañería de 8" y accesorios	75	11.602,50	870.187,50	13.052,81	91.369,69
Cañería de 10" y accesorios	377	15.187,50	5.725.687,50	85.885,31	601.197,19
Cañería de 24" y accesorios	290	22.981,50	6.664.635,00	99.969,53	699.786,68
Material de vidrio para laboratorio	1	1.578.531,00	1.578.531,00	23.677,97	165.745,76
Cromatógrafo de gases Agilent 7890a	1	2.400.000,00	2.400.000,00	36.000,00	252.000,00
Karl Fischer para medición de humedad	1	180.000,00	180.000,00	2.700,00	18.900,00

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.2e: Estimación de los costos de equipos para servicios auxiliares.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Equipo	Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Servicios auxiliares: enfriamiento y producción de vapor.	T-401	Tanque de almacenamiento de agua de 180m ³ de plástico reforzado con fibra de vidrio.	2	1.115.325,00	2.230.650,00	33.459,75	234.218,25
	ABA-402	Ablandador de agua Twin	1	232.152,00	232.152,00	3.482,28	24.375,96
	TE-403	Torre de enfriamiento.	1	176.125,00	176.125,00	2.641,88	18.493,13
	TE-404	Torres modulares para enfriamiento en condensadores.	50	250.321,00	12.516.050,00	187.740,75	1.314.185,25
	T-405	Tanque de 35m ³ de polietileno virgen con protección UV.	2	353.000,00	706.000,00	10.590,00	74.130,00
	SG-406	Caldera Alborg D de Alfa Laval.	1	15.000.000,00	15.000.000,00	225.000,00	1.575.000,00
	P-407	Bomba sumergible AB-3	1	37.745,00	37.745,00	566,18	3.963,23
	P-408	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	P-409	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	P-410	Bomba centrífuga CS-80/200B	1	485.793,00	485.793,00	7.286,90	51.008,27
	P-411	Bomba centrífuga CS-80/200B	3	485.793,00	1.457.379,00	21.860,69	153.024,80
	P-412	Bomba centrífuga CMX-50/125C	1	111.900,00	111.900,00	1.678,50	11.749,50
	P-413	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	P-414	Bomba centrífuga CMX-32/125B	1	85.740,00	85.740,00	1.286,10	9.002,70
	P-415	Bomba centrífuga CMX-50/125C	1	111.900,00	111.900,00	1.678,50	11.749,50

En la tabla 14.3 se resume la información de las tablas anteriores con el valor total de cada zona.

Tabla 14.3: Resumen de costos totales en equipos y cañerías.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (10,5%)
Zona 100	22.715.657,00	340.734,86	2.385.143,99
Zona 200	51.939.295,00	779.089,43	5.453.625,98
Zona 300	32.880.276,00	493.204,14	3.452.428,98
Servicios auxiliares	33.408.654,00	501.129,81	3.507.908,67
Cañerías y laboratorio	19.610.691,00	294.160,37	2.059.122,56
Total	160.554.573,00	2.408.318,60	16.858.230,17

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

14.2.1.3 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 3 Autoelevadores y 4 transpaletas capaces de llevar cargas de hasta 2500kg.

Tabla 14.4: Costo de rodados para la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Denominación	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (21%)
Autoelevador	3	936.000,00	2.808.000,00	42.120,00	589.680,00
Transpaletas con capacidad hasta 2500 kg	4	26.475,00	105.900,00	1.588,50	22.239,00
Total			2.913.900,00	43.708,50	611.919,00

14.2.1.4 Mobiliario y elementos de oficina

En esta sección se consideran todos aquellos elementos que sin estar vinculados de forma directa con el proceso, son indispensables para el desarrollo del mismo. En la tabla 14.5 se tallan los valores para el rubro.

Tabla 14.5: Costo de mobiliarios para la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Artículo	N° Unidades	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)	Flete (\$)	I.V.A. (21%)
Computadoras de mesa	15	11.000,00	165.000,00	2.475,00	34.650,00
Notebook	4	20.000,00	80.000,00	1.200,00	16.800,00
Aire acondicionado	6	15.000,00	90.000,00	1.350,00	18.900,00
Escritorios	16	5.000,00	80.000,00	1.200,00	16.800,00
Escritorio de recepción	1	6.500,00	6.500,00	97,50	1.365,00
Mesa de sala de conferencias	1	25.000,00	25.000,00	375,00	5.250,00
Mesa de comedor	3	10.000,00	30.000,00	450,00	6.300,00
Sillas	27	1.500,00	40.500,00	607,50	8.505,00
Armario	2	4.000,00	8.000,00	120,00	1.680,00
Heladera	2	10.000,00	20.000,00	300,00	4.200,00
Microondas	2	4.500,00	9.000,00	135,00	1.890,00
Televisor	1	9.700,00	9.700,00	145,50	2.037,00
Proyector	2	20.000,00	40.000,00	600,00	8.400,00
Total			603.700,00	9.055,50	126.777,00

13.2.1.5 Resumen de activos fijos

En la tabla 14.6 se resumen los activos fijos involucrados en el proyecto. En la figura 14.1 se detallan los porcentajes relativos de cada categoría respecto del total de los activos.

Tabla 14.6: Costo de activos fijos de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Activo fijo	Costo (\$)	Porcentaje
Terreno	51.900.000,00	17,19%
Obra civil y construcción	83.460.774,00	27,65%
Maquinaria y equipos	160.554.573,00	53,18%
Rodados	2.913.900,00	0,97%
Mobiliario	603.700,00	0,20%
Flete	2.461.082,60	0,82%
Total	301.894.029,60	100,00%

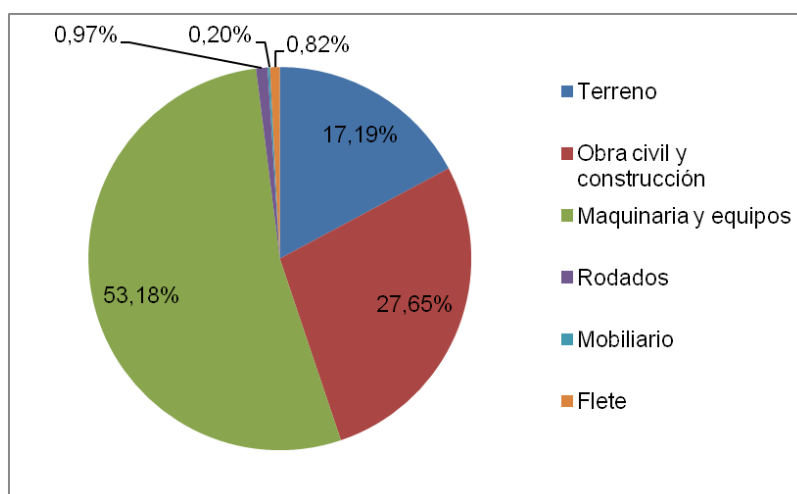


Figura 14.1: Porcentaje de activos fijos de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

14.2.2 Activos nominales

Los activos nominales o intangibles son aquellos que no tienen naturaleza física, siendo recursos muy valiosos para las empresas y pueden generar una gran ventaja competitiva si son correctamente gestionados. Proviene de los conocimientos, habilidades y actitudes de las personas y empresas. Hay muchos tipos de activos nominales tales como las patentes, marcas, derechos de autor, fondos de comercio, dominios de internet, franquicias, puesta en

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

marcha, capacitación, imprevistos, etc. A continuación se detallan los activos intangibles considerados en el proyecto.

14.2.2.1 Supervisión del proyecto

El costo de la supervisión de construcción del proyecto se estima en un 5% del costo de las obras civiles a realizar. Las tareas comprendidas son la dirección y administración de todas las obras de construcción e instalación de maquinarias y equipos.

14.2.2.2 Capacitación

Para dar el puntapié a la actividad industrial, es necesario de antemano formar y capacitar al personal. De esta forma cada empleado adquiere las herramientas y conocimientos de acuerdo al encuadre del puesto que corresponda. El primer año se realiza la capacitación inicial a todo el personal de la planta, mientras que en los años posteriores se realiza la capacitación al sector de producción. El monto se estima como un valor del 5% del costo total de las inversiones fijas (BACA URBINA, 2001).

14.2.2.3 Automatización industrial

El software de control utilizado para la automatización, a diferencia de los equipos que se requieren para la misma, se considera dentro de los activos intangibles. Se estima un valor del 10% del costo de las inversiones fijas (BACA URBINA, 2001).

14.2.2.4 Ingeniería de proyecto

Para establecer los valores de cálculo de esta categoría, se toma como referencia el decreto de Ley N° 4538, la cual establece honorarios por proyecto y dirección que serán proporcionales al costo total de la obra. En función de esto, se estima un 5% del costo total de las inversiones fijas para este monto.

14.2.2.5 Montaje e instalación de equipos

El costo del montaje de los equipos de una planta se considera como el 50% del costo total de maquinarias y equipos (BACA URBINA, 2001).

14.2.2.6 Puesta en marcha de la planta

El costo de la puesta en marcha se considera como el costo total de producción por un tiempo determinado, el cual es igual al tiempo de puesta en marcha más la venta del producto. El tiempo tomado de puesta en marcha es de un mes, el cual implica calibrar los equipos y ponerlos en régimen para obtener las condiciones de operación más favorables

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

permitiendo lograr una calidad y rendimiento establecido para el proceso (BACA URBINA, 2001).

14.2.2.7 Resumen de los activos nominales

En la tabla 14.7 se expresan los costos de los diferentes activos nominales y en la figura 14.2 se representa gráficamente el porcentaje relativo de cada categoría.

Tabla 14.7: Costo de activos nominales de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Activo fijo</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Porcentaje</i>
Supervisión del proyecto	4.173.038,70	1,86%
Capacitación	15.094.701,48	6,72%
Automatización	30.189.402,96	13,44%
Ingeniería de proyecto	15.094.701,48	6,72%
Montaje e instalación de equipos	80.277.286,50	35,73%
Puesta en marcha	79.856.183,93	35,54%
Total	224.685.315,05	100,00%

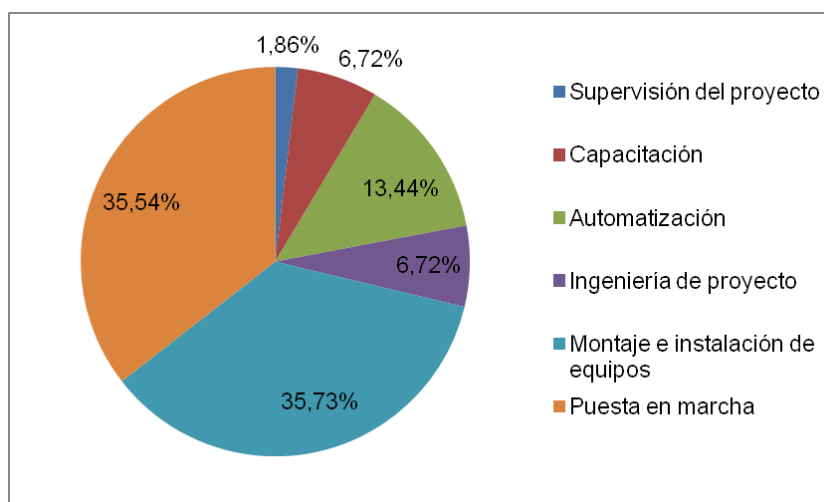


Figura 14.2: Porcentaje de activos nominales de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

14.2.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo, también conocido como activos corrientes se define como el gasto necesario para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, entendiéndose al ciclo productivo como el proceso que se inicia con el primer desembolso para cancelar los

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

insumos de la operación y termina con la venta de dichos insumos en forma de producto terminado.

Dicha inversión debe garantizar la disponibilidad de recursos para la compra de materia prima y para cubrir costos de operación durante el tiempo requerido para la recuperación del efectivo (Ciclo de efectivo: Producir – vender – recuperar), de modo que se puedan invertir nuevamente. El efectivo inicial requerido puede determinarse a través del estudio de mercado, identificando como pagan los clientes, como cobran los proveedores y estableciendo las ventas mensuales esperadas. En este caso para estimar el capital de trabajo necesario se toma como un ciclo productivo de 30 días (o un mes) ya que de esta manera se abonaría al personal la remuneración mensual.

Tabla 14.8: Resumen de costos del capital de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Capital de trabajo</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Porcentaje</i>
Materia prima	49.097.664,00	68,98%
Insumos	16.942.867,20	23,80%
Mano de obra directa	2.314.956,52	3,25%
Mano de obra indirecta	1.422.469,57	2,00%
Servicio de limpieza	1.312.582,74	1,84%
Gastos de comercialización	89.966,99	0,13%
Total	71.180.507,02	100,00%

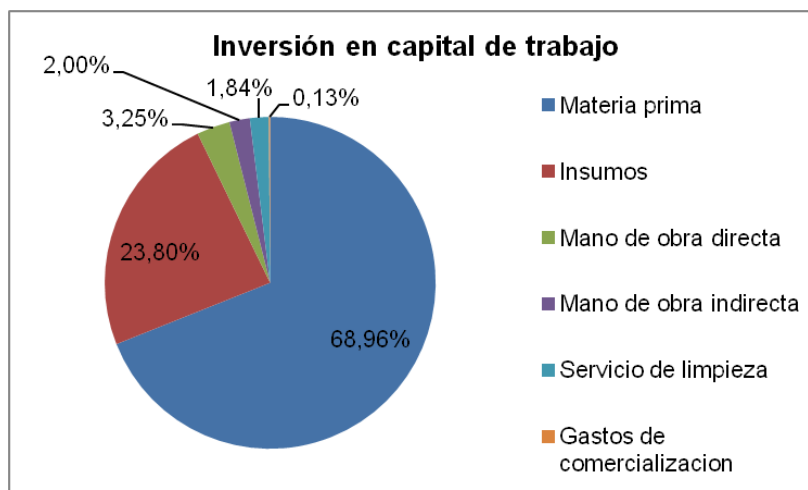


Figura 14.3: Resumen de costos del capital de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

14.2.4 Inversión total del proyecto

Estimadas las tres aristas de la inversión, solo queda sumarlas para obtener el capital necesario para concretar el proyecto y comenzar con la actividad industrial. Esta inversión calculada se expresa en la tabla 14.9 y es la que se tendrá en cuenta al momento de valorar los costos financieros, ya que este capital se obtendrá a través de financiación externa. En la figura 14.4 se representa gráficamente la composición porcentual de la inversión total del proyecto.

Tabla 14.9: Inversión total necesaria del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Categoría</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Porcentaje</i>
Activos fijos	301.894.029,60	44,26%
Activos nominales	224.413.935,85	32,90%
Capital de trabajo	71.180.505,00	10,44%
IVA	84.540.005,81	12,40%
Total	682.028.476,26	100,00%

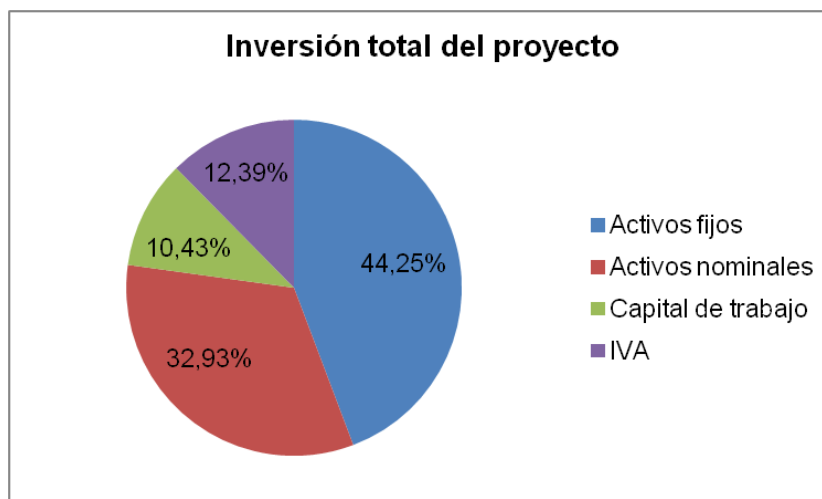


Figura 14.4: Composición porcentual de la inversión total del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

14.3 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN

Los costos totales de producción o de operación son los gastos necesarios para mantener una línea de producción y equipos en funcionamiento. Se dividen en:

- Costos de fabricación (gastos directos, indirectos y fijos).
- Costos generales (gastos de administración, distribución, marketing, etc.)

En la tabla 14.10 se visualizan los diferentes costos totales de producción.

Tabla 14.10: Costos totales de producción.

Fuente: Elaboración propia.

COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN	COSTOS DE FABRICACIÓN	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN	• Materia prima
			• Insumos
			• Mano de obra directa
		COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN	• Servicios auxiliares
			• Mano de obra indirecta
			• Mantenimiento de equipos
	COSTOS FIJOS	• Servicio de limpieza de planta	
		• Materiales indirectos	
		• Seguros e impuestos	
COSTOS GENERALES	• Amortización y depreciación.		
	• Gastos en administración		
	• Gastos en comercialización		
		• Gastos en financiación	

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

14.3.1 Costos directos de producción

Estos costos intervienen de manera directa en la realización y producción de metóxido de sodio en metanol, afectando de manera inmediata a la determinación del precio final de un producto. Están compuestos por materia prima e insumos, salarios de los operarios involucrados en la producción (mano de obra directa) y los insumos energéticos empleados (servicios auxiliares).

14.3.1.1 Materia prima

La materia prima es el metanol, y proviene directamente desde la planta de producción de metanol a partir de glicerina radicada en proximidades a la planta. No se incluyen costos de transporte ya que es bombeada directamente desde los tanques de almacenamiento ubicados en la planta anteriormente mencionada, hacia el presente proyecto. En la tabla 14.11 se detalla el costo de materia prima requerida. El consumo de metanol va en aumento desde el año 1 hasta el año 6, dado que la producción de metóxido de sodio aumenta gradualmente hasta llegar al máximo de la capacidad operativa de la planta, en el año 7 del proyecto.

Tabla 14.11: Costo anual de materia prima.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Materia prima	Cantidad requerida (t/año)	Precio Unitario (\$/t)	Costo total (\$/t)
1	Metanol	34.853,28	16.200,00	564.623.136,00
2		37.902,94		614.027.660,40
3		40.952,60		663.432.184,80
4		44.002,27		712.836.709,20
5		47.051,93		762.241.233,60
6		50.101,59		811.645.758,00
7 al 10		52.279,92		846.934.704,00

14.3.1.2 Insumos

El insumo necesario para la producción de metóxido de sodio es el hidróxido de sodio sólido que luego será diluido al 50% p/p para reaccionar en la columna de destilación reactiva C-201. El mismo proviene en camiones a la planta, en la tabla 14.12 se incluye el gasto total considerando un precio del flete de 1.5% del total. El consumo de hidróxido de sodio sólido aumenta desde el año 1 hasta el año 7, año a partir del cual la planta alcanza la totalidad de producción.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.12: Costo anual de hidróxido de sodio sólido.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Materia prima	Cantidad requerida (t/año)	Precio Unitario (\$/t)	Costo flete (\$)	Costo total (\$/t)
1	Hidróxido de sodio	8.887,20	21.600,00	324,00	194.842.972,80
2		9.664,83			211.891.732,92
3		10.442,46			228.940.493,04
4		11.220,09			245.989.253,16
5		11.997,72			263.038.013,28
6		12.775,35			280.086.773,40
7 al 10		13.330,80			292.264.459,20

14.3.1.3 Servicios auxiliares

Según el capítulo de servicios auxiliares, se detalla:

- Servicio de gas natural: suministrado y distribuido por la empresa Litoral Gas S.A., el consumo se calcula en función de la tarifa por categoría de la planta y se adopta un consumo constante anual.
- Servicio de electricidad: la empresa que suministra electricidad es EPE Energía de Santa Fe y se tiene como consideración la infraestructura que posee el parque industrial San Lorenzo.
- Servicio de agua de red: se suministra agua al parque industrial mediante una red de distribución de la empresa Aguas Santafesinas S.A. y se aplican tarifas correspondientes al tipo de planta y por consumo.

Tabla 14.13: Costo anual de servicios auxiliares.

Fuente: Elaboración propia.

Servicio auxiliar	Consumo anual	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo anual total (\$)
Energía eléctrica	3.933.634,00	kWh	7,22	28.381.169,31
Gas natural	9.750.125,00	m ³	5,32	51.880.415,13
Agua de red	1.750,00	m ³	3,27	5.722,50
TOTAL				80.267.306,94

14.3.1.4 Mano de obra directa

En la tabla 14.14 se detallan los costos de mano de obra directa, siendo aquellos los que están ligados directamente al proceso.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.14: Costo anual de mano de obra directa.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Cargo	Cantidad	Jornal por hora (\$)	Costo anual (\$)	Cargas sociales (45%) (\$)	Costo anual total (\$)
Producción	Operario	27	125,00	9.180.000,00	4.131.000,00	13.311.000,00
	Servicios Auxiliares	9		3.060.000,00	1.377.000,00	4.437.000,00
Calidad	Analista	6		2.040.000,00	918.000,00	2.958.000,00
Mantenimiento	Operario	12		4.080.000,00	1.836.000,00	5.916.000,00
TOTAL						26.622.000,00

14.3.1.5 Resumen de costos directos de producción

En la tabla 14.15 se resumen los costos directos de producción a lo largo de un año de máxima capacidad operativa de la planta, con su respectiva composición porcentual, y en la figura 14.5 se representa mediante un gráfico circular dichos valores porcentuales.

Tabla 14.15: Costos fijos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

Costo directo de producción	Costo anual (\$)	Porcentaje
Materia prima	846.934.704,00	67,97%
Insumos	292.264.459,20	23,45%
Servicios auxiliares	80.267.306,94	6,44%
Mano de obra directa	26.622.000,00	2,14%
Total	1.246.088.470,14	100,00%

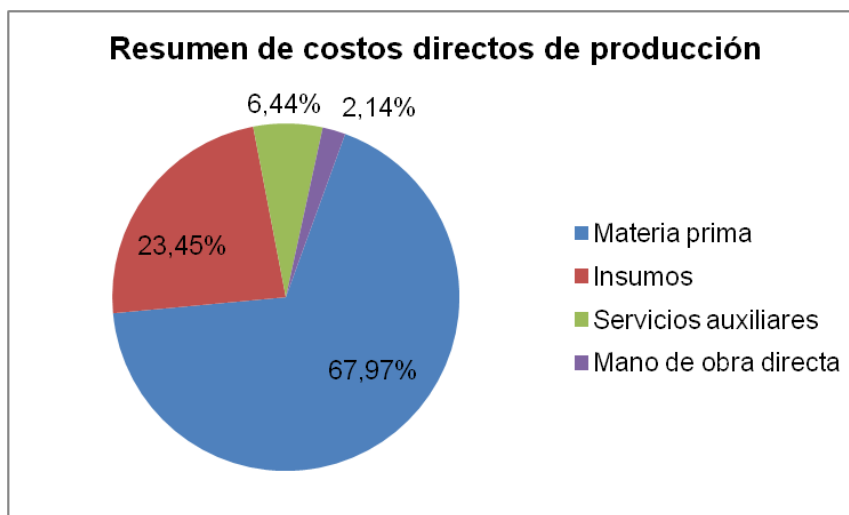


Figura 14.5: Composición porcentual de costos directos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

14.3.2 Costos indirectos de producción

Los costos indirectos de producción hacen referencia a todos aquellos gastos que debe realizar una empresa para lograr la producción establecida. Cualquier gasto que no sea el costo directo de mano de obra ni el costo directo de los materiales, es considerado una forma de gasto general. Dentro de estos costos se incluye la mano de obra indirecta, los gastos de mantenimiento de equipos y el servicio de limpieza.

14.3.2.1 Mano de obra indirecta

Es el monto de salarios y cargas sociales asociada a los empleados que aunque trabajen en planta, no se relacionan directamente con el proceso productivo. Se tienen en cuenta los jefes de cada sector, gerentes, asistentes administrativos, etc. Las cargas sociales se consideran de 28%, y en los sueldos se incluye el valor del aguinaldo.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.16: Costo anual de mano de obra indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Cargo	Cantidad	Sueldo mensual básico (\$/mes)	Carga social (\$/mes)	Costo total mensual (\$/mes)	Costo total anual (\$/año)
Gerencia general	Gerente general	1	90.000,00	25.200,00	115.200,00	1.382.400,00
Compras	Gerente de compras	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Auxiliar de compras	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00	614.400,00
Producción	Jefe de producción	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Supervisor de producción	3	50.000,00	14.000,00	192.000,00	2.304.000,00
Calidad	Jefe de calidad	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Encargado de laboratorio	1	50.000,00	14.000,00	64.000,00	768.000,00
Mantenimiento	Jefe de mantenimiento	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
Marketing	Gerente	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Auxiliar de marketing	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00	614.400,00
Ventas	Gerente de ventas	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Vendedor	3	40.000,00	11.200,00	153.600,00	1.843.200,00
Administración	Gerente de administración	1	65.000,00	18.200,00	83.200,00	998.400,00
	Auxiliar de facturación	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00	614.400,00
	Auxiliar de contabilidad	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00	614.400,00
	Auxiliar de R.R.H.H.	1	40.000,00	11.200,00	51.200,00	614.400,00
Total anual						16.358.400,00

14.3.2.2 Mantenimiento y limpieza de planta

En esta sección se consideran los gastos en mantenimientos de equipos tanto preventivo como correctivo y el servicio de limpieza de planta. Cada uno de ellos se estima como el 5% del total de los activos fijos. En la tabla 14.17 se resumen dichos gastos.

Tabla 14.17: Resumen de costo de mantenimiento de equipos y limpieza de planta.

Fuente: Elaboración propia.

Sector	Costo anual (\$)	Porcentaje
Mantenimiento de equipos	15.094.701,48	50,00%
Servicio de limpieza de planta	15.094.701,48	50,00%
TOTAL	30.189.402,96	100%

14.3.2.3 Resumen de costos indirectos de producción

En la tabla 14.18 se resumen los costos indirectos de producción a lo largo de un año con su respectiva composición porcentual, y en el gráfico de la figura 14.6 se representan dichos valores porcentuales.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.18: Resumen de costos indirectos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Costo indirecto de producción</i>	<i>Costo anual (\$)</i>	<i>Porcentaje</i>
Mano de obra indirecta	16.358.400,00	35,14%
Mantenimiento de equipos	15.094.701,48	32,43%
Servicio de limpieza de planta	15.094.701,48	32,43%
Total	46.547.802,96	100,00%

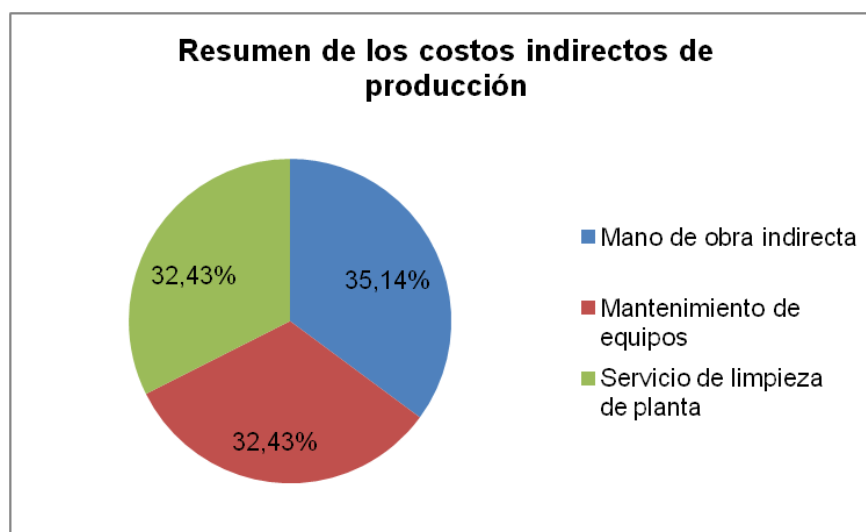


Figura 14.6: Resumen de costos indirectos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

14.3.3 Costos fijos indirectos

Dentro de estos costos se incluyen los costos de amortización y depreciación de los activos, y los seguros e impuestos.

14.3.3.1 Amortizaciones y depreciaciones

Las amortizaciones son las reducciones en el valor de los activos para reflejar en el sistema de contabilidad las reducciones de valor en el precio del mercado. Con la amortización, los costos de hacer una inversión se dividen entre todos los años del uso de esa inversión.

Las amortizaciones se aplican a los activos fijos intangibles y representan el proceso financiero mediante el cual se extingue una deuda por medio de pagos periódicos. Y las depreciaciones se aplican a los activos fijos tangibles y representa el desgaste debido al uso, al paso del tiempo y la antigüedad del activo.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

En la estimación de los costos de amortización se utiliza, adicionalmente, el decreto N° 873/1997 que fija la vida útil de los bienes considerados:

- Edificios: 50 años.
- Instalaciones: 10 años.
- Maquinarias y equipos: 10 años.
- Muebles y útiles: 10 años.
- Rodados: 5 años.

Fijada la vida útil de cada rubro, puede extraerse de este dato la tasa lineal de depreciación de un bien. De esto se desprende que al finalizar el proyecto estipulado (a los diez años), algunos bienes tendrán un valor nulo o residual, dependiendo del caso.

Tabla 14.19: Resumen de amortizaciones y depreciaciones.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Categoría</i>	<i>Inversión realizada (\$)</i>	<i>Tasa (%)</i>	<i>Depreciación/amortización anual (\$)</i>
Terreno	51.900.000,00	3%	1.557.000,00
Obras civiles	83.460.774,00	10%	8.346.077,40
Equipos	160.554.573,00		16.055.457,30
Bombas y accesorios			60.370,00
Mobiliario	603.700,00	20%	582.780,00
Rodados	2.913.900,00		
TOTAL			26.601.684,70

14.3.3.2 Seguros e impuestos

La Ley N° 11.525 de Parques y Áreas Industriales y la Ley N° 8.478 de Promoción Industrial de la Provincia de Santa Fe, otorgan a las empresas que se radiquen en Parques Industriales, importantes beneficios y exenciones impositivas de hasta el 100% de los impuestos provinciales, por un período de hasta 10 años:

- Impuesto sobre los ingresos brutos.
- Impuesto inmobiliario.
- Patente automotor.
- Impuesto de sellos.

Si bien la planta cuenta con estos beneficios impuestos por el parque industrial, se debe abonar un alquiler de \$ 35.000 mensual por los servicios brindados. Con respecto a los seguros, se estima un 5% de la inversión en activos fijos, siendo el monto a abonar en materia de seguros de \$ 15.094.701.

14.3.3.3 Resumen de los costos fijos indirectos

En la tabla 14.20 se resumen los costos fijos indirectos a largo de un año con los respectivos porcentajes que corresponden a cada tipo de costo, y posteriormente un gráfico circular en el que se representan dichos valores porcentuales. Estos costos permanecen constantes a lo largo de los 10 años que dura el proyecto.

Tabla 14.20: Resumen de costos fijos indirectos.

Fuente: Elaboración propia.

Costo fijo indirecto	Costo anual(\$)	Porcentaje
Amortización y depreciaciones	26.601.684,70	63,16%
Seguros e impuestos	15.514.701,48	36,84%
Total	42.116.386,18	100,00%

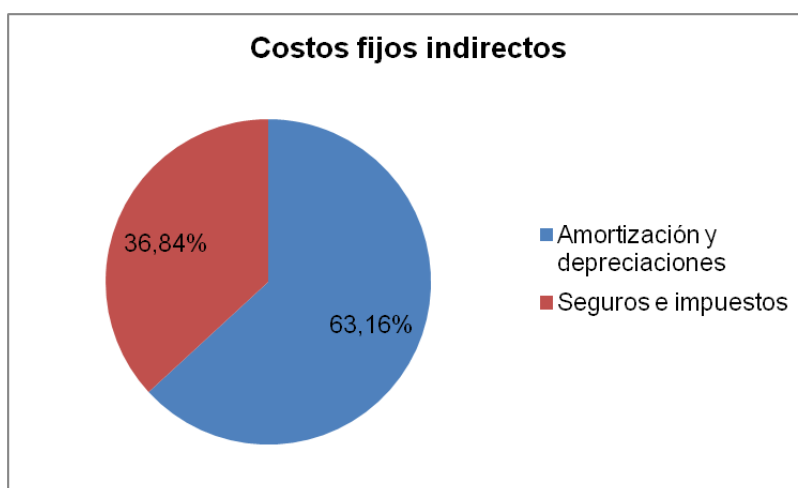


Figura 14.7: Resumen de costos fijos indirectos.

Fuente: Elaboración propia.

14.3.4 Costos generales

Los gastos generales son aquellos en los que incurre la empresa que no están directamente vinculados a una función elemental como la fabricación, producción o ventas. Están relacionados con la organización en su conjunto en lugar de un departamento individual. Dentro de estos gastos se encuentran los gastos de administración, comercialización y financiación. En esta sección se expresan los dos primeros mientras que el costo de financiación se expresa en la sección posterior correspondiente al estado de resultados.

Los costos mencionados se estiman como:

- Gastos administrativos: es el 0.5% del costo total anual de producción.
- Gastos de comercialización: es el 0.1% del costo total anual de producción.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

El costo total anual de producción va en aumento año tras año debido a que la producción desarrolla un crecimiento año tras año hasta llegar a la producción máxima en el año 7 del proyecto. En la tabla 14.21 se resumen los costos generales que corresponden a cada año del proyecto. En la figura 14.8 se representan gráficamente los porcentajes que componen estos costos.

Tabla 14.21: Resumen de costos generales.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Costos generales	Costo anual (\$)	Total anual (\$)	Porcentaje
1	Gastos administrativos	5.173.012,31	6.207.614,77	83,33%
	Gastos de comercialización	1.034.602,46		16,67%
2	Gastos administrativos	5.107.354,71	6.128.825,65	83,33%
	Gastos de comercialización	1.021.470,94		16,67%
3	Gastos administrativos	5.439.621,13	6.527.545,36	83,33%
	Gastos de comercialización	1.087.924,23		16,67%
4	Gastos administrativos	5.771.887,55	6.926.265,06	83,33%
	Gastos de comercialización	1.154.377,51		16,67%
5	Gastos administrativos	6.104.153,97	7.324.984,77	83,33%
	Gastos de comercialización	1.220.830,79		16,67%
6	Gastos administrativos	6.421.985,78	7.706.382,94	83,33%
	Gastos de comercialización	1.284.397,16		16,67%
7 a 10	Gastos administrativos	6.644.943,69	7.973.932,43	83,33%
	Gastos de comercialización	1.328.988,74		16,67%

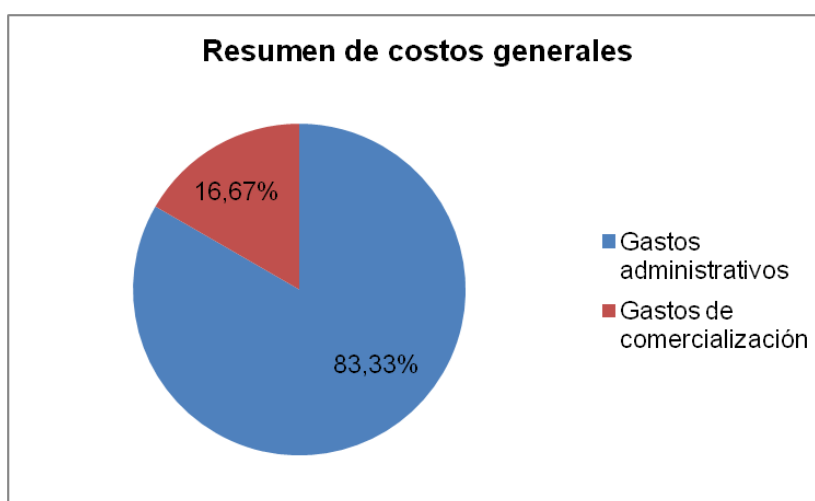


Figura 14.8: Composición porcentual de los costos generales.

Fuente: Elaboración propia.

14.4 COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO DEL METÓXIDO DE SODIO PRODUCIDO

El costo unitario es el valor promedio que, a cierto volumen de producción, cuesta producir un kilogramo de metóxido de sodio al 30% en metanol. Se obtiene dividiendo el costo total de producción (suma total de costos fijos y variables) por la cantidad total producida. Donde se expresa el costo unitario en \$/kg (pesos por kilogramo). En la ecuación 14.1 se detalla el cálculo del costo unitario del producto obtenido.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costos Fijos} + \text{Costos variables}}{\text{Total de unidades}} = \frac{\text{Costos totales de producción}}{\text{Total de unidades}}$$

En la tabla 14.21 se resume el costo total de producción a lo largo de los 10 años, el volumen de producción aumenta gradualmente hasta el año 7 a partir del cual la producción anual llega al máximo de 60000 tn anuales, y el costo unitario por tonelada de metóxido producida.

Tabla 14.21: Costo unitario de producción de metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Año</i>	<i>Costo total de producción (\$)</i>	<i>Volúmen de producción (tn)</i>	<i>Costo unitario (\$/tn)</i>
1	1.377.692.426,84	40.000,00	34.442,31
2	1.364.013.744,05	43.500,00	31.356,64
3	1.430.184.876,92	47.000,00	30.429,47
4	1.496.047.103,03	50.500,00	29.624,70
5	1.561.460.273,47	54.000,00	28.915,93
6	1.623.316.410,55	57.500,00	28.231,59
7	1.665.134.963,32	60.000,00	27.752,25
8	1.660.714.895,02	60.000,00	27.678,58
9	1.654.289.471,42	60.000,00	27.571,49
10	1.644.948.876,30	60.000,00	27.415,81

14.5 INGRESOS POR VENTAS

Son los montos de dinero percibidos por las ventas del producto. De acuerdo al estudio de mercado y a investigaciones se obtiene que el precio del metóxido de sodio al 30% en metanol data de \$ 41.220 por tonelada. Dicho valor se considera constante a lo largo del ciclo económico de 10 años. En la tabla 14.21 se resumen los ingresos por ventas.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.22: Ingresos por ventas durante el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Producto	Cantidad (tn)	Precio unitario (\$/tn)	Ingreso anual (\$)
1	Metóxido de sodio al 30% en metanol.	40.000,00	41.220,00	1.648.800.000,00
2		43.500,00		1.793.070.000,00
3		47.000,00		1.937.340.000,00
4		50.500,00		2.081.610.000,00
5		54.000,00		2.225.880.000,00
6		57.500,00		2.370.150.000,00
7 al 10		60.000,00		2.473.200.000,00

14.6 FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

La financiación es la contribución de dinero o crédito a una empresa, que requiere para comenzar con la actividad de un proyecto.

Para el proyecto en cuestión el capital aportado para la inversión es a través de un crédito bancario del Banco Nación Argentina, con una TNA de 38% y sistema de amortización francés.

En el sistema francés la cuota que se abona está constituida por dos componentes: una parte destinada a la amortización del capital y otra en concepto de interés, por el uso del capital prestado. En este sistema se mantiene constante la cuota total, variando la proporción de capital e intereses de cada cuota. En las primeras cuotas se amortiza proporcionalmente menos capital que en las últimas, o dicho de otra manera, generalmente en las primeras cuotas se pagan más intereses que capital. Esto es función de la tasa de interés pactada: cuanto mayor es la tasa menor será la proporción de capital cancelado en las primeras cuotas.

Para el cálculo de la cuota se utiliza la ecuación 14.2 y 14.3:

$$TEM = \frac{(TNA*30)}{100*360} \quad \text{Ecuación 14.2}$$

$$Cuota = \frac{(1+TEM)^n}{(1+TEM)^{n-1}} \quad \text{Ecuación 14.3}$$

Donde TNA es la tasa de interés pactada con el banco, tomada en 38% y el TEM es la tasa efectiva mensual tomada como el interés mensual, y n es el período de 10 años tomado en

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

meses, es decir 120 meses. En la tabla 14.23 se resume los pagos anuales del crédito otorgado.

Tabla 14.23: Pagos anuales del crédito otorgado.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Monto total del crédito (\$)</i>		682.028.476,72
<i>Entidad bancaria</i>		Banco de la Nación Argentina
<i>Sistema de amortización</i>		Francés
<i>TNA</i>		38,00%
<i>Número de cuotas</i>		120,00
<i>Año</i>	<i>Cuota</i>	<i>Intereses</i>
1	336.882.350,51	258.590.488,86
2	336.413.977,05	256.969.524,24
3	335.733.105,70	254.613.138,87
4	334.743.327,59	251.187.677,27
5	333.304.493,79	246.208.106,77
6	331.212.870,77	238.969.338,57
7	328.172.292,44	228.446.389,88
8	323.752.224,14	213.149.250,04
9	317.326.800,54	190.911.900,61
10	307.986.205,42	158.585.615,12

14.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En un proyecto es muy importante analizar la viabilidad y rentabilidad del mismo, dado que, al formar una empresa se debe invertir cierto capital, el cual se espera recuperar a lo largo de un tiempo determinado. Esta rentabilidad debe ser mayor, al menos, que una inversión de poco riesgo (como pueden ser plazos fijos, letras del estado, entre otros).

Existen muchos índices que indican la rentabilidad de un proceso. Dos de los más utilizados son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Ambos se basan en el mismo concepto, que es la estimación de flujos de caja futuros de la empresa, a través de la simplificación de ingresos menos gastos netos.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Antes de proceder a la estimación de estos índices, se calcula el estado de resultados, el cual será necesario para el cálculo de los indicadores antes mencionados.

14.7.1 Estado de los resultados

El estado de resultados, conocido también como estado de ganancias y pérdidas, es un estado financiero plasmado en un documento en el cual se muestra de manera detallada y minuciosa todos los ingresos, gastos, así como el beneficio o pérdida que se genera en una empresa durante un período de tiempo determinado.

Gracias al estado de resultados, una empresa cuenta con una mejor visión financiera, pudiendo prevenir y actuar de antemano, pues puede realizar previsiones en base a los resultados que se obtienen a través de este análisis.

Existen algunos conceptos del estado de resultados que es conveniente conocer para comprenderlo, destacando los principales componentes:

- Ingresos por ventas: se refiere a los ingresos totales percibidos por las ventas realizadas en ese periodo concreto.
- Costo de producción de lo vendido: cuanto le costó a la empresa el artículo que vende.
- Utilidad operativa: diferencia entre ventas y coste de ventas, indicando que gana la empresa, en bruto, con el producto vendido.
- Gastos administrativos, comerciales y de financiación: los gastos administrativos son aquellos reconocidos a las actividades administrativas globales de la empresa (gastos de papelería y suministros de oficina, por ejemplo). Los gastos comerciales son aquellos necesarios para la venta de un bien o un servicio, y que incluye gastos como marketing, publicidad, comisiones, entre otros. En gastos financieros incurre una empresa al financiarse con terceros (costo del capital) y que suponen la amortización del capital solicitado junto a los intereses fijados.
- Depreciaciones y amortizaciones: resulta de sustraerle a la utilidad operativa las depreciaciones y los gastos administrativos, comerciales y de financiación.
- Impuesto a las ganancias: se consideran el 35% de la utilidad antes del impuesto.
- Utilidad neta o flujo efectivo neto: es la ganancia o pérdida final que la empresa obtiene después de la actividad y resulta de adicionarle las depreciaciones de la utilidad después de los impuestos.

En las tablas 14.24a y 14.24b se detalla el estado de los resultados para un período de 10 años de actividad del proyecto. En la figura 14.9 se analiza el flujo neto efectivo de dicho período.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.24a: Estado de resultados año 1 a 5.

Fuente: Elaboración propia.

EJERCICIOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<i>Ventas Netas</i>	1.648.800.000,00	1.793.070.000,00	1.937.340.000,00	2.081.610.000,00	2.225.880.000,00
<i>Costo de producción de lo vendido</i>	1.034.602.461,56	1.021.470.941,34	1.087.924.225,86	1.154.377.510,38	1.220.830.794,90
RESULTADO OPERATIVO	614.197.538,44	771.599.058,66	849.415.774,14	927.232.489,62	1.005.049.205,10
<i>Gastos de Administración</i>	5.173.012,31	5.107.354,71	5.439.621,13	5.771.887,55	6.104.153,97
<i>Gastos de Comercialización</i>	1.034.602,46	1.021.470,94	1.087.924,23	1.154.377,51	1.220.830,79
<i>Gastos de Financiación</i>	336.882.350,51	336.413.977,05	335.733.105,70	334.743.327,59	333.304.493,79
<i>Depreciación-Amortización</i>	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS	244.505.888,46	429.056.255,95	507.155.123,08	585.562.896,97	664.419.726,53
<i>Depreciación-Amortización</i>	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70
<i>Impuesto a las Ganancias</i>	94.887.650,61	150.169.689,58	177.504.293,08	204.947.013,94	232.546.904,29
FLUJO NETO DE EFECTIVO	176.219.922,55	278.886.566,37	329.650.830,00	380.615.883,03	431.872.822,25

Tabla 14.24b: Estado de resultados año 6 a 10.

Fuente: Elaboración propia.

EJERCICIOS	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<i>Ventas Netas</i>	2.370.150.000,00	2.473.200.000,00	2.473.200.000,00	2.473.200.000,00	2.473.200.000,00
<i>Costo de producción de lo vendido</i>	1.284.397.156,83	1.328.988.738,45	1.328.988.738,45	1.328.988.738,45	1.328.988.738,45
RESULTADO OPERATIVO	1.085.752.843,17	1.144.211.261,55	1.144.211.261,55	1.144.211.261,55	1.144.211.261,55
<i>Gastos de Administración</i>	6.421.985,78	6.644.943,69	6.644.943,69	6.644.943,69	6.644.943,69
<i>Gastos de Comercialización</i>	1.284.397,16	1.328.988,74	1.328.988,74	1.328.988,74	1.328.988,74
<i>Gastos de Financiación</i>	331.212.870,77	328.172.292,44	323.752.224,14	317.326.800,54	307.986.205,42
<i>Depreciación-Amortización</i>	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70
RESULT. ANTES DE IMPUESTOS	746.833.589,45	808.065.036,68	812.485.104,98	818.910.528,58	828.251.123,70
<i>Depreciación-Amortización</i>	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70	26.601.684,70
<i>Impuesto a las Ganancias</i>	261.391.756,31	282.822.762,84	284.369.786,74	286.618.685,00	289.887.893,30
FLUJO NETO DE EFECTIVO	485.441.833,15	525.242.273,84	528.115.318,24	532.291.843,58	538.363.230,41

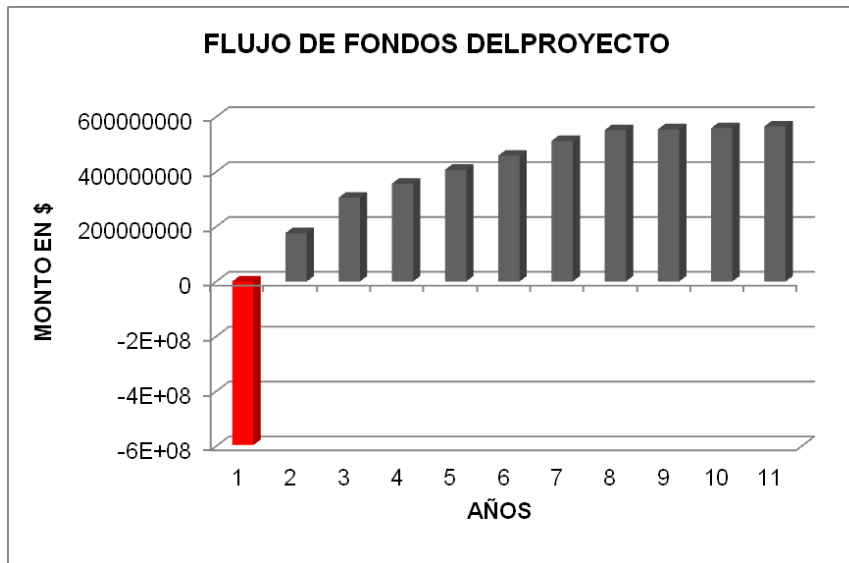


Figura 14.9: Flujo neto efectivo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

14.7.2 Indicadores

14.7.2.1 Valor actual neto (VAN)

El VAN es el valor monetario que resulta de la diferencia entre la suma de los flujos netos y la inversión inicial. Básicamente consiste en descontar o trasladar al presente todos los flujos futuros del proyecto a una tasa igual a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). En este caso, se toma una TMAR de 38%, que es la tasa anual impuesta por la entidad financiera para el crédito solicitado.

Los proyectos se clasifican según su rentabilidad como sigue:

- 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.

Análíticamente, el valor actual se calcula como muestra la Ecuación 14.4. En la tabla 14.25 se muestra el resultado de este cálculo.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación 14.4}$$

Donde I_0 es la inversión inicial, FNE_n son los flujos correspondientes a los n años de duración de la actividad e i es la tasa de interés (TMAR), valor fijado por el banco de préstamo.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Tabla 14.25: Indicador valor actual neto calculado.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
VAN	\$ 259.203.824,93

14.7.2.2 Periodo de recupero de la inversión realizada

El periodo de recuperación de un proyecto, es el número de años a partir de los cuales el acumulado de los FNE previstos iguala la inversión inicial, en este caso, el PRI es de 2 años y 9 meses. En la tabla 14.26 se detalla el periodo de recuperación de la inversión.

Tabla 14.26: Periodo de recupero de la inversión realizada.

Fuente: Elaboración propia

Periodo	FNE (\$)	Saldo (\$)	
<i>Inversión inicial</i>	-	-682.028.476,72	
<i>Año 1</i>	176.219.922,55	-505.808.554,16	
<i>Año 2</i>	278.886.566,37	-226.921.987,79	
<i>Año 3</i>	<i>Mes 1</i>	27.470.902,50	-199.451.085,29
	<i>Mes 2</i>	27.470.902,50	-171.980.182,79
	<i>Mes 3</i>	27.470.902,50	-144.509.280,29
	<i>Mes 4</i>	27.470.902,50	-117.038.377,79
	<i>Mes 5</i>	27.470.902,50	-89.567.475,29
	<i>Mes 6</i>	27.470.902,50	-62.096.572,79
	<i>Mes 7</i>	27.470.902,50	-34.625.670,29
	<i>Mes 8</i>	27.470.902,50	-7.154.767,79
	<i>Mes 9</i>	27.470.902,50	20.316.134,71

14.7.2.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es el interés máximo que podría pagarse por el préstamo solicitado, para la inversión inicial, sin que se comiencen a apreciar pérdidas. Analíticamente, es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero (la diferencia entre flujos futuros y la inversión inicial) y para calcularlo se despejan y calculan los intereses en la ecuación del VAN, para cuando el resultado es nulo (generalmente por iteración).

Un proyecto puede determinarse como viable si la TIR es mayor que la TMAR, caso en el cual se acepta el mismo. Si la TIR es alta, estamos frente a un proyecto rentable, que

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Si la TIR es baja, sin embargo, es factibles que existan otras opciones mejores en el mercado para invertir ($TMAR > TIR$). En la tabla 14.27 se muestra la TIR para el proyecto, calculada de forma analítica.

Tabla 14.27: Indicador tasa interna de retorno calculado.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
TIR	52%

Dado que el valor obtenido de la TIR es mayor que la TMAR (38%) propuesta por el banco prestador, se concluye que el proyecto es rentable.

14.7.2.4 Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio costo resulta de dividir el valor actualizado de los ingresos del proyecto entre el valor actualizado de los egresos a una tasa de actualización igual a la TMAR.

Los criterios para analizar los resultados son:

- Si la relación es mayor a la unidad, el proyecto es aceptable porque el beneficio es superior al costo.
- Si la relación es menor a la unidad, el proyecto debe rechazarse porque no existen beneficios.
- Si la relación es igual a la unidad es indiferente realizar el proyecto o no.

Como se observa en la tabla 14.28, la relación obtenida es superior a 1, lo cual hace viable el proyecto en cuestión.

Tabla 14.28: Cálculo del indicador relación beneficio/costo.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Relación beneficio/costo	1,33

14.7.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad determina los márgenes de rentabilidad de un proyecto desde otra perspectiva, que es el aumento o reducción de un indicador económico como la TIR, frente a la fluctuación de los principales variables consideradas en el estudio económico. De acuerdo a esto, se analiza la variación de la TIR con la desviación del volumen de producción, de los

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

costos de mano de obra, insumos, materia prima y precio de venta, que son las principales variables que influyen en las utilidades.

Este análisis se realiza de forma gráfica, representando la variación de la TIR con la fluctuación de las variables antes mencionadas y comparándola con la función constante TMAR, dado que si la primera se encuentra sobre esta última, el proyecto es rentable, caso contrario deja de serlo.

14.7.3.1 Variación de la TIR con el precio del metóxido de sodio

En la figura 14.10 se analiza la relación entre la tasa interna de retorno y el precio de venta del producto. Se observa que con una caída de precio del 8.24% el proyecto deja de ser rentable, aunque se espera que a futuro la tendencia de los precios sea en alza.

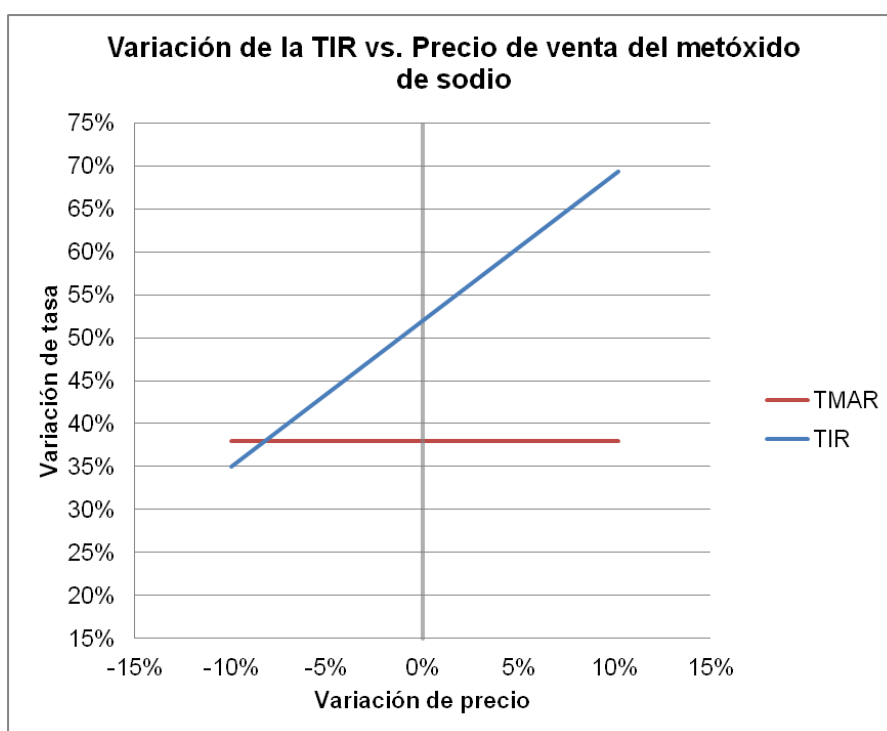


Figura 14.10: Variación de la TIR con el precio de venta de metóxido de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

14.7.3.2 Variación de la TIR con el precio de los insumos

Se analiza la sensibilidad de la tasa interna de retorno a los costos de los insumos. Para este caso, se observa una importante flexibilidad en el aumento del precio de los insumos sin pérdida de rentabilidad, como se observa en la figura 14.11.

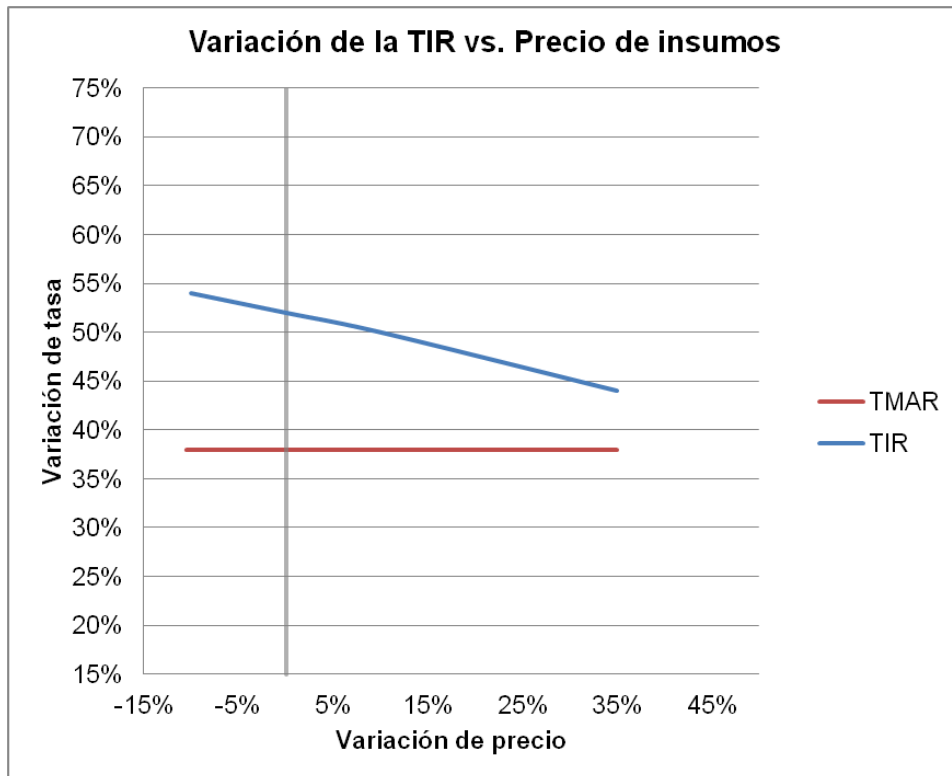


Figura 14.11: Variación de la TIR con el precio del insumo de producción.

Fuente: Elaboración propia.

14.7.3.3 Variación de la TIR con el precio de la materia prima

Aquí se analiza la relación entre la tasa interna de retorno y el costo de la materia prima. Como se observa en la figura 14.12, si el costo de la materia prima aumenta en un 20%, el proyecto deja de ser rentable.

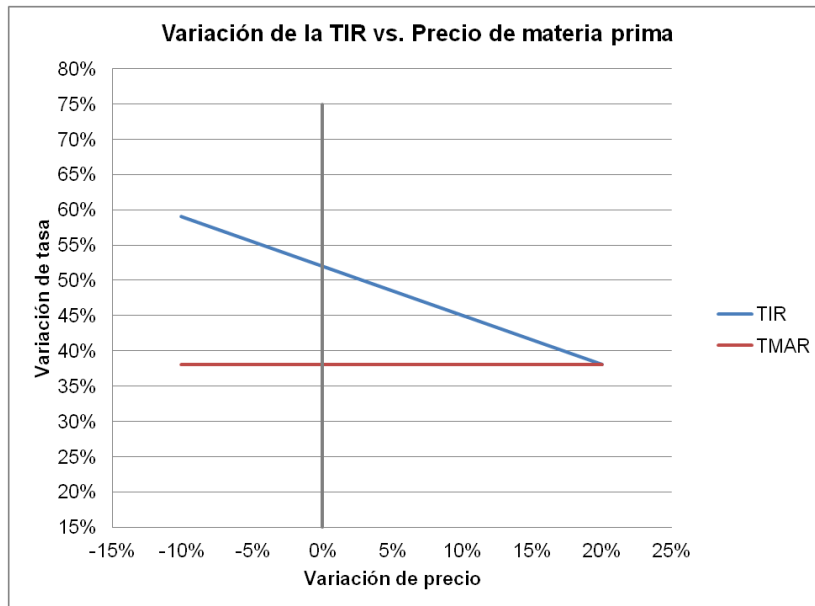


Figura 14.12: Variación de la TIR con el precio de la materia prima.

Fuente: Elaboración propia.

14.7.3.4 Variación de la TIR con el precio de la mano de obra

Se analiza la sensibilidad de la tasa interna de retorno a los costos de mano de obra (tanto directa como indirecta). En este caso, se observa el mismo efecto que en los insumos, es decir que el proyecto admite aumentos en los costos del personal sin pérdida en la rentabilidad, dicha información se visualiza en la figura 14.13.

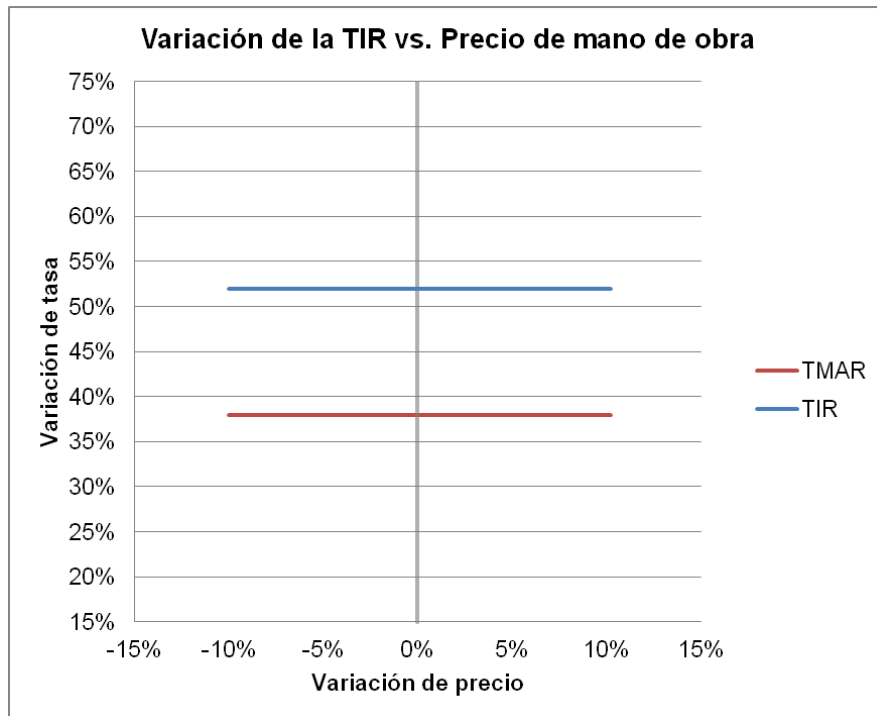


Figura 14.13: Variación de la TIR con el precio de la mano de obra.

Fuente: Elaboración propia.

14.7.3.5 Variación de la TIR con respecto al volumen de producción

En este caso se analiza como varía el rendimiento de la inversión, medido a través de la TIR con la fluctuación del volumen de ventas de producción. En este punto debe hacerse una salvedad, dado que los costos fijos se consignaron como si continuaran estáticos, aun sabiendo que el nivel de producción está íntimamente relacionado con las instalaciones, y, por lo tanto con estos costos (los costos variables si se contemplaron)

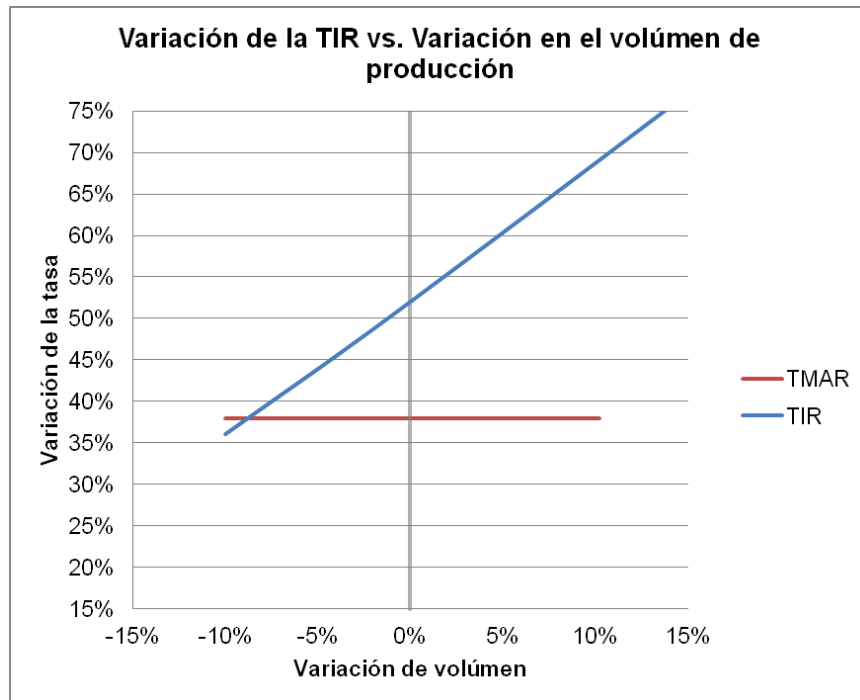


Figura 14.14: Variación de la TIR con el volumen de ventas.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 14.14 se extrae que naturalmente con el aumento en el volumen de ventas, aumenta también la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, debe apreciarse que las ventas no deberán bajar de un 8.634% debido a que la actividad comienza a no ser rentable.

14.8 CONCLUSIONES

El análisis económico-financiero realizado permite concluir que la puesta en marcha de la planta de metóxido de sodio al 30% p/p en metanol requiere de una inversión inicial de \$ 682.028.476,72, los cuales son financiados por crédito del Banco Nación Argentina, con una tasa nominal anual fija del 38% y un plazo de pago de 10 años.

De acuerdo a los resultados vistos a partir del análisis de los indicadores económicos y de rentabilidad, como el VAN, TIR y la relación B/C, se observa la viabilidad económica del proyecto y su rentabilidad, manteniendo los volúmenes y precios establecidos para el producto.

Basados en los análisis de sensibilidad se concluye que las variables más influyentes en la rentabilidad del proyecto son el precio de venta cuyo margen de disminución no debe ser inferior al 8.24% (se espera a futuro un aumento en los precios) y el costo de materia prima, el cual no debe superar un aumento en el 20%. En cuanto al volumen de ventas, se observa que el proyecto posibilita una disminución hasta un máximo de 8.64% sin perder

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

rentabilidad, aunque la demanda insatisfecha de metóxido de sodio para los años posteriores va en alza por lo que las ventas permanecerán constantes o en aumento.

El precio de venta del metóxido de sodio producido es \$ 41.220 por tonelada producida, siendo el volumen de venta máximo alcanzado en el año 7 del proyecto cuyo valor es de 60000 toneladas anuales.

Respecto a los indicadores, se obtuvo un TIR de 52%, un VAN positivo de \$ 259.203.824,93 y una relación beneficio costo de 1,33. Todos estos valores demuestran y validan numéricamente la viabilidad del proyecto.

CONCLUSION FINAL

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

La industria del biodiesel en Argentina se encuentra en constante crecimiento debido a la disminución de las reservas de petróleo existentes en todo el planeta, obligando a los productores buscar alternativas en la utilización de los combustibles convencionales.

El proceso productivo del biodiesel utiliza metóxido de sodio como catalizador en la etapa de transesterificación de los aceites vegetales hacia biocombustible, la tendencia de migrar hacia la utilización de biocombustibles implica un aumento en la producción de biodiesel, y como consecuencia un crecimiento en la demanda de la utilización de metóxido de sodio.

Analizando los capítulos del presente proyecto final se puede concluir que la producción de metóxido de sodio a partir de metanol es viable y rentable tanto técnica como económicamente, la locación de la planta de producción es un factor muy importante, ya que se encuentra radicada en el corazón del polo de producción de biodiesel del territorio Argentino; además la localización de una planta productora de metanol a partir de glicerina en proximidades al presente proyecto permite el arribo de materia prima (metanol) a muy bajo costo, ya que el costo del flete es nulo y en gran cantidad. Además se verifica en la evaluación económica-financiera mediante indicadores (VAN – TIR) cuyos resultados son favorables, la factibilidad del proyecto de inversión.

BIBLIOGRAFIA

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

Capítulo 2

- Web de Scavage. [http// www.scavage.com](http://www.scavage.com).
- Web de Gelest. http://www.gelest.com/wp-content/uploads/AKS761.5_SODIUM-METHOXIDE-30-in-methanol_GHS-US_English-US.pdf.
- Web de LabChem. <https://www.labchem.com/tools/msds/msds/VT430.pdf>.
- Web de LabChem. <http://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC24150.pdf>.
- Web de Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Met%C3%B3xido_de_sodio.
- Web de Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Metanol>.
- Web de Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio.

Capítulo 3

- Web de Factmr. <https://www.factmr.com>.
- Web de marketwatch. <https://www.marketwatch.com/press-release/global-sodium-methoxide-market-2019-by-manufacturers-regions-type-and-application-forecast-to-2024-2019-04-16>.
- Web de agrositio. <https://www.agrositio.com.ar/noticia/149485-evonik-inaugura-en-argentina-una-nueva-planta-de-catalizadores-para-la-produccion-de-biodiesel>
- Web de BASF.com. <https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2019/04/p-19-183.html>
- “ Producción de metanol a partir de glicerina” – Bicego, Chiappero, Molinengo (2018)
- Web de Biofuel.or.uk. <http://biofuel.org.uk/>.
- Web del Ministerio de Economía Industria, Comercio exterior y servicios de Brasil. <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/>.
- Web de Federacion Colombiana de Biocombustibles. <http://www.fedebiocombustibles.com/>.
- Web de la Presidencia de la Republica del Uruguay. <https://www.presidencia.gub.uy/>.
- Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina Instituto Petroquímico Argentino.
- Bolsa de comercio de Rosario.
- Cámara Argentina de Biocombustibles.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.
- Web de Scavage.com. [http// www.scavage.com](http://www.scavage.com)
- StatGraphics Centurion XVI.II
- Software OriginPro 8.5

Capítulo 4

- Web de GoogleMaps.. <http://www.googlemaps.com>.
- Web del Gobierno de la Provincia de Santa Fe. www.santafe.gov.ar.
- Web del parque industrial San Lorenzo. www.pisanlorenzo.com.
- Web de Bolsa de comercio de Rosario : www.bcr.com.ar/
- Web de INDEC.gob.ar. www.indec.gob.ar/
- Web del Registro Nacional de Parques Industriales. www.parques.industria.gob.ar/
- “ Producción de metanol a partir de glicerina” – Bicego, Chiappero, Molinengo (2018)

Capítulo 5

- Robert G. Adams; Tilak V. Bommaraju; Sharon D. Fritts. Method of denuding sodium mercury amalgam and producing sodium alcoholates. US5262133A, Nov. 16, 1993.
- Shunkwok Wilson Tse. Continuous process for sodium methylate. USH1697H, Nov. 4, 1997.
- Josef Guth; Holger Friedrich; Hans-Josef Sterzel; Gerd Kaibel, Lampertheim; Kirsten Burkart; Elke Hoffmann. Method for producing alkali methylates. US006759560B2, Jul. 6, 2004.
- Charles J. Kramis, H. Production of sodium methoxide. US2877274, Mar. 10, 1959.
- Werner Surber. Process for the preparation of alkali metal alcoholates. US4709103, Nov. 24, 1987.
- Holger Friedrich; Josef Guth; Jirgen Schweinzer; Thomas Letzelter; Hans-Jürgen Bender. Method for producing alkali metal alcoholates. US6437198B1, Aug. 20, 2002.
- Synthesis of sodium and potassium alkoxides using electrochemical methods, P.G. Kudryavtsev, 2015.
- Electrodialysis in a non-aqueous medium production of sodium methoxide, Sridhar, 1996.
- Schierle-ardt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005.

Capítulo 6

- Nassir sapag, Chain. 2011. “Proyectos de inversión”. Segunda edición. Chile: editorial Pearson.

Capítulo 7

- Robert, P., Green, D., & James, O. M. (1992). *Manual del ingeniero químico*. Editorial Mc Graw Hill. Quinta Edición (segunda edición en español).
- Process Simulation and Techno-Economic Analysis of the Production of Sodium Methoxide. José F. O. Granjo, Nuno M. C. Oliveira, 2017.
- “Producción de metanol a partir de glicerina” – Bicego, Chiappero, Molinengo (2018)
- Schierle-arndt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005.
- Software Chemcad V7.1.2

Capítulo 8

- Ocon García, J., & Tojo Barreiro, G. (s.f.). *Problemas de Ingeniería Química. Operaciones Básicas. Tomo I*. Aguilar.
- McCabe, Warren L; SMITH, Julian; HARRINGTON Peter. 2007, “Operaciones unitarias en ingeniería química”. Séptima edición. México: editorial Interamericana de México.
- Levenspiel, Octave. 1990, “Ingeniería de las reacciones químicas”. Segunda edición. Mexico: Editorial Reverté S.A.
- “Producción de metanol a partir de glicerina” – Bicego, Chiappero, Molinengo (2018)
- “Producción de lactato de etilo a partir de ácido láctico y bioetanol” – Avedano, Ferreri, Lanfrango (2018).
- Plant Design & Economics for Chemical Engineers, 4th Edition, PETERS – TIMMERHAUS, 1991.
- Web de Tanques Bertotto-Boglione. www.bertotto-boglione.com/es
- Web de Alfalaval Latinoamérica. www.alfalaval.lat
- Web de motores WEG. http://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Motores-EI%C3%A9ctricos/c/BR_MT
- Web de Reductores Lentax. <http://www.lentax.com/2015/default.asp>
- Web de Compresores Aerzen. <http://www.aerzen.com/es.html>
- Web de Bombas AGP. <http://www.agpbombas.com/>
- Web de Bombas Liquiflo. <http://www.liquiflo.com/v2/>
- Schierle-arndt, K.; Ansmann, A.; Sterzel, H.-J.; Schläfer, J., Dieter Guth; Friedrich, H. Process for the catalytic preparation of alkali metal alkoxides. U.S. Pat. Appl. 2005/0101806 A1, May 12, 2005
- ChemCAD 7.1.2

Capítulo 9

- Cao, E. (2008). *Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos* (1era Ed.). Buenos Aires: Nueva Librería.
- Karassik I.J. y Carter R. (1974). *Bombas Centrifugas: Selección, Operación y Mantenimiento*. CECOSA, México.
- Moncada Albitres L (2016). *Intercambiadores de Calor*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos*. Pearson educación.
- Crane C. (1993). *Flujo de Fluidos: Válvulas, Accesorios y Tuberías*. México: McGraw Hill, 1992.
- Faust Alan y otros. 1987, "Principios de operaciones unitarias". Segunda edición. México: Compañía Editorial Continental.
- Geankopol, I Christie J. 1998, "Proceso de transporte y operaciones unitarias". Tercera edición. México: Compañía Editorial Continental.
- Kern, Donald Q. 1999, "Procesos de transferencia de calor". Trigésima primera edición. México: Compañía Editorial Continental.
- Mc-cabe, Warren L; Smith, Julian; Harrinton Peter. 2007, "Operaciones unitarias en ingeniería química". Séptima edición. México: editorial Interamericana de México.
- Perry, Robert H.; Green, James O. Moloney. 2001, "Manual del ingeniero químico". México: editorial Interamericana de México.
- Sanz del Amo Manuel, Patiño Molina María del Rosario. 2014, "Manual práctico del operador de caldera". Primera edición. Ediciones paranifo.
- Web de Duraplas SRL. <https://duraplas-argentina.com/producto/10-000-lts>.
- Web de Aquatherm S.A. www.aquatherm.com.ar.
- Web de Alfa Laval. www.alfalaval.com.
- Web del Ente Nacional Regulador del Gas. www.enargas.gov.ar
- Web de SINAX. <https://www.sinax.com.ar/>
- Web de Eboplast. www.eboplast.com.ar
- Web de AGPBombas. <http://www.agpbombas.com/>
- Web de Alfa Laval Latinoamérica. www.alfalaval.lat

Capítulo 10

- Web de Universitat de Valencia. <https://www.studocu.com/es/document/universitat-de-valencia/laboratorio-de-quimica-analitica-i/practica/practica-determinacion-de-mezclas-alcalinas-carbonatos-bicarbonatos-e-hidroxidos/134470/view>.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- Web de Scion Instruments. <http://scioninstruments.es/equipos-analiticos/cromatografos-de-gases/436-gc/>.
- Web de Mettler Toledo Mexico. <https://www.mt.com/mx/es/home/library/collections/laboratory-division/karl-fischer-titration-guides.html>.

Capítulo 11

- Web de emprendedorxxi. <http://www.emprendedorxxi.coopwww.pigchu.com.ar>.
- Web de ecobachillerato www.ecobachillerato.com.
- Baca Urbina, Gabriel. 2006., Evaluación de Proyectos. "Estudio de Mercado", en: Evaluación de Proyectos. México: McGraw-Hill Interamericana, pp. 13-87.
- Álvarez, Héctor Felipe. 2016, "Principios de la Administración". Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Web de ley de sociedades comerciales. <http://www.ley19550.com.ar>.
- Web del Centro virtual de aprendizaje tecnológico de Monterrey. www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/recursos/7.3.1/mantenimiento.htm.
- Web de Gestipolis. www.gestipolis.com/por-que-es-necesario-el-departamento-de-recursos-humanos.
- La organización en la empresa. <http://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146859.pdf>.
- Manual de funciones del personal técnico de mantenimiento. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1352/2015GongoraOrtiz, Lucas%20-AnexoE.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Seminario de economía. La organización de la empresa. <http://www.ecobachillerato.com/eoearagon/tema5.pdf>.
- Stoner, James A. F. 1996. Administración. 6ª edición. Editorial Prentice Hall hispanoamericana S. A. Méjico.
- Universidad Tecnológica Nacional FRBA. 2008. Organigrama, Sistemas y organizaciones.

Capítulo 12

- Alacero. Conexiones para base de columna. www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/solucionesconstructivas/conexiones-base-columna.
- Anexo I Documento complementario del código de la edificación N° I (a). Reglamento sobre estructuras de mampostería y suelos.

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

- <http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/madera-en-la-construccion/decreto-1332-codigo-de-edificacion.pdf>.
- Corcepret, Prensados de hormigón. Método constructivo Sistema Corcepret. www.corblock.com/pdf/metodo-constructivo-corcepret.pdf.
 - Jofel Industrial S. A. 2009. Guía de espacios higiénicos y sanitarios. http://jofel.com/media/pdf/nuevasdescargas/Guia_JOFEL.pdf.
 - Ley Nacional N° 19587, Higiene y seguridad en el trabajo.
 - Méndez Rodríguez, Manuel. 2013. Consideraciones para el diseño de laboratorios en la industria química. Edición: Área de innovación y desarrollo, S.L. España.
 - Morán Seán. 2017. Process plant lay out. 2º edición. Editorial Elsevier. Estados Unidos.
 - PDVSA. 1993. Manual de ingeniería de riesgos. Volumen 1. Separación entre equipos e instalaciones.
 - Web del Parque Industrial San Lorenzo. www.pisanlorenzo.com/page/lotos.

Capítulo 13

- Guerrero, A. Porras A. 1997, “Seguridad en las instalaciones eléctricas”. España: Editorial McGraw-Hill.
- Robertjot, P. 1192, “Elementos de electricidad industrial”. España: editorial Gustavo Gili.
- Valkenburg, Van; Neville, N. 1976, “Electricidad industrial básica”. Cuarta edición. Argentina: Editorial. Bell S.A.
- Apuntes de cátedra. Instalaciones eléctricas y mantenimiento industrial.
- Web de Luces Lutron. www.lutron.com.ar.
- Web de Normas IRAM. <http://www.iram.org.ar>.
- Ley Nacional N°19587, Higiene y seguridad en el trabajo.
- Web de Ingeniería Industrial Online. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroindustrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>.

Capítulo 14

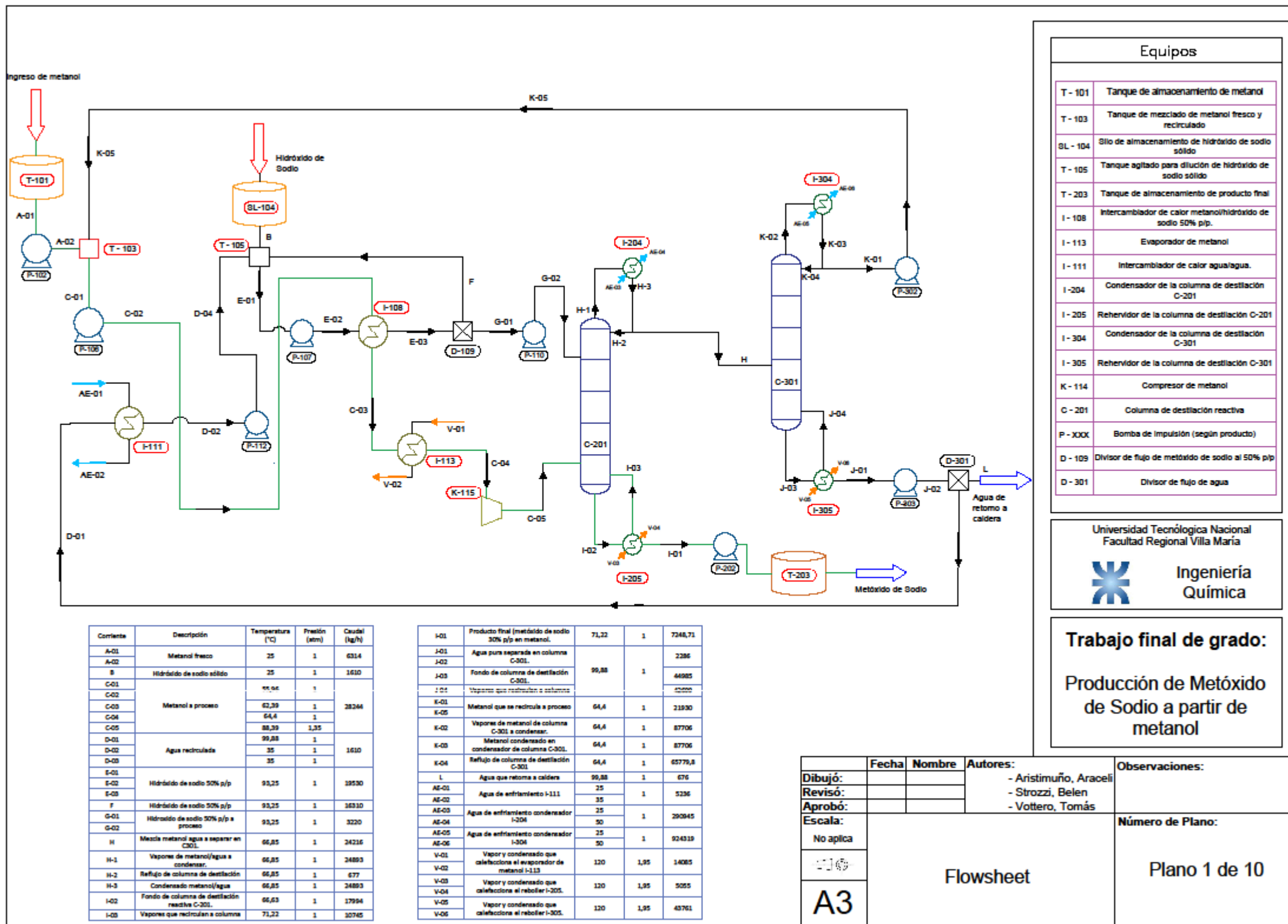
- “ Producción de metanol a partir de glicerina” – Bicego, Chiappero, Molinengo (2018)
- “ Producción de lactato de etilo a partir de ácido láctico y bioetanol” – Avedano, Ferreri, Lanfrango (2018).
- Abreu, M. 2006. Formulación y evaluación de proyectos de inversión en México. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://www.colpamex.org/Revista/Art5/24.pdf>.

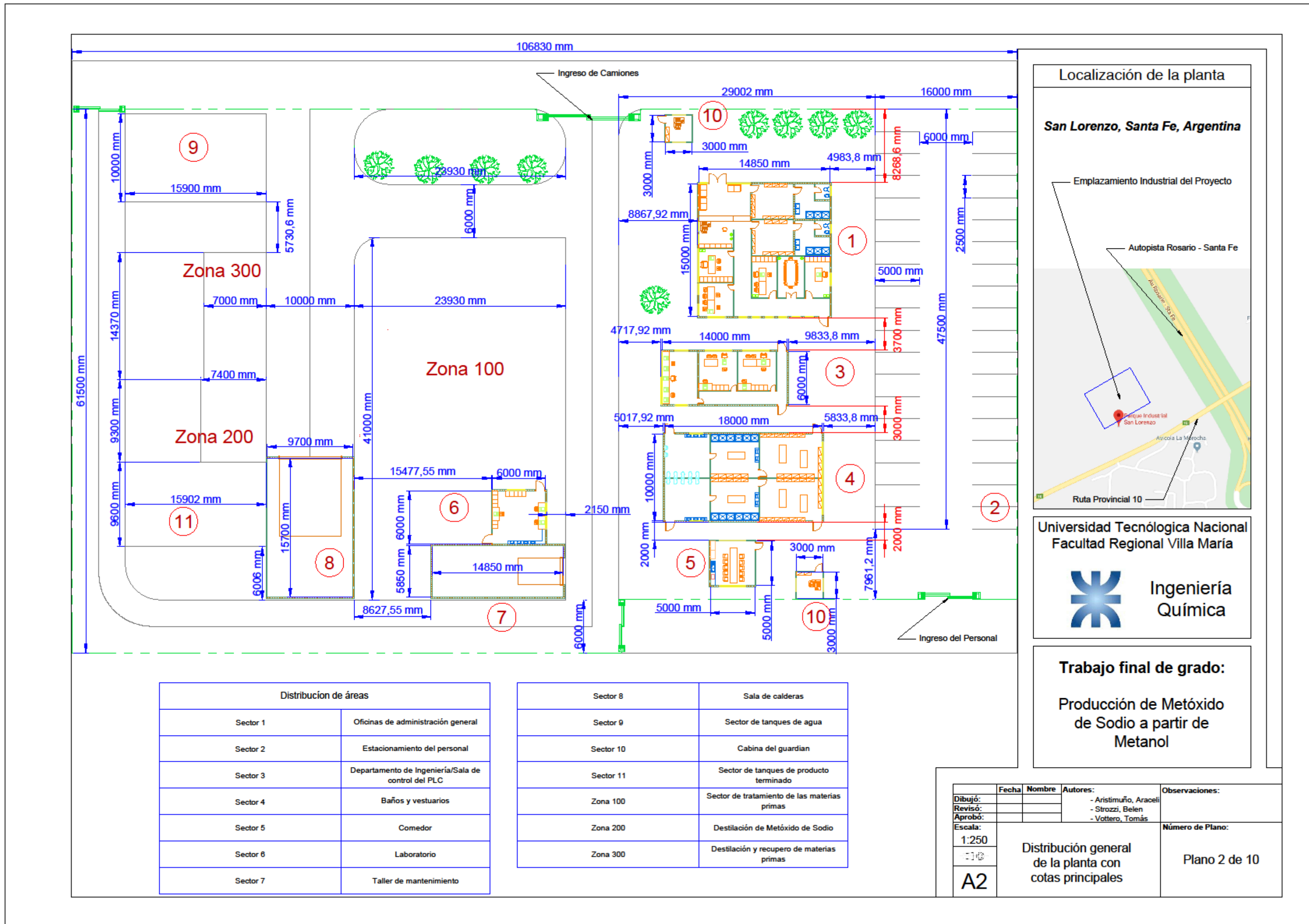
Producción de metóxido de sodio a partir de metanol

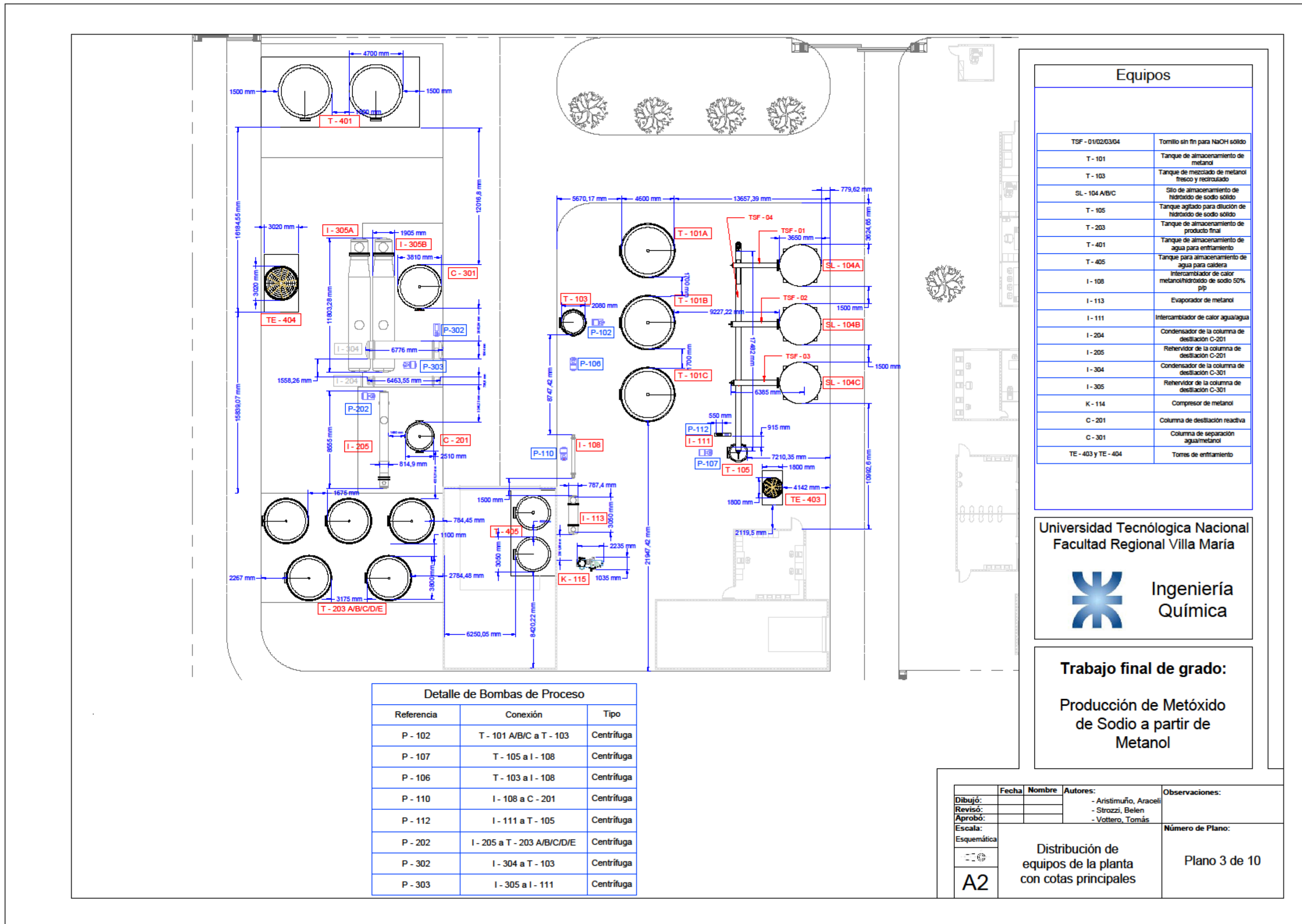
- Aguilera, R. & Sepúlveda, F. 2005. Evaluación de proyectos de inversión para la toma de decisiones. Economía y administración. núm. 64, pp. 91-100. <http://www2.udec.cl/~rea/REVISTA%20PDF/Rev64/art5rea64.pdf>.
- Baca Urbina Gabriel. 2010. Evaluación de Proyectos. 6º edición.
- DOF. 2010. Reglas de operación del fondo de apoyo para la micro, pequeña y mediana empresa para el ejercicio fiscal 2011. http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/transparencia/RO11_FPyME.pdf.
- ING. ILLANES / ING. BACCIFAVA. 2016. Integración V. Apunte de Catedra.
- Ley Nacional N°10.412. Ley impositiva.
- Perry, R. Manual del ingeniero químico. Tomo I y II. Sexta edición. McGraw Hill: México.
- Ramírez, D., Vidal, A. & Domínguez, Y. 2009. "Etapas del análisis de factibilidad. Compendio bibliográfico". Contribuciones a la Economía. <http://www.eumed.net/ce/2009a/amr.htm>.
- Sainz, R. & Magaña, J. 2007. Método para realizar un análisis de sensibilidad a proyectos de inversión, ante cambios en la tasa de interés. Tecnología y pensamiento. Vol. 2, núm1 – 2. <http://revistavoces.org.ve/docu/voces2-art3.pdf>.
- SAPAG CHAIN NASSIR Y REINALDO. 1989. Preparación y evaluación de proyectos. Editorial Mac Graw – Hill. Méjico. <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2013/03/Preparacion-Y-Evaluacion-De-Proyectos-Sapag-Sapag.pdf>.
- Web de Dolarhoy. <http://www.dolarhoy.com/>.
- Web de Alfa Laval Latinoamérica. <https://www.alfalaval.lat/>
- Web de Torres de Enfriamiento Sinax. <https://www.sinax.com.ar/>
- Web de Bertotto-Boglione. www.bertotto-boglione.com/es
- Web de WEG. <http://www.weg.net/ar>
- Web de AGP Bombas. www.agpbombas.com
- Web de Aerzen. <https://www.aerzen.com/es.html>
- Web de EboPlast. www.eboplast.com.ar/
- Web de Autoelevadores Clark. <https://www.clark.com.ar/>
- Web de transpaletas Lextral. www.lextral.com
- Web del Sindicato del personal de Industrias Químicas y Petroquímicas. <https://www.spiqyp.org.ar/>
- Sitio Oficial de la Banco de la Nación de la República Argentina. <http://www.bna.com.ar/>.

PLANOS

Producción de metóxido de sodio a partir de metanol







Equipos	
TSF - 01/02/03/04	Tomillo sin fin para NaOH sólido
T - 101	Tanque de almacenamiento de metanol
T - 103	Tanque de mezclado de metanol fresco y recirculado
SL - 104 A/B/C	Silo de almacenamiento de hidróxido de sodio sólido
T - 105	Tanque agitado para dilución de hidróxido de sodio sólido
T - 203	Tanque de almacenamiento de producto final
T - 401	Tanque de almacenamiento de agua para enfriamiento
T - 405	Tanque para almacenamiento de agua para caldera
I - 108	Intercambiador de calor metanol/hidróxido de sodio 50% p/p
I - 113	Evaporador de metanol
I - 111	Intercambiador de calor agua/agua
I - 204	Condensador de la columna de destilación C-201
I - 205	Rehervidor de la columna de destilación C-201
I - 304	Condensador de la columna de destilación C-301
I - 305	Rehervidor de la columna de destilación C-301
K - 114	Compresor de metanol
C - 201	Columna de destilación reactiva
C - 301	Columna de separación agua/metanol
TE - 403 y TE - 404	Torres de enfriamiento

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María



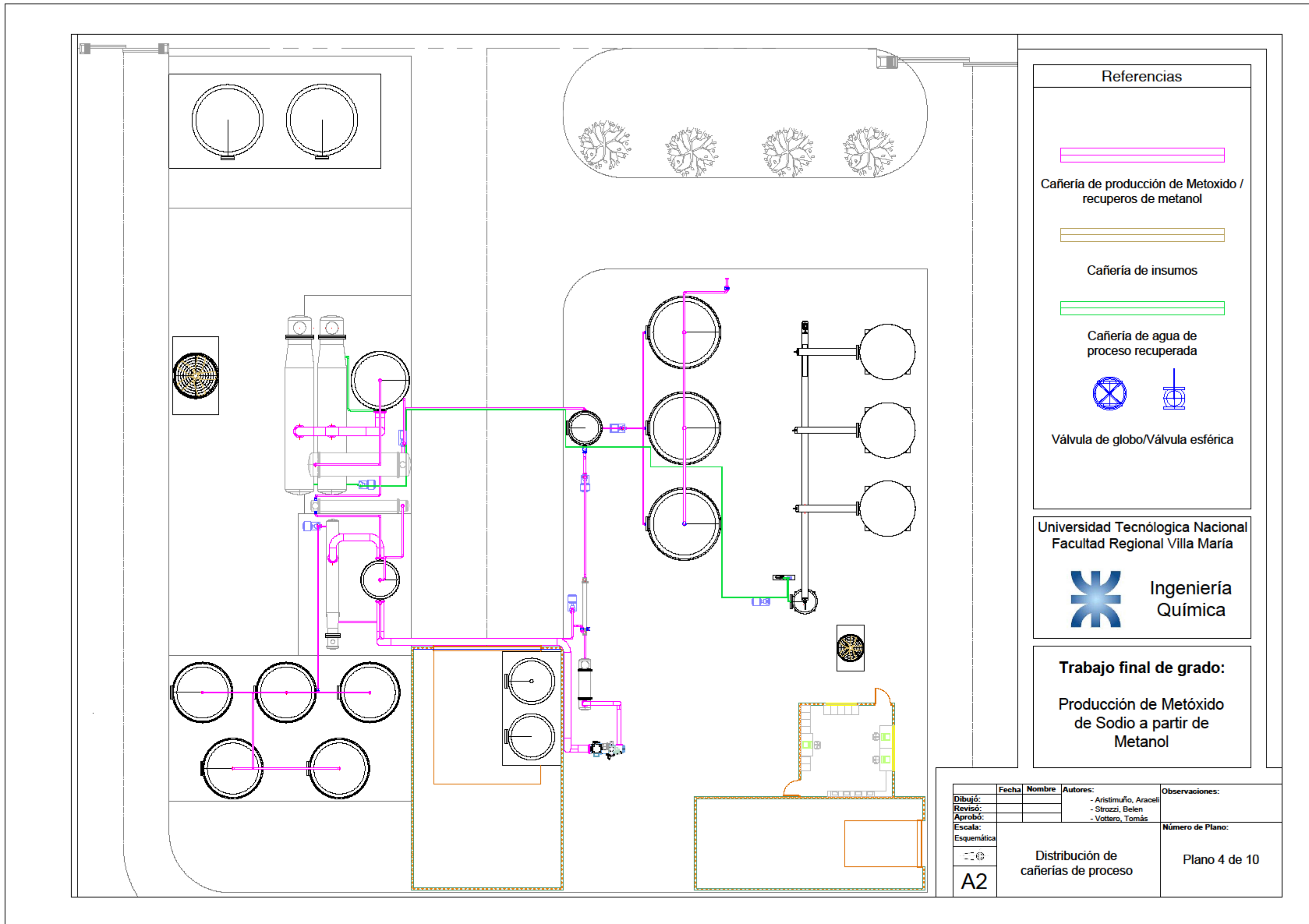
Ingeniería
Química

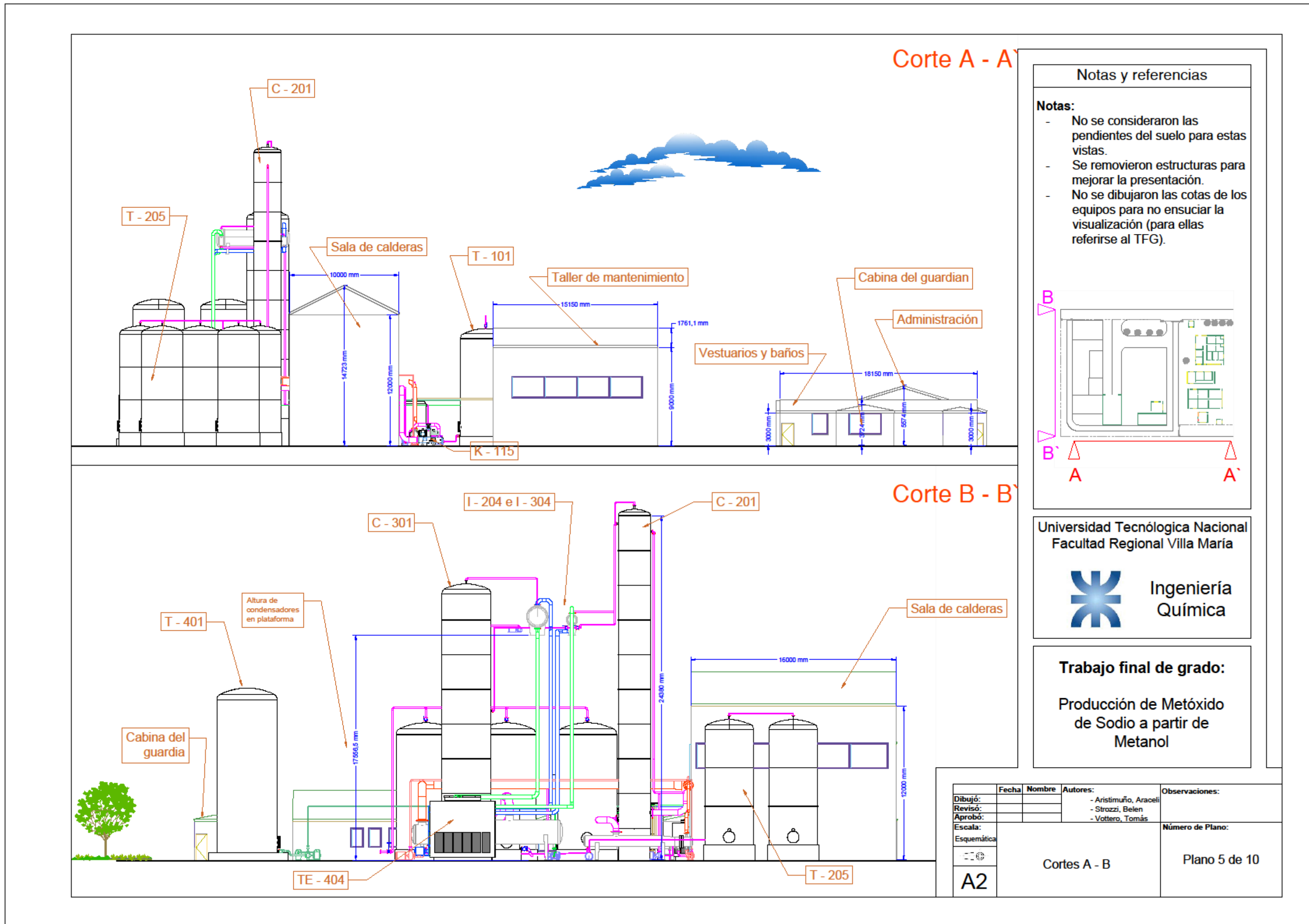
Trabajo final de grado:

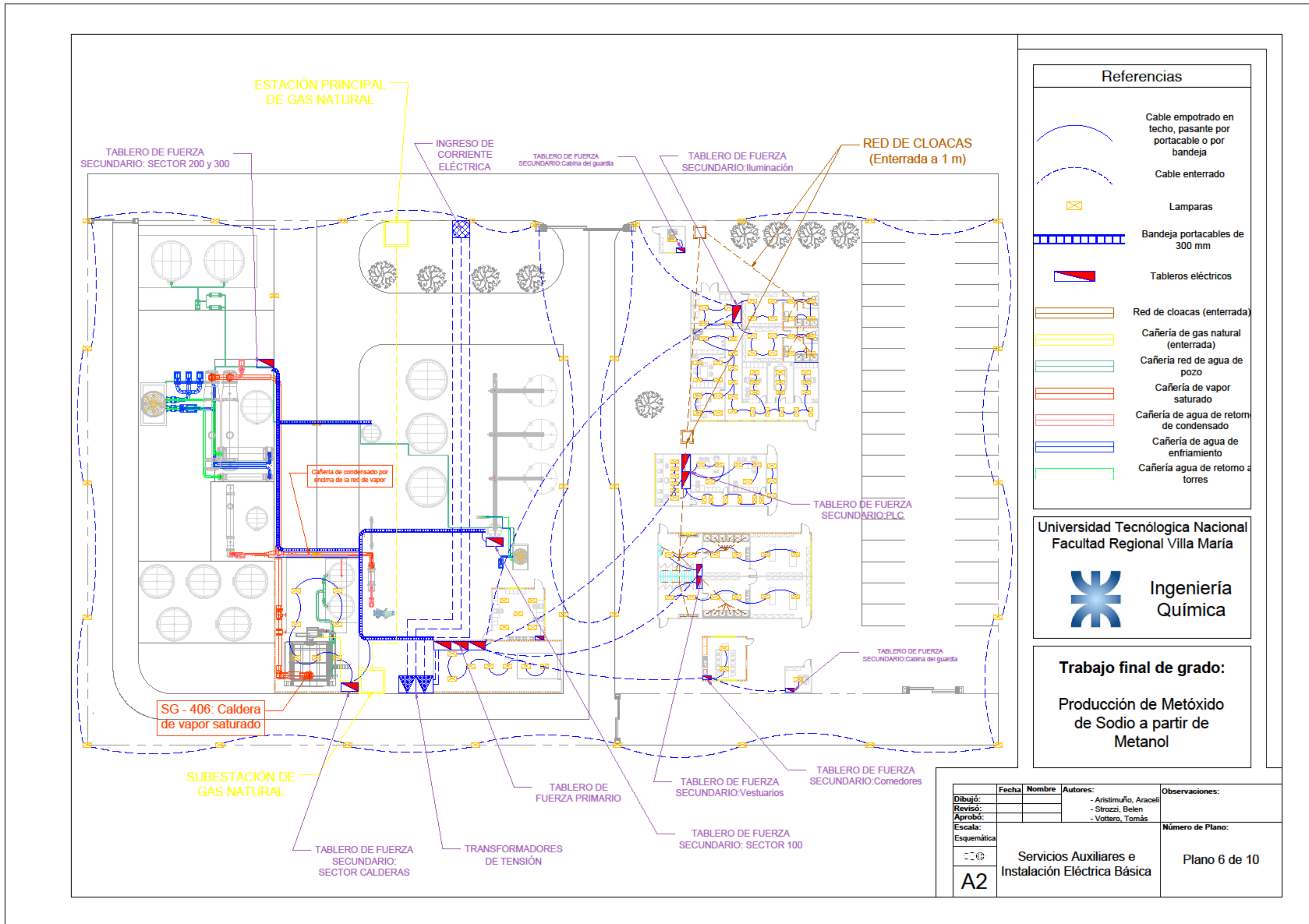
Producción de Metóxido
de Sodio a partir de
Metanol

Detalle de Bombas de Proceso		
Referencia	Conexión	Tipo
P - 102	T - 101 A/B/C a T - 103	Centrífuga
P - 107	T - 105 a I - 108	Centrífuga
P - 106	T - 103 a I - 108	Centrífuga
P - 110	I - 108 a C - 201	Centrífuga
P - 112	I - 111 a T - 105	Centrífuga
P - 202	I - 205 a T - 203 A/B/C/D/E	Centrífuga
P - 302	I - 304 a T - 103	Centrífuga
P - 303	I - 305 a I - 111	Centrífuga

Dibujó:	Fecha	Nombre	Autores:		Observaciones:
Revisó:			- Aristimuño, Araceli		
Aprobó:			- Strozzl, Belén		
Esquematizó:			- Vottero, Tomás		
A2			Distribución de equipos de la planta con cotas principales		Número de Plano: Plano 3 de 10

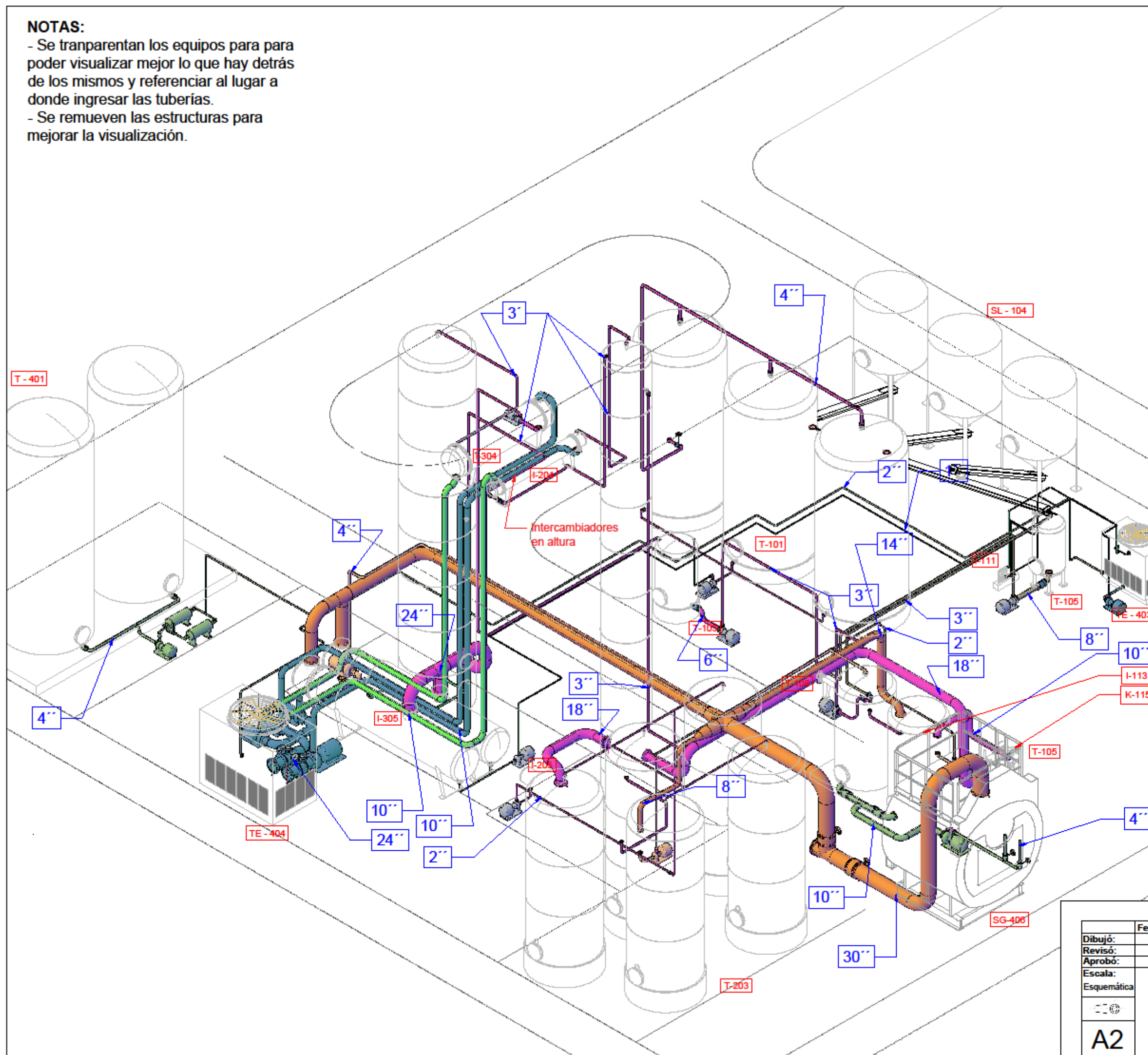






NOTAS:

- Se transparentan los equipos para poder visualizar mejor lo que hay detrás de los mismos y referenciar al lugar a donde ingresar las tuberías.
- Se remueven las estructuras para mejorar la visualización.



Referencias	
	Cañería de agua de enfriamiento
	Cañería de agua de pozo
	Cañería de agua de proceso
	Cañería de agua de retorno a torres
	Cañería insumos
	Cañería de proceso de metóxido
	Cañería red de vapor
	Cañería retornos de condensado

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María



Ingeniería
Química

Trabajo final de grado:
Producción de Metóxido de Sodio a partir de Metanol

Fecha	Nombre	Autores:		Observaciones:
		- Aristimuño, Araceli		
		- Strozzl, Belén		
		- Vottero, Tomás		
Dibujó:				
Revisó:				
Aprobó:				
Escala:				
Esquemática				
A2		Isométrico de cañerías		Número de Plano: Plano 7 de 10

