

INTEGRACIÓN V – PROYECTO FINAL

Producción Industrial de Vitamina E a partir de Salvado de Arroz

Titular:

- Ing. Alberto Florio

Jefe de trabajos prácticos:

- Ing. Pablo Lorenzo

Ayudantes:

- Ing. Damián Esquivel
- Ing. Gabriela Aiello

2023

BLANCO, Matías Ezequiel

A mis padres, quienes con su amor, educación y apoyo incondicional me enseñaron el camino para cumplir los objetivos de la vida

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron en este largo camino. A mi hermana, mis tíos, familiares y amigos que estuvieron en todo momento. A mis abuelos que, aunque ya no estén, siempre están conmigo. A mis compañeros de clase, profesores y toda la gente de la UTN.

Finalmente, quiero hacer un agradecimiento muy especial a mi mujer, Silvina, que con su amor, alegría y apoyo hizo que los momentos difíciles sean infinitamente más fáciles.

Índice

Resumen ejecutivo	14
Capítulo 1: Introducción	
Producción industrial.....	16
Material de consulta.....	16
Principales insumos	17
Salvado de arroz.....	17
Dióxido de carbono.....	17
Descripción del proceso	18
Productos obtenidos	19
Aceite de salvado de arroz.....	19
Concentrado de tocoferoles y tocotrienoles (Vitamina E).....	21
Bibliografía.....	22
Capítulo 2: Estudio de Mercado	
Introducción	24
Mercado Consumidor de Vitamina E.....	25
Situación Mundial	25
Consumo de Vitamina E.....	27
Industria Farmacéutica.....	29
Industria Cosmética.....	29
Industria Alimenticia	31
Mercado Argentino de Vitamina E.....	33
Mercado de Aceite de Salvado de Arroz	34
Situación Mundial y Consumo	35
Mercado Argentino de Aceite de Salvado de Arroz.....	36
Conclusión.....	38
Provisión de Materia Prima	39
Producción primaria de arroz	39
Análisis de la situación de los molinos arroceros.....	41
Análisis de la competencia	42
Beneficios del nuevo proyecto.....	43
Estimación del Volumen de Planta	43
Conclusión	45
Bibliografía.....	45

Capítulo 3: Materia Prima

Introducción	48
Elección de la materia prima	48
Importancia de los tocotrienoles	49
Afrecho o Salvado de arroz	51
Utilización del salvado de arroz	52
Características del salvado de arroz.....	53
Lipasas del salvado de arroz.....	54
Recepción y almacenamiento del salvado de arroz.....	55
Provisión del salvado de arroz.....	55
Generalidades del arroz.....	56
Producción de arroz.....	56
Localización de la cadena arrocera	58
Bibliografía.....	58

Capítulo 4: Ubicación

Introducción	61
Estudio de Macroubicación	61
Materia prima	61
Abastecimiento de materia prima.....	62
Disponibilidad de insumos	63
Logística.....	64
Servicios	67
Energía eléctrica	68
Gas Natural.....	71
Agua Potable	72
Desagües/ Drenaje	75
Comunicación.....	78
Disposición de residuos.....	83
Condiciones naturales - Clima.....	87
Precipitaciones	87
Temperatura.....	88
Humedad	89
Inundaciones	90
Vías de comunicación	92
Marítima	93
Terrestre.....	95

Parques Industriales	96
Corrientes	97
Chaco	98
Santa Fe	101
Entre Ríos	102
Mercado	104
Industrias cosméticas	104
Industrias alimenticias	104
Factor Sociocultural	105
Urbanización	105
Niveles salariales	109
Marco Legal	110
Tarifas y leyes para la industria	110
Matriz final de Macroubicación	113
Estudio de Microubicación	114
Materia prima	115
Abastecimiento de materia prima	115
Disponibilidad de insumos	116
Logística	117
Servicios	118
Energía eléctrica	118
Gas Natural	119
Agua Potable	121
Desagües/ Drenaje	122
Comunicación	123
Condiciones Naturales - Clima	125
Precipitaciones	126
Temperatura	126
Humedad	128
Inundaciones	129
Vías de comunicación	129
Marítima	130
Terrestre	130
Parques Industriales	132
Cantidad de parques y áreas industriales	132
Disponibilidad de lotes	132

Transporte - Accesos	133
Costo de los lotes	135
Promoción industrial	135
Mercado	136
Industria Cosmética	136
Industria Alimenticia	136
Factor sociocultural	137
Urbanización.....	137
Ciudades cercanas.....	137
Escuelas técnicas y formación profesional	137
Niveles salariales	138
Marco Legal.....	139
Tarifas municipales.....	139
Leyes y normas.....	140
Matriz final de Microubicación	142
Parque industrial seleccionado	143
Ubicación geográfica.....	143
Entorno productivo.....	143
Infraestructura y servicios	143
Ventajas impositivas	144
Empresas radicadas	145
Lote seleccionado.....	146
Bibliografía.....	147
Capítulo 5: Proceso	
Introducción	150
Métodos de extracción convencionales.....	151
Método de extracción seleccionado	152
Descripción del proceso	153
Recepción y almacenamiento del salvado de arroz	153
Humedad de conservación.....	154
Temperatura de conservación	155
Condiciones de almacenamiento	155
Acondicionamiento del salvado	156
Secado del salvado de arroz	156
Mecanismo de fluidización y condiciones de secado.....	158
Extracción del aceite de salvado de arroz.....	159

Cinética de la extracción	161
Parámetros intervinientes de la extracción	163
Funcionamiento de la extracción	169
Desodorización del aceite de salvado de arroz.....	174
Fundamento del arrastre con vapor.....	174
Condiciones de operación	175
Composición del destilado	176
Descripción del proceso	177
Esterificación del destilado	178
Condiciones de operación	179
Funcionamiento del proceso.....	179
Fraccionamiento del destilado esterificado.....	180
Funcionamiento del proceso.....	180
Condiciones de operación	181
Composición del extracto y residuo de la columna.....	181
Envasado.....	182
Diagrama final de proceso	183
Bibliografía.....	184
Capítulo 6: Balances de masa	
Introducción	188
Balances de masa	188
I - Secado del salvado de arroz	188
II – Extracción del aceite de salvado	191
III – Desodorización del aceite bruto	194
IV – Esterificación del destilado	197
V – Fraccionamiento del destilado esterificado.....	199
Capítulo 7: Balances de energía	
Introducción	204
Balances de energía.....	204
I - Secado del salvado de arroz	204
II – Extracción del aceite de salvado	205
III – Desodorización del aceite bruto	208
IV – Esterificación del destilado	209
V – Fraccionamiento del destilado esterificado.....	211
Capítulo 8: Diseño de equipos	
Introducción	220

A – Secador de lecho vibrofluidizado	220
A.I – Diámetro medio de partícula.....	221
A.II – Velocidades de fluidización	221
A.III – Coeficiente de transferencia (h)	223
A.IV – Velocidad de secado	224
A.V – Caudal mínimo de aire.....	224
A.VI – Características del lecho	225
Densidad máxima del lecho	225
Porosidad mínima de fluidización (ϵ_{mf})	225
Porosidad del lecho (ϵ)	226
A.VII – Selección del equipo.....	227
B - Intercambiadores de calor	229
B.I - Intercambiador de calor I	229
B.I.I - Propiedades físicas de las corrientes involucradas	230
B.I.II - Diámetros de cañería	231
B.I.III - Cálculo del LMTD.....	231
B.I.IV - Cálculo del coeficiente global (U)	231
B.I.V - Temperatura de pared	233
B.I.VI - Área de intercambio y cantidad de tubos.....	234
B.I.VII - Caída de presión interna.....	235
B.I.VIII - Caída de presión externa	236
B.II - Intercambiador de calor II	237
B.II.I - Propiedades físicas de las corrientes involucradas	237
B.II.II - Diámetros de cañería	238
B.II.III - Cálculo del LMTD.....	238
B.II.IV - Cálculo del coeficiente global (U)	238
B.II.V – Temperatura de pared	241
B.II.VI - Área de intercambio y cantidad de tubos.....	241
B.II.VII - Caída de presión interna	242
B.II.VIII - Caída de presión externa	243
C – Reactor	244
C.I – Volumen del reactor	244
C.II – Presión, material y espesor.....	246
C.III – Consideraciones del diseño	250
C.IV – Placas deflectoras	251
C.V – Agitador	251

C.VI – Diseño térmico de la camisa calefactora	254
C.VII – Complementos	257
Bibliografía.....	257
Capítulo 9: Sistema de control automático	
Introducción	259
Sistemas de control convencionales	259
Retroalimentación y control anticipativo.....	260
Control proporcional	261
Control en cascada	261
Perturbaciones	261
Reactores Endotérmicos.....	262
Control mediante presión	262
Control mediante caudal de fluido calefactor	263
Componentes del sistema de control.....	264
Transmisor de temperatura	265
Controlador de temperatura	266
Válvula de control	267
Resumen de componentes.....	270
Bibliografía.....	270
Capítulo 10: Equipos y servicios auxiliares	
Introducción	273
Almacenamiento	273
Materiales de proceso	273
Silos de almacenamiento	274
Productos intermedios	275
Depósitos de solvente.....	276
Depósitos de agua.....	279
Transporte de sólidos	282
Tornillo sinfin	282
Transporte neumático	283
Transportador neumático portátil	284
Descarga manual.....	286
Báscula.....	287
Bombas.....	288
Servicios de agua y vapor	289
Requisitos y calidad del agua	290

Sistema de intercambio iónico	291
Caldera de agua caliente.....	293
Recuperación de calor	293
Vapor burbujeante	293
Selección de la caldera	294
Caldera de vapor	295
Sistema de refrigeración	297
Selección del sistema	297
Servicio de gas natural.....	298
Servicio de energía eléctrica.....	299
Bibliografía.....	302
Capítulo 11: Layout	
Introducción	304
Plano general.....	304
Zonas de la planta industrial	306
Flujo de materiales del proceso	308
Equipos y zonas de producción	309
Plano de evacuación.....	311
Sistema contra incendios	312
Distribución de matafuegos.....	313
Sistema de rociadores.....	315
Sistema de hidrantes	315
Abastecimiento de agua	317
Bombas y cañerías	318
Bibliografía.....	319
Anexo I: Seguridad e higiene	
Introducción	321
Normativa vigente.....	321
Seguridad e Higiene.....	323
Características constructivas	323
Provisión de agua potable	323
Carga térmica.....	323
Contaminación ambiental.....	325
Ventilación	325
Iluminación, colores y señalizaciones	326
Ruidos y vibraciones	330

Maquinaria con presión interna	330
Protección contra incendios – Carga de fuego	331
Elementos de protección personal	333
Ropa de trabajo.....	333
Protección de la cabeza.....	334
Protección ocular	334
Protección auditiva.....	335
Protección de extremidades inferiores	335
Bibliografía.....	336
Capítulo 12: Sistema de gestión integrado	
Introducción	338
Sistema de Gestión Integrado	338
Sistema de Gestión de Calidad: Norma ISO 9001	339
Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001	340
Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo: ISO 45001.....	342
Implementación conjunta del SGI.....	343
Ciclo PHVA	346
Principios del SGI	347
Elementos del SGI	348
Política de calidad.....	351
Estructura organizativa.....	352
Bibliografía.....	352
Capítulo 13: Evaluación de impacto ambiental	
Introducción	354
Objetivo	355
Etapas del proyecto.....	355
Etapa de construcción.....	356
Etapa de operación y mantenimiento	357
Etapa de cierre.....	359
Marco legal	359
Evaluación del entorno.....	361
Ubicación geográfica.....	361
Empresas radicadas en el parque industrial.....	362
Accesibilidad	363
Demografía	363
Humedad relativa	364

Radiación global	364
Heliofanía efectiva	364
Precipitaciones.....	364
Temperatura	365
Vientos.....	365
Matriz de impacto ambiental	365
Medidas de mitigación	366
Bibliografía.....	368
Capítulo 14: Evaluación económica	
Introducción	370
Inversión de capital fijo	370
Costos directos.....	371
Costo de los equipos	371
Costo de instalación, instrumentación y otros costos directos.....	373
Costos indirectos.....	374
Inversión total de capital fijo	375
Costo del producto	375
Costo de manufactura	375
Costos directos de producción	375
Costos por depreciación de equipos e inmuebles.....	377
Gastos generales de planta	377
Costos de materia prima y reactivos	377
Costos de servicios	378
Costo total de manufactura	378
Costo de gastos generales	378
Costo total de fabricación	379
Análisis financiero.....	379
Bibliografía.....	382
Conclusiones.....	384

Resumen ejecutivo

El propósito del presente trabajo es, principalmente, la creación de un proyecto de ingeniería el cual permita generar un producto útil y natural a partir de una materia prima considerada desecho o residuo de otra industria o bien, un subproducto de otro proceso. De esta manera, se lograría sustituir las importaciones de este mediante su producción local, a un costo muchísimo menor que el actual.

A partir de la elección de la materia prima, se realizará un estudio de mercado para determinar, en primera instancia, si su ejecución es económicamente viable. Posteriormente se analizará la ubicación de la planta industrial, el proceso que se utilizará y los sistemas de gestión a implementar. A esto, se le suma los balances de masa y energía, el diseño de equipos y evaluaciones de impacto ambiental. Se finaliza con un análisis económico y financiero que determina la viabilidad del proyecto.

Este trabajo contempla el diseño de una planta industrial que, combinando dióxido de carbono en estado supercrítico con otras operaciones auxiliares, consigue producir vitamina E, aceite desodorizado y un concentrado de ácidos grasos libres, utilizando salvado de arroz como materia prima el cual es considerado un subproducto de la industria arrocera.

Si bien la vitamina E es la tercera más utilizada en la formulación de productos cosméticos, alimenticios y farmacológicos, sólo existen siete empresas en el mundo que la producen en su forma natural y apenas una de ellas está radicada en Latinoamérica. En el mercado argentino hay actualmente más de 300 productos que contienen vitamina E en sus formulaciones y más de 80 empresas que la utilizan como materia prima.

Como se mencionó anteriormente, el salvado de arroz es un subproducto de la molienda del arroz. Dicho cultivo se desarrolla ampliamente en la zona mesopotámica de la Argentina. Este producto es comúnmente destinado, entre otras aplicaciones, a la fabricación de alimento balanceado para aves y porcinos (usándose como aditivo dado su elevado contenido en grasas) y a su utilización como aditivo en la industria cosmética.

CAPITULO 1

Introducción

Prólogo

Producción industrial de Vitamina E

Principales insumos

Descripción del proceso

Productos obtenidos

Producción industrial

El objetivo de este proyecto es diseñar un proceso industrial de manera tal que se logren extraer los principios activos del aceite de salvado de arroz. De esta forma, se obtienen dos productos comercializables: por un lado, un aceite desodorizado de salvado de arroz y por otro un concentrado de vitamina E rico en tocoferoles y tocotrienoles. De manera adicional se obtiene un concentrado de ácidos grasos libres que puede ser comercializable al igual que el resto de los subproductos generados durante el proceso de producción.

El proceso está diseñado de forma tal que el producto final tenga un grado de pureza tal que cumpla con las especificaciones de la industria cosmética y alimenticia. Según el capítulo XVIII, art. 1398 del Código Alimentario Argentino, el concentrado de vitamina E debe cumplir con determinadas características: debe ser un aceite viscoso claro, casi inodoro y tener un título mínimo de 34% de tocoferoles totales. El código no hace referencia a la cantidad de tocotrienoles (mayor poder antioxidante) ni a la calidad del aceite de salvado de arroz.

El proceso de obtención del aceite de salvado se basa en una extracción mediante CO₂ (dióxido de carbono) en estado supercrítico, seguido de una destilación al vacío por arrastre con vapor (con el fin de separar los triglicéridos) y una esterificación del destilado para modificar las solubilidades de los ácidos grasos libres y poder separar a posteriori la vitamina. Finalmente, para obtener el concentrado de vitamina E se plantea un fraccionamiento en dos etapas nuevamente con CO₂ en estado supercrítico.

Material de consulta

Como material de consulta se utilizaron varios documentos e informes, enumerados en los capítulos del proyecto, y principalmente las patentes enumeradas a continuación:

- Patent US005908940A- Processes for Recovering Tocotrienols, Tocopherols And Tocotrienol- Like Compounds.
- Patent US6395915B1- Method For Producing Purified Tocotrienols And Tocopherols Using Liquid Chromatography.
- Patent US006838104B2- Process For The Production Of Tocotrienols.
- Patent WO1991017985A1- Processes For Recovering Tocotrienols, Tocopherols And Compounds Similar To Tocotrienols.

Principales insumos

Dentro de los insumos que utilizaremos mayormente, se encuentran la materia prima principal (salvado de arroz) y el solvente utilizado en las extracciones, es decir, el dióxido de carbono en estado supercrítico. Por otra parte, también se utilizará etanol y ácido sulfúrico en muy bajas cantidades como catalizador en el proceso de esterificado.

Salvado de arroz

A continuación, se detalla un breve resumen de las características del salvado de arroz. Posteriormente, en el capítulo tres del presente proyecto, se realizará un análisis detallado de esta materia prima.

El salvado de arroz está formado por la cubierta exterior de los granos de arroz y se suele eliminar durante el proceso de refinado de este alimento destinado para consumo humano. Esta cáscara o cubierta externa se reutiliza para la alimentación animal, aunque desde hace años en zonas como los países asiáticos, es un producto popular muy valorado que se utiliza en la elaboración de recetas de cocina a partir de diferentes presentaciones, harinas, aceites, etc. Se estima que el salvado representa aproximadamente el 10% del peso del grano de arroz entero.

La principal característica del salvado es su alto contenido en grasa poliinsaturada. Asimismo, contiene una lipasa capaz de hidrolizar los triglicéridos que, en consecuencia, le otorga un alto riesgo de enranciamiento especialmente en zonas de clima cálido y húmedo y donde las condiciones de almacenamiento no son adecuadas. En algunas circunstancias se han observado niveles de oxidación de un 10% a las pocas horas de obtenerse el producto. La adición de antioxidantes ayuda a prevenir el problema, pero deben añadirse inmediatamente después del proceso de fabricación, y en cualquier caso no impiden la presencia de un elevado contenido en ácidos grasos libres. Otras alternativas para evitar este fenómeno son la extracción del aceite, lo que reduce su valor energético y su granulación posterior o el tratamiento del salvado a altas temperaturas (extrusión, expansión) para inactivar la lipasa. En cualquier caso, la principal recomendación es que se consuma muy fresco.

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un solvente no tóxico, no inflamable, no contaminante, relativamente barato que se elimina totalmente del producto por descompresión. Su poder solvente puede variar cambiando las condiciones de presión y temperatura, lo que permite trabajar a niveles de temperaturas que no alteran las propiedades del extracto. Por otro lado, la eficiencia de los métodos convencionales es bastante baja,

situación que se ve subsanada con la aplicación de la extracción y fraccionamiento con fluido supercrítico.

Un fluido supercrítico se define como cualquier sustancia que se encuentra por arriba de su temperatura y presión crítica. En este estado, la sustancia en estado supercrítico se comporta como un híbrido donde no se pueden distinguir sus fases, las cuales coexisten en estado líquido y gaseoso. Por lo tanto, la temperatura crítica es la máxima temperatura a la que un gas puede ser convertido a líquido mediante un incremento en la presión y la presión crítica es la máxima presión a la que un líquido puede ser convertido en un gas mediante un incremento de la temperatura del líquido.

La extracción y el fraccionamiento mediante dióxido de carbono supercrítico ha sido estudiado extensamente en las últimas dos décadas como alternativa a los procesos convencionales de aislamiento y/o concentración de componentes lipídicos minoritarios. Esta tecnología ofrece varias ventajas respecto a los procesos convencionales, como la operación a bajas temperaturas, ausencia de oxígeno en el proceso y un producto final sin residuos.

Descripción del proceso

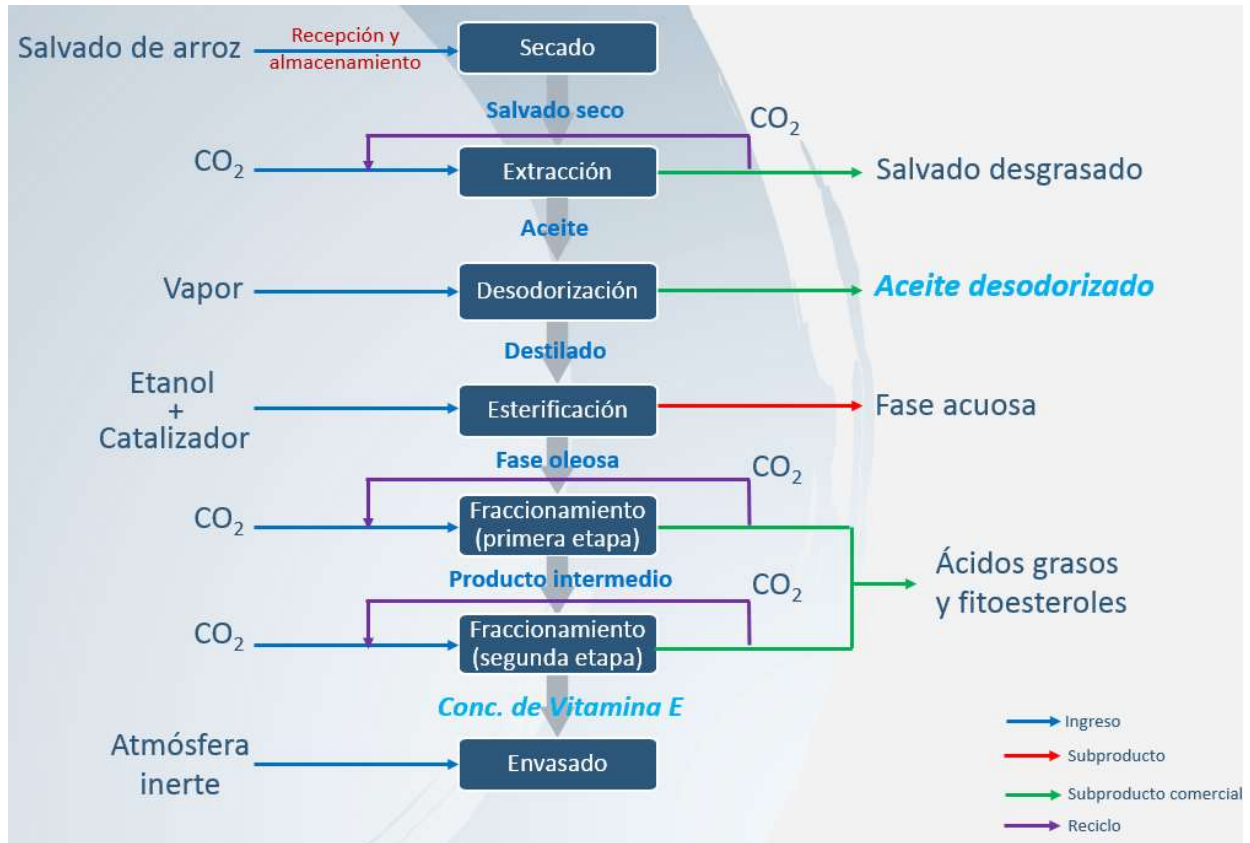
El proceso adoptado para la obtención de aceite desodorizado y Vitamina E puede ser explicado en 7 etapas principales:

1. Recepción y almacenamiento del salvado de arroz
2. Secado del salvado de arroz
3. Extracción del aceite de salvado de arroz
4. Desodorización del aceite de salvado de arroz
5. Esterificación del destilado de desodorización
6. Fraccionamiento del destilado esterificado
7. Envasado de la vitamina E

Se escoge como técnica para la extracción del aceite y la posterior concentración de la vitamina E, el uso de dióxido de carbono en condiciones supercríticas. Se incorporan, asimismo, operaciones auxiliares, a fin de preparar tanto el salvado de arroz como el destilado de la desodorización para la extracción y el fraccionamiento respectivamente. Estas operaciones auxiliares incluyen destilación al vacío por arrastre con vapor del aceite de salvado de arroz y esterificación del destilado.

En el siguiente gráfico se presenta un diagrama de bloques que resume brevemente el proceso a emplear.

Gráfico 1.1 – Diagrama del proceso



Productos obtenidos

Aceite de salvado de arroz

El aceite de salvado de arroz es aquel que se extrae del salvado, siendo ésta la capa que se encuentra entre la cáscara y el grano propiamente dicho. Este aceite, tiene como características un alto punto de humo (entre 232 y 254 °C) y un sabor suave, lo que lo hace adecuado para métodos de cocción a alta temperatura como saltear o freír. Es popular como aceite de cocina en India y los países de Asia oriental, tales como Nepal, Bangladesh, Indonesia, Japón y Malasia.

Según estudios recientes, es posible extraer aproximadamente un total de 940 mg de tocoferoles por cada 100 g de aceite¹ y alrededor de 700 mg de tocotrienoles, es decir que cerca del 2% del aceite extraído es vitamina E. El concentrado final, luego del

¹ Supercritical fluid extraction (SFE) of rice bran oil to obtain fractions enriched with tocopherols and tocotrienols, C. M. P. Sarmiento, S. R. S. Ferreira and H. Hense

proceso, posee 60% de tocotrienoles y 40% de tocoferoles. Los principales ácidos grasos libres presentes en el aceite crudo (si el método de extracción es con dióxido de carbono supercrítico) son el ácido palmítico y el ácido linoleico. A continuación, se adjunta una tabla con la composición y propiedades que debe tener el aceite según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA):

Tabla 1.1 – Composición en 100 g de aceite de salvado (USDA, 2022)

Composición	Cantidad
Energía, Kcal	884
Proteínas, g	0
Lípidos totales, g	100
Tocoferoles, mg	39,5
α-tocoferol, mg	32,4
β-tocoferol, mg	1,8
γ-tocoferol, mg	5,3
Tocotrienoles, mg	58,5
α-tocotrienol, mg	23,6
γ-tocotrienol, mg	34,9
Filoquinona (Vitamina K), μg	24,7
Ácidos grasos saturados, g	19,7
Palmítico, g	16,7
Mirístico, g	0,12
Esteárico, g	2,88
Ácidos grasos monoinsaturados, g	42
Oleico (omega-9), g	39,1
Ácidos grasos polinsaturados, g	35
Linoleico (omega-6), g	33,4
α-Linolénico (omega-3), g	1,6
Ácidos grasos libres, g	1
Fitoesteroles, g	1,19
γ-orizanol, mg	297,5
Tocoferoles y tocotrienoles, mg	98
β-sitosterol, mg	595
Stigmasterol, mg	107,1
Campesterol, mg	92,4
Hierro, mg	0,07

Tabla 1.2 – Propiedades del aceite de salvado de arroz.

Fuente: "What is Rice Bran Oil". A. P. Refinery.

Propiedades	Valor
Energía c/100 g	3700 kJ (884 kcal)
Punto de humo	232°C (450°F)
Índice de yodo	99-108
Acidez	1,2
Numero de saponificación	180-190

Concentrado de tocoferoles y tocotrienoles (Vitamina E)

El producto obtenido al final del proceso es un concentrado de vitamina E natural al 30%. El mismo será apto para la industria cosmética y alimenticia basado en la definición del Código Alimentario Argentino (CAA) en cuanto a un concentrado de tocoferoles mixtos. Cabe aclarar que el CAA no hace referencia a la concentración de tocotrienoles, los cuales ofrecen un poder antioxidante más potente que los tocoferoles. De acuerdo con esto, el producto se enmarca en el artículo 1398 del capítulo XVIII, definiéndose como aditivo alimentario:

“Los aditivos alimentarios que integran la lista positiva del Código Alimentario Argentino no contendrán más de 3 mg/kg de arsénico, como As; de 10 mg/kg de plomo, como Pb; y de 40 mg/kg de metales pesados como Pb, salvo indicación particular diferente. En general, se recomienda que no contenga más de 50 mg/kg de hierro y cobre globalmente. Responderán a las exigencias que a continuación se detallan:

163. Tocoferoles mixtos (concentrado) => Características: Aceite viscoso claro, de color rojo pardusco a rojo, casi inodoro. Título, mín: 34% de tocoferoles totales. d- α -tocoferol: no menos de 50% de los tocoferoles totales. Acidez libre: no más de 5,6 mg KOH/g. Antioxidante FAO/OMS”

Finalmente, en la tabla 1.3 se detalla la composición estimada del concentrado obtenido. Estos datos fueron obtenidos a partir de distintas publicaciones científicas y trabajos de investigación:

Tabla 1.3 - Composición media del concentrado de vitamina E.

Fuente: Elaboración propia en base a USDA, 2022.

Componente	Porcentaje (%)
α - tocoferol	8,68
β - tocoferol	0,45
γ - tocoferol	3,65
δ -tocoferol	0,78
α – tocotrienol	6,29
β – tocotrienol	0,01
γ – tocotrienol	14,77
δ -tocotrienol	0,37
Ácidos grasos esterificados	5
Fitoesteroles	60

Bibliografía

- Patent US005908940A- Processes for recovering tocotrienols, tocopherols and tocotrienol-like compounds.
- Patent US6395915B1- Method for producing purified tocotrienols and tocopherols using liquid chromatography.
- Patent US006838104B2- Process for the production of tocotrienols.
- Patent WO1991017985A1- Processes for Recovering tocotrienols, tocopherols and compounds similar to tocotrienols.
- Supercritical fluid extraction (SFE) of rice bran oil to obtain fractions enriched with tocopherols and tocotrienols, C. M. P. Sarmiento, S. R. S. Ferreira and H. Hense.

CAPITULO 2

Estudio de Mercado

Introducción

Mercado consumidor

Provisión de Materia Prima

Competencia

Estimación del volumen de planta

Conclusión

Introducción

Normalmente se define a las vitaminas como sustancias que el cuerpo humano necesita para desarrollarse normalmente. Las mismas no pueden sintetizarse, por lo que se denominan comúnmente compuestos esenciales y son obtenidas de agentes externos tales como la alimentación, suplementos, etc., en pequeñas cantidades.

Dentro de las 13 vitaminas esenciales para los seres humanos, se encuentra la vitamina E que es utilizada para designar a un grupo de ocho especies naturales de tocoferoles y tocotrienoles (α , β , γ , y δ). Junto con las vitaminas A, D y K constituyen el grupo de las vitaminas liposolubles, es decir, solubles en lípidos y solventes orgánicos.

El objetivo de este proyecto es obtener Vitamina E en las formas de D-alfa-tocoferol y D-alfa-tocotrienol a partir del procesamiento de salvado o afrecho de arroz que en el presente trabajo se considerará como la materia prima a utilizar. El mismo es un subproducto importante de la industria arroceras y será provisto por los molinos arroceros ubicados en el litoral argentino. Según el Ministerio de Hacienda de la Nación, en 2016 la provincia con mayor superficie de cosecha fue Corrientes (41% de las hectáreas totales), seguida por Entre Ríos (33%), Santa Fe (19%) y Chaco (3%). Sin embargo, en lo que respecta al procesamiento del arroz, Entre Ríos procesó el 79% de las toneladas, Santa Fe el 15%, Chaco el 3%, Corrientes el 2% y Misiones el 1%. Estos últimos porcentajes resultan de interés para el presente trabajo porque la materia prima es obtenida del procesamiento y no de la cosecha.

En el primer tramo de vida de la empresa, se planifica la venta dentro del mercado nacional, con la posibilidad de la inserción en el mercado externo a largo plazo. El mercado consumidor al cual se apunta son las industrias manufactureras que utilizan como materia prima vitamina E, tales como la cosmética y alimenticia. Se descarta la utilización en la industria farmacéutica debido a la necesidad de lograr un mayor grado de pureza.

Como principal competidor en el país se encuentra la empresa AOM S.A., la cual ofrece Vitamina E extraída del aceite de girasol. Sin embargo, la obtención a partir del afrecho de arroz posee numerosas ventajas respecto al producto de la competencia, siendo un producto totalmente nuevo en el país.

Mercado Consumidor de Vitamina E

El interés por la vitamina E ha crecido notablemente debido a los distintos beneficios que provee, tales como su poder antioxidante y su papel frente a enfermedades relacionadas con el avance de la edad tales como trastornos cardiovasculares o Alzheimer.

En los últimos años la demanda mundial de vitamina E natural ha crecido enormemente, alcanzando los 2000 millones de dólares en 2015 y para el año 2024 se proyecta un crecimiento sostenido hasta alcanzar los 2400 millones de dólares. La producción mundial total (sintética y natural) de vitamina E ha alcanzado las 45.000 toneladas, siendo la producción de vitamina E natural el 20% de este valor (alrededor de 9.000 toneladas).

A raíz de los hábitos de vida poco saludables adoptados, la población ha estado experimentando un crecimiento en las enfermedades crónicas tales como cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Esta situación ha provocado un aumento dramático en el suministro de vitaminas y suplementos dietéticos. Transparency Market Research (TMR), compañía centrada en reportes y servicios de información, informó que se espera que el mercado mundial de vitamina E natural se expandirá a un 12.8% CAGR (compound annual growth rate) y crezca a \$ 2.251,7 millones para el año 2024.

El mercado de Vitamina E de fuentes naturales está progresando en diferentes continentes. En América del Norte representó más del 40% en 2015 y en Europa el 26%. En ambas regiones, la creciente conciencia acerca de tener un estilo de vida saludable y la mayor comprensión por la importancia de los nutrientes por el uso de suplementos, son los impulsores de este mercado. La presencia de excelentes canales de distribución también asegurará el crecimiento del mercado en Europa y América del Norte. Por otro lado, en los países en desarrollo de Asia Pacífico, el aumento de la accesibilidad de la vitamina E de origen natural debido a la suba de sus ingresos, está ayudando al desarrollo del mercado. Se estima que durante el período de pronóstico de 2016 a 2024, el mercado de vitamina E de origen natural de Asia Pacífico se expandirá a un 13.3% CAGR, por lo tanto, China también será un mercado lucrativo en la región de Asia Pacífico para la vitamina E de fuente natural.

Situación Mundial

La vitamina E pertenece al grupo de las vitaminas solubles en grasas. Actúa como antioxidante y como regulador de la actividad enzimática. También desempeña un papel

importante en las funciones neurológicas, protege los lípidos y previene la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados.

La preocupación de los consumidores con respecto a los aditivos químicos tóxicos utilizados en alimentos, bebidas, suplementos dietéticos y productos de cuidado personal, entre otros, está impulsando el crecimiento de la vitamina E natural en todo el mundo. Como clasificación química, la vitamina E de fuente natural se divide en tres tipos de productos: tocoferoles, tocotrienoles y otros. Por otro lado, si la clasificación es realizada respecto a la aplicación de la vitamina, el mercado se subdivide en suplementos dietéticos, alimentos y bebidas, cosméticos y otros. Si la clasificación es por región geográfica, se pueden subdividir cinco regiones geográficas: América del Norte, Europa, Asia Pacífico, Oriente Medio y África, y América Latina.

El crecimiento del mercado de la Vitamina E de fuente natural se debe a la creciente preocupación por la salud que enfrentan las personas debido a los estilos de vida poco saludables y sedentarios. Ha habido una creciente necesidad y demanda de vitamina E de fuente natural, que induce una vida saludable y el bienestar entre las personas. Además, el envejecimiento de la población depende en gran medida de vitaminas y otros nutrientes que son naturales y efectivos en comparación con otros medicamentos. Sumado a esto, las reformas económicas junto con el crecimiento en el sector de la salud en general y el aumento de las inversiones de capital privado en la industria de las vitaminas naturales está destinada a impulsar el crecimiento del mercado a nivel mundial. De acuerdo con el estudio de Fortune Business Insights los mayores proveedores de vitamina E natural son Archer Daniels Midland Company y Basf S.E.

América del Norte y Europa fueron los mayores contribuyentes del consumo de vitamina E de fuente natural en todo el mundo. Con respecto a América Latina, el valor del mercado es 164.53 millones de dólares en 2018 y un crecimiento estimado al 3% CAGR. Se estima que el mercado de vitamina E natural en América Latina alcanzará un valor de 283.55 millones de dólares hacia el 2023. Los datos actuales y las proyecciones indican que el mercado latinoamericano se está desarrollando a un ritmo excepcionalmente veloz.

El mercado de las vitaminas y los suplementos alimenticios representó un 41% de la demanda global en 2017², con un incremento del 3% respecto al 2016. Dicha suba se debe al crecimiento de las ventas en las regiones emergentes de Latinoamérica, con una tasa de crecimiento anual de 4,3% en el periodo 2012-2017. En Europa del Este y Asia, la tasa de crecimiento anual es de 3,5% y 4,1%, respectivamente. Según el estudio, se

² Anuario Consumer Health 2018, publicado por Euromonitor.

prevé un aumento considerable de las ventas de cara al 2023, pudiendo llegar a alcanzar los 250 mil millones de dólares.

Actualmente las empresas dedicadas a la producción de vitaminas se pueden agrupar en dos sectores geográficos bien definidos: el occidental (Unión Europea y Estados Unidos) y el oriental (China y Japón). La distribución de las principales empresas integrantes de ambos sectores se lista en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 - Principales empresas productoras de vitaminas a nivel mundial

EMPRESAS OCCIDENTALES	EMPRESAS ORIENTALES
ROCHE/ DSM	NORTH-EAST
BASF	SUNVE
AVENTIS	TAKEDA
DANISCO	EISAI
SOLVAY	DAICHI
MERCK	DAVOS LIFE SCIENCE
EASTMAN CHEMICAL COMPANY	RHONE-POULENC
ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY	
HENKEL	

Las firmas ROCHE/DSM, BASF y la Corporación de Productores Chinos abarcan más del 90% del mercado vitamínico mundial.

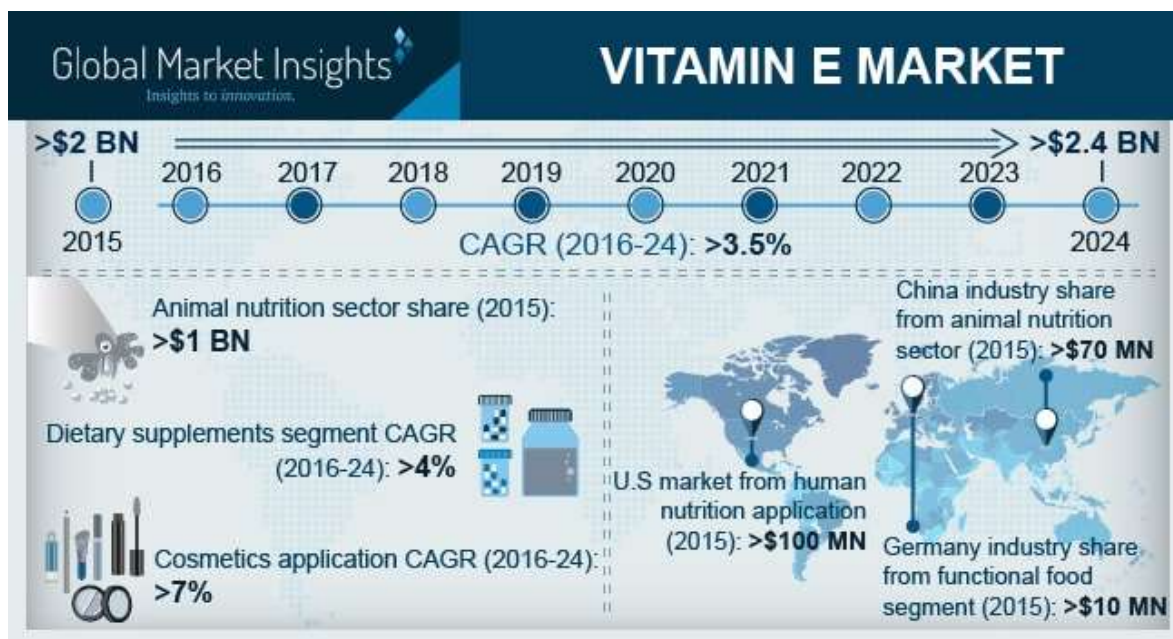
Consumo de Vitamina E

Las aplicaciones para la vitamina E de fuente natural incluyen alimentos y bebidas, alimentos para animales, suplementos dietéticos y productos cosméticos. De estos, el segmento de suplementos dietéticos no solo lideró en el pasado, sino que también experimentará un crecimiento en los próximos años debido a la promesa de los suplementos de prevenir enfermedades crónicas o aumentar la longevidad. La expansión de las cadenas de distribución también ayudará a la demanda de suplementos dietéticos a base de vitamina E tales como bebidas energéticas, tabletas y cápsulas.

Otras áreas de aplicación del mercado de la vitamina E natural incluyen la alimentación animal. El alfa-tocoferol es el principal compuesto activo de la vitamina E natural utilizada tanto en los alimentos como en los suplementos de las dietas alimentarias animales. Este tocoferol actúa como un antioxidante biológico,

manteniendo la integridad funcional y estructural de las células y mejorando la inmunidad y la salud de los animales. Además, estos antioxidantes son agregados a la materia prima animal para mejorar la estabilidad oxidativa y aumentar la vida útil de la carne. Teniendo en cuenta todos estos factores, existe una demanda significativa de vitamina E natural en la alimentación animal.

Figura 2.1 - Mercado de Vitamina E



En nuestro país, la vitamina E tiene, mayormente, origen extranjero y se emplea en distintas ramas de la industria manufacturera. En la Tabla 2.2 se destacan los sectores industriales que importan mayor cantidad de vitamina E.

Tabla 2.2 - Sectores industriales que utilizan vitamina E

SECTOR INDUSTRIAL	USOS
Industria Cosmética	Elaboración de productos cosméticos.
Industria Alimenticia	Elaboración de alimentos funcionales.
Industria Farmacéutica	Elaboración de suplementos vitamínicos y otros.

Industria Farmacéutica

La definición de industria farmacéutica comprende a las empresas radicadas en el país que producen y/o comercializan medicamentos para uso humano. Incluye la reventa en el mercado interno de productos importados, ya sean listos para su uso o que sólo requieran fraccionamiento local. Esto representa un rango de 85% a 90% de la facturación global de la industria³.

La empresa BDO señala que el 71,8% de la demanda interna es abastecida por medicamentos de producción local, mientras que un 20% de la producción se destina a la exportación. Los principales destinatarios de estas exportaciones son Brasil, Venezuela, Chile, México, Colombia, Uruguay y los países del sudeste asiático. En el mismo informe se menciona que la industria farmacéutica representa el 4,9% del valor agregado de la totalidad del sector industrial nacional. Coincidiendo con estas proyecciones, el informe de coyuntura para la industria de la consultora Deloitte, pronostica que tanto en la Argentina como en el resto de Latinoamérica la industria farmacéutica crecerá a una tasa del 6,5% anual hasta 2021. Según el informe, la Argentina integra junto a la India, Indonesia y Ucrania un grupo de países en el que la industria farmacéutica tendrá un considerable éxito. En la misma línea, el informe "Pharma 2020. From vision to decision", de la consultora especializada PwC, afirma que el bloque de los países emergentes -entre los que se encuentra la Argentina- generará ingresos por 499 millones de dólares en 2020 por venta de medicamentos.

El sector presenta una significativa concentración geográfica en el área metropolitana (79% entre CABA y GBA). Únicamente en la Ciudad de Buenos Aires se encuentra el 51% de los laboratorios. A su vez, el Gran Buenos Aires (GBA) concentra el 28%. Luego de Buenos Aires, las provincias con mayor concentración son Santa Fe y Córdoba, aunque con valores significativamente inferiores -6,5% y 5,7%-, respectivamente- (MECON, 2015).

Industria Cosmética

El sector de cosméticos y perfumería se caracteriza por producir y/o comercializar bienes de consumo que han ido ocupando un espacio cada vez más preponderante en la vida cotidiana, a punto tal que muchos de ellos son considerados como imprescindibles.

³ La facturación global incluye productos que no están comprendidos en la ATC, como suplementos dietarios, cosméticos o lentes intraoculares, etc.

Las principales materias primas utilizadas por el sector provienen de la industria química. La gran mayoría son importados, ya que Argentina cuenta con una escasa oferta local. Estados Unidos, Alemania y Suiza son los mayores proveedores de estas.

Tabla 2.3 - Composición del mercado de artículos de tocador, cosmética y perfumería

Categoría de productos	Caráct. del mercado	Principales empresas y marcas
Fragancias	MC	L’Oreal (Lancome París, Perfumes Ralph Lauren, Perfumes Giorgio Armani, Cacharel); Diffupar (b) (Orlane, Enjoy); Coty (Adidas, Chanson); New Revlon de Argentina (a) (Charlie, Aquamarine); Cannon Puntana (a) (Colbert, Kevin, Cannon Musk, L’Amour, L’Extreme); Cosméticos Avon (b)
Artículos de tocador	BC	Unilever (a) (Dove, Axe, Rexona, Lux, Impulse); Procter & Gamble (Old Spice); Colgate Palmolive (a) (Palmolive, Polyana); Coty (a) (Adidas, Dufour, Coty); La Fármaco (a) (Alberto VO5, Antiall, Veritas); Gillette (a) (Jovialle, Gillette)
Cremas	MC	Beiersdorf (b) (Nivea); L’Oreal (Revitalift, Age Perfect); La Fármaco (a); Natura Cosméticos ; Mary Kay Cosméticos , Unilever (Pond’s)
Maquillajes	MC	Cosméticos Avon (a); New Revlon (b); L’Oreal (b) (L’Oreal Paris, Miss Ylang, Garnier); Compañía Americana de Lápices (a); Mary Kay Cosméticos ; Natura Cosméticos ; Gigot (a); Tsu Cosméticos (a)
Capilares	BC	Unilever (a) (Sedal, Dove); Procter & Gamble (b) (Head & Shoulders, Pantene); L’Oreal (Elseve, Studio Line, Excellence); Laboratorio Cuenca (a) (Issue); Capilatis (a) (Capilatis); Ondabel (a) (Wella); Plumari (a) (Nougat, Lindsay, Plumari Professional); Biferdil (a)
Niños y bebés	MC	Johnson & Johnson (Johnson’s Baby); Cannon Puntana (a) (Mujercitas, Pibe’s, Paco, Coqueterías); La Fármaco (a) (Veritas); Saint Julien (a)
Higiene oral	AC	Colgate Palmolive (b) (Colgate, Odol, Kolynos); Gillette (Oral B, Pro); Unilever (Close Up)
Higiene descartable	MC	Kimberly Clark (a) (Huggies, Pulls Up, Days); Procter & Gamble (a) (Pampers, Always); Johnson & Johnson (a) (Carefree, OB); Papelera del Plata (a) (Babysec, Ladysoft)
Hojas y sistemas de afeitar	AC	Gillette (Gillette Mach 3, Sensor, Women Sensor); Bic (Bic Confort, Bic Twin)

Fuente: Centro de estudios para la producción (CEP)

Referencias (I)

Alta Concentración (AC): tres o menos empresas concentran menos del 85% del mercado.

Moderada Concentración (MC): seis o siete empresas tienen el 70-80% del mercado o tres empresas tienen el 50%.

Baja Concentración (BC): tres a seis empresas manejan el 40-50% del mercado.

Referencias (II)

(a) Producción local (en planta propia o por terceros) relevante respecto a su operación.

(b) Producción local (en planta propia o por terceros) poco relevante respecto a su operación.

La mayor parte de las empresas que componen el sector son Pymes las cuales tienen mayor presencia en los rubros fragancias, tratamientos para la piel, cabello y maquillajes. Por otro lado, las grandes firmas (que constituyen un pequeño núcleo, con mayoría de transnacionales) tienen una participación importante dentro de la línea de productos más sofisticados. La encuesta CEP revela que existe un 21% de empresas de gran tamaño, de las cuales casi el 70% están controladas total o parcialmente por capitales extranjeros. En cuanto a las zonas de localización, la mayor parte de las firmas se concentran en Capital Federal, Gran Buenos Aires y Provincia de Buenos Aires (Gráfico 2.1).

Gráfico 2.1 - Estructura del sector por localización de empresas
Fuente: CEP

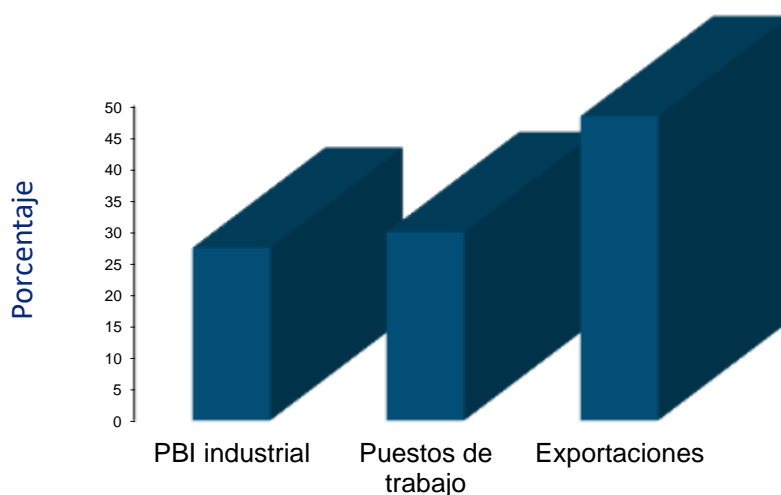


Por falta de insumos, las empresas del rubro importan materias primas como vitaminas, esencias, colorantes, etc. Por lo tanto, la vitamina E de producción nacional tiene una gran posibilidad en este mercado de constante crecimiento.

Industria Alimenticia

Según el Manual de Clasificación de Actividades Económicas de la ONU, la industria alimenticia elabora los productos de la agricultura, ganadería y la pesca para convertirlos en alimentos y bebidas para consumo humano o animal, comprendiendo también la elaboración de productos intermedios que no son directamente productos alimenticios. La primera variable a utilizar para medir la importancia de la industria de alimentos y bebidas es el valor bruto de producción, el cual es igual al 27.53% del valor agregado generado por la industria manufacturera, e igual al 5.63% del valor agregado generado por la economía argentina o Producto Bruto Interno (PBI). La importancia del sector alimenticio en la Industria Manufacturera se muestra en el Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2 - Importancia del sector alimentos y bebidas en la industria manufacturera Argentina (2013) - Fuente: CIPA



Alimentos Fortificados

El Código Alimentario Argentino (CAA) establece en el capítulo XVII Artículo 1363 - (Resolución Conjunta SPyRS N° 118/2008 y SAGPyA N° 474/2008) que se entiende por “alimentos fortificados” aquellos alimentos en los cuales la proporción de proteínas y/o aminoácidos y/o vitaminas y/o sustancias minerales y/o ácidos grasos esenciales es superior a la del contenido natural medio del alimento corriente, por haber sido suplementado significativamente. La porción del alimento fortificado deberá aportar entre un 20% y 50% para vitaminas liposolubles y minerales, o 20% y 100% para vitaminas hidrosolubles de los requerimientos diarios recomendados establecidos. Mientras que en el artículo 1369 - (Res 1505, 10.08.88), define a los alimentos enriquecidos a aquellos a los que se han adicionado nutrientes esenciales (vitaminas y/o minerales y/o proteínas y/o aminoácidos esenciales y/o ácidos grasos esenciales) con el objeto de resolver deficiencias de la alimentación que se traducen en fenómenos de carencia colectiva. No se autorizará la fortificación de las siguientes clases de alimentos: cárneos y productos derivados, helados, alimentos azucarados (excepto los que contengan jugo en su composición), bebidas analcohólicas o polvos para prepararlas (excepto en ambos casos que contengan jugo en su composición), aguas, aguas carbonatadas, aguas minerales, con o sin gas.

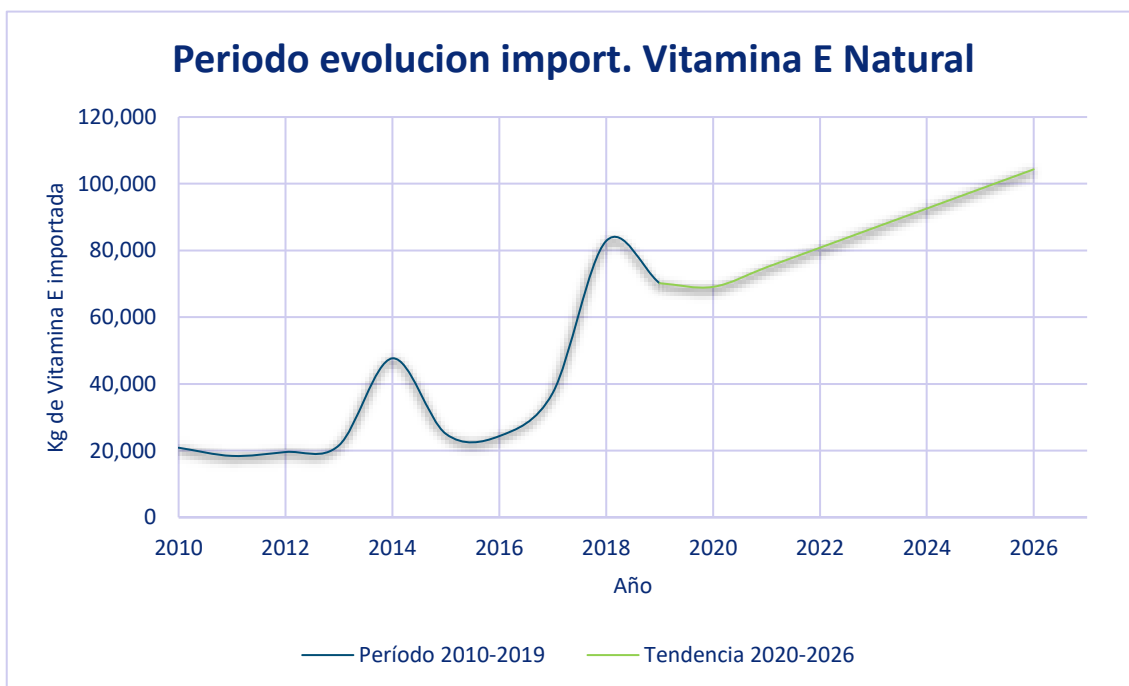
El Codex Alimentarius utiliza el término fortificado como sinónimo de enriquecido, definido como la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrado de uno o más nutrientes en la población o grupo específico de población.

Un mercado en constante crecimiento es la fortificación de alimentos balanceados para animales. Más del 80% de las industrias de alimentos balanceados tienen una o más líneas de productos fortificados con Vitamina E. En la última década las exportaciones de alimentos balanceados para animales de producción mostraron un crecimiento exponencial que llevó a un aumento en valores desde los 5 millones de dólares de principios del 2000 a los 230 millones de dólares que se facturan en la actualidad, en un contexto donde el mercado interno también muestra una mejora sostenida. La demanda interna de alimentos para animales de producción -aves y ganado de engorde a corral, entre otros- viene registrando un alza sostenida en el país, por lo que el sector ya trabaja para alcanzar en 2025 las 28 millones de toneladas. Hoy, considerando a los autoelaboradores, existen en Argentina 1.500 industrias de alimentos balanceados⁴. El sector de alimentos para mascotas creció en la última década más de 170% en consumo interno y empresas multinacionales líderes como Nestlé y Mars anunciaron inversiones en los últimos meses que aumentarán exportaciones y puestos de trabajo. El mercado de alimentos para mascotas en la Argentina fue de 626.523 toneladas en 2017, de las cuales el 84% correspondió a alimentos para perros y el 16%, a nutrición para gatos, de acuerdo con la Cámara Argentina de Empresas de Nutrición Animal. Además, los niveles de venta duplican el promedio de la región y el país representa 12% del mercado de América Latina y el Caribe.

Mercado Argentino de Vitamina E

En Argentina, durante el período 2010-2019, las importaciones de vitamina E en las formas natural y sintética de alfa tocoferol, alcanzaron un valor de aproximadamente 10.741.728 dólares y se registraron 40 empresas importadoras. De los datos obtenidos, se estima que el 88% de las empresas que importan pertenecen al rubro alimenticio y cosmético y el resto a la industria farmacéutica. El volumen de importación en este periodo alcanzó las 367 toneladas y el precio promedio FOB fue U\$S 29 USD/Kg. Los principales países de los que se importa la vitamina E son China, Alemania, Suiza, Francia y Estados Unidos. En el año 2019, se destaca la importación de productos desde India, adjudicándose la segunda posición entre los países proveedores de alfa tocoferol. A futuro, teniendo en cuenta la cantidad de kg de vitamina E importada en los últimos años, se aprecia una tendencia de crecimiento que probablemente se sostenga en los próximos años. Se realizó una línea de tendencia hasta el año 2026 que arrojan los siguientes resultados (Fuente: NOSIS).

⁴ Fuente: Semanario Infocampo.

Gráfico 2.3 – Evolución de importaciones de Vitamina E - Fuente: NOSIS

Por el lado de las exportaciones, durante el período 2010-2017 se exportaron un total de 356 toneladas a un precio FOB promedio de 67,29 USD/Kg. El país de destino más preponderante es Estado Unidos, con un 78% de las importaciones, seguido por España (17%) y los Países Bajos (6%). Es importante destacar que la empresa que más cantidad de vitamina E es AOM S.A, considerada como competencia para el presente trabajo. Considerando los volúmenes de importación y exportación, se concluye que es factible el desarrollo del proyecto tanto en el mercado interno como en el externo.

Mercado de Aceite de Salvado de Arroz

Dado la situación de que se generan grandes cantidades de aceite de salvado de arroz al finalizar el proceso de transformación desde el afrecho hacia la vitamina E, se procede a hacer un breve análisis de mercado del mismo, con el objetivo de verificar su comportamiento en el mercado y la factibilidad de su comercialización.

El aceite crudo de salvado de arroz está compuesto principalmente por fitoesteroles, ácidos grasos esterificados y vitamina E que no es posible extraer hacia el concentrado final ofrecido.

El aceite de salvado de arroz es muy poco utilizado en Argentina, sin embargo, en la región asiática (Japón, India, Bangladesh y China) es uno de los aceites más utilizados, donde se usa como cualquier aceite vegetal para cocinar.

Dado que el aceite de salvado se extrae mediante CO₂ supercrítico, el mismo no requiere refinamiento a diferencia de la extracción por solventes orgánicos como el ciclohexano, el cual genera un aceite de color oscuro, con alta acidez y alto contenido de fosfátidos.

Situación Mundial y Consumo

Durante el año 2017, la producción mundial de aceite crudo de salvado de arroz alcanzo 1.770.000 toneladas.

El país líder de producción de aceite es India, con aproximadamente el 57% del total producido (ver tabla 2.4). El menor precio obtenido por tonelada de aceite fue 80 U\$\$/ton y el mayor 250 U\$\$/ton.

Por otro lado, se estima que el mayor importador de aceite es Japón, donde el aceite es considerado un alimento nutritivo de primera calidad.

Desde China, el gobierno ha creado un plan de utilización y promulgación de la producción de aceite de salvado de arroz, al considerar que, al ser los primeros productores de arroz del mundo, deben utilizar el desperdicio para darle valor al salvado. Este plan establece que para el corriente año (2020), la tasa de utilización del aceite de salvado de arroz debe llegar al 50%.

Tabla 2.4 – Producción de aceite de salvado de arroz crudo en toneladas -
(Androit Market Research -2019)

Country	Production of crude rice bran oil (tones)
India	1,000,000
China	440,000
Thailand	134,000
Bangladesh	90,000
Japan	65,000
USA	25,000
Vietnam	23,000
Total	1,770,000

Es necesario recalcar que el aceite de arroz no solamente es empleado en la rama culinaria, sino también en las industrias.

Como parte de los fitoesteroles, se encuentra la molécula de γ -orizanol, cuya única fuente de obtención es el salvado de arroz y es altamente utilizada en la industria cosmética. El γ -orizanol tiene una gran capacidad de absorción de los rayos UV-A y UV-B y se emplea, por ejemplo, en la elaboración de productos de protección solar. También, se usa en productos para tratar la piel madura y actuando como antioxidante. Estimula las glándulas sebáceas y, por lo tanto, es ideal para el cuidado de la piel seca, deshidratada y madura. Por la misma razón, es ideal para el cabello y para el cuidado de los labios⁵. En el mercado japonés, también ha sido utilizada como antioxidante natural en alimentos y bebidas.

Si se continuara procesando el aceite, podríamos aislar varios componentes perfectamente utilizables tales como lecitina o la cera de salvado de arroz (que puede ser utilizada como reemplazo de la cera de carnaúba) empleada en recubrimientos de papel, textiles, explosivos, lubricantes, crayones, etc. Por otro lado, existen estudios enfocados en la producción de biodiesel a partir del aceite de salvado de arroz.

Este proyecto no abarcará tales procesos, pero es indispensable mencionarlos para reconocer la factibilidad económica de lo obtenido durante la producción de vitamina E.

Mercado Argentino de Aceite de Salvado de Arroz

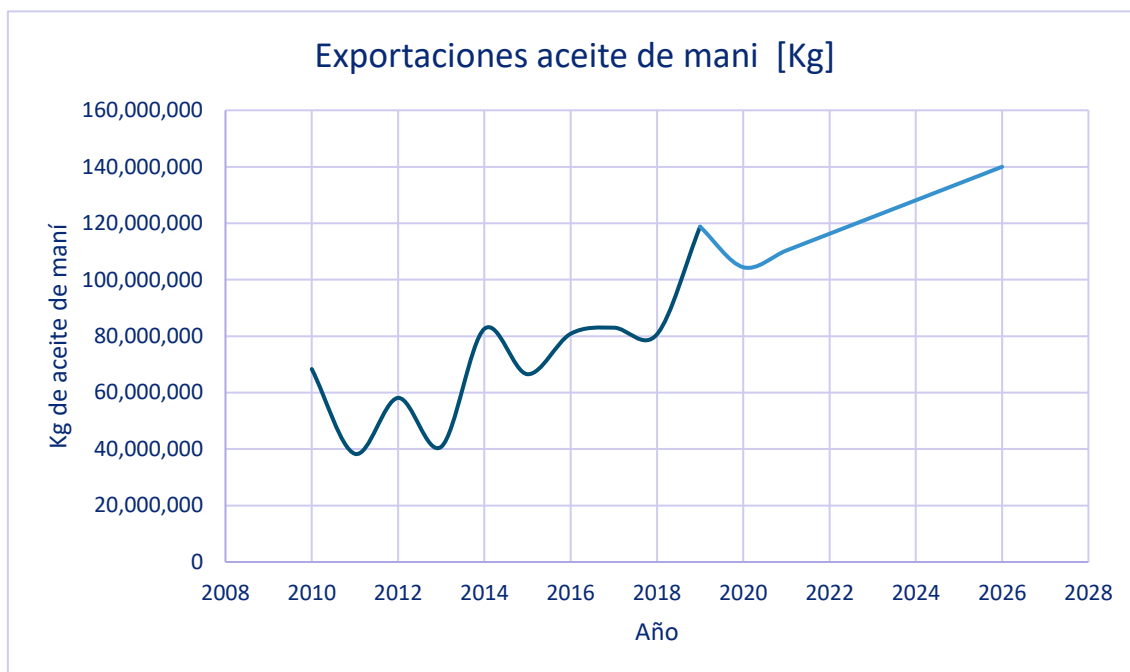
Dado que en nuestro país los consumidores tienen alta preferencia por los aceites neutros, livianos, translúcidos y/o ligeramente coloreados, como es el caso del aceite de girasol, no se disponen datos de aceite de arroz para evaluar el mercado.

Sin embargo, y a raíz de que el aceite de arroz posee una estructura similar al aceite de maní se hizo el análisis pertinente utilizando los datos de este.

Argentina es el primer país exportador del mundo de aceite de maní y estas son principalmente adquiridas por China. El volumen promedio de los últimos 4 años fue de 90.000 toneladas. El precio promedio por kilo de aceite fue de 1.16 U\$S.

Si consideramos que el gobierno chino está incentivando el consumo y producción de aceite de arroz, se podría asumir que parte de estas exportaciones de aceite maní podrán ser absorbidas por el aceite de salvado.

⁵ Käser, Heike (2010). Naturkosmetische Rohstoffe (3° edición)

Gráfico 2.4 – Evolución exportaciones aceite de maní - Fuente: NOSIS

Respecto al mercado local, los datos disponibles son escasos. La importación del aceite de maní es baja considerando que Argentina es el primer exportador mundial (se importan cerca de 4000 kilos por año).

Sin embargo, el aceite de salvado de arroz podría introducirse como un nuevo producto en el país, considerando el perfil del consumidor argentino. En un estudio realizado por la Cátedra de Tecnología de Calidad de materia prima y productos de Cereales y Oleaginosas, se realizó un ensayo sobre “Valoración de Atributos de Aceites de distinta fuente” (O’Brien, 2004, Orthoeffer, 2005, Salsamendi y Ponzio, 2012), en el que se pusieron a consideración de un panel no entrenado de evaluadores los siguientes aceites vegetales: girasol alto oleico Fundación Favaloro (con fitoesteroles), aceite de canola Krol prensado en frío, aceite de arroz Saman (origen Uruguay) y aceite de soja (con fitoesteroles) Fundación Favaloro.

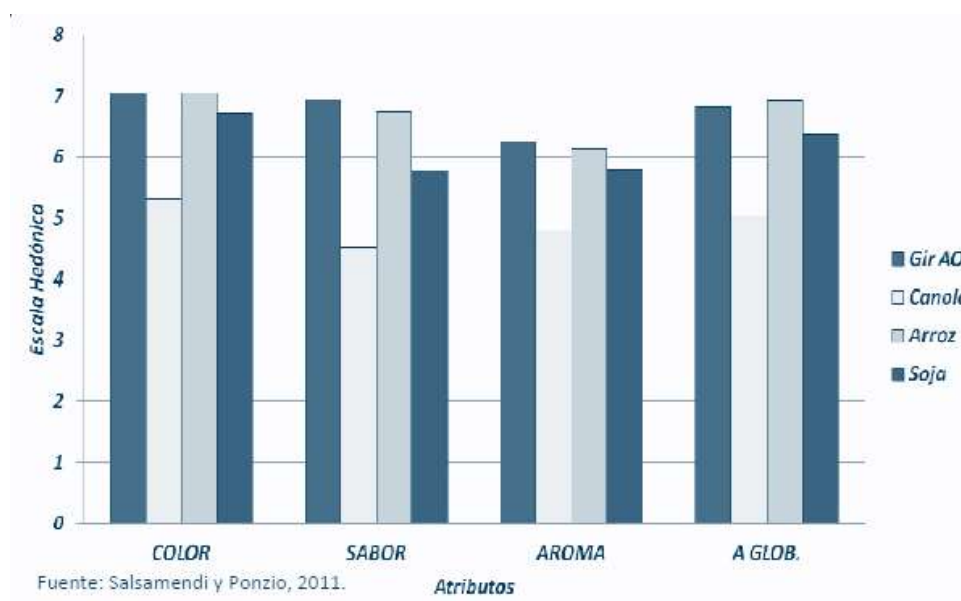
La metodología utilizada (Salsamendi y Ponzio, 2011) fue el test de aceptabilidad por atributos ($n = 40$), utilizando como soporte 5 cubos de papa hervida sin sal por muestra, adicionados con 2 ml de cada tipo de aceite. Como neutralizante se brindaron trozos de manzana, colocándose las bandejas sobre un fondo blanco para facilitar la percepción del color de las muestras de aceite. Los atributos que se pusieron a consideración de los evaluadores fueron: Color - Aroma - Sabor y Aceptabilidad Global.

El grupo de evaluadores, no entrenados, estuvo compuesto por alumnos, docentes y no docentes de la Facultad de Agronomía, cubriéndose una franja etaria de entre 19 y 60 años.

Se puede observar que, además de la menor valoración obtenida por el aceite de canola en todos sus atributos, presumiblemente por falta de hábito, mayor color y densidad que los otros aceites, el aceite de arroz logró calificación similar al de girasol con los mayores valores. Los consumidores locales confirmaron la tendencia nacional del consumidor por el aceite de girasol en todos sus atributos.

Se concluye que el aceite de arroz, no disponible en el mercado argentino, podría ser un aceite de sencilla adopción en nuestro país.

Gráfico 2.5 – Puntajes obtenidos en la evaluación de aceites –
Fuente: Informe el arroz, alimento de millones



Conclusión

El aceite de salvado de arroz está en pleno crecimiento y su utilización es completamente variada.

Debido a su estabilidad, sabor y componentes, es un aceite ideal tanto para la cocina como para la industria. Contiene múltiples beneficios para la salud debido a la presencia de vitamina E, orizanol, ácidos grasos y otros fitoesteroles. Estos beneficios van desde la reducción del colesterol hasta la regulación de la presión de personas hipertensas.

Desde el lado industrial, puede ser utilizado en la industria cosmética, alimenticia, o hasta en la producción de biodiesel.

Para el presente proyecto, el precio de mercado que se ofrece es competitivo y el volumen producido es alto, con lo cual se concluye que el aceite de salvado será potencialmente vendido sin inconvenientes, generando beneficios económicos.

Provisión de Materia Prima

El salvado o afrecho de arroz es un subproducto de la molienda del arroz para consumo, por lo tanto, será provista por molinos arroceros argentinos. A continuación, se analiza la situación de la producción e industrialización del arroz en Argentina.

Producción primaria de arroz

El sector arrocerero estima que la cosecha en 2018 fue de más de 1 millón de toneladas y la capacidad instalada es de 2,3 millones de toneladas. En el gráfico 2.7 se analiza la evolución de la producción argentina de arroz en los últimos períodos de cosecha. Casi toda la producción argentina es de arroz largo fino y variedades tropicales. El 81% del arroz argentino se produce en la región Mesopotámica, seguido por Santa Fe con el 14%, como muestra el Gráfico 2.6:

Gráfico 2.6 - Producción primaria de arroz por provincias –
Fuente: Ministerio de Hacienda



Gráfico 2.7 - Producción Nacional de arroz



Fuente: CONINAGRO en base a MAI

En Entre Ríos las explotaciones son de tamaño inferior a la media nacional y se hallan localizadas cerca de la industria. Gran porcentaje del secado y almacenaje se efectúa en la chacra. Es una provincia con bajo potencial para aumentar su producción; su principal ventaja es la proximidad a los centros de consumo más importantes del país.

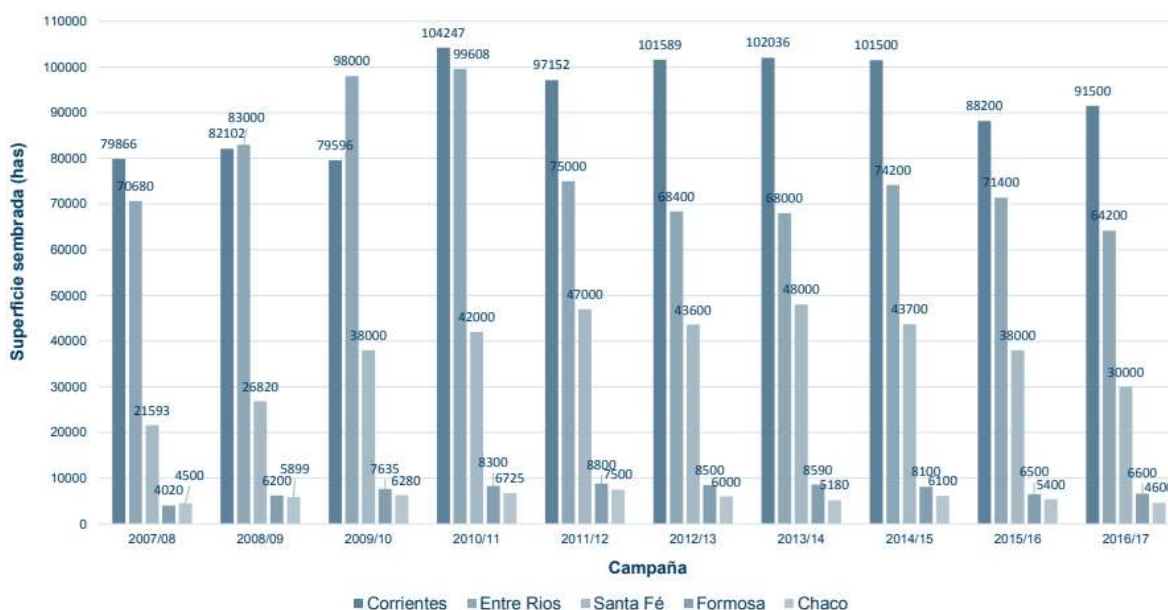
En Corrientes, las explotaciones tienen un tamaño mayor a la media, aunque se realizan en forma distante a la industria y el porcentaje de secado y almacenado en la chacra es bajo. Si bien esta provincia se caracteriza por una fuerte participación en la etapa primaria, procesa casi toda su producción en Entre Ríos. La provincia tiene un alto potencial de crecimiento debido a su proximidad con Brasil. Empresarios uruguayos y brasileños explotan con tecnología de punta más del 10% de la superficie correspondiente al cultivo de arroz en la provincia. El 60% del volumen cosechado se exporta para su procesamiento en molinos brasileños.

En Argentina el arroz no cotiza en bolsa, como otros cereales. Las ventas se realizan directamente a la industria o a las cooperativas. El mercado argentino suele tomar el precio del arroz tailandés y del grano largo de los Estados Unidos para seguir la evolución a largo plazo. El transporte, tanto para exportaciones como para consumo interno, se realiza por ferrocarril y camión, utilizándose muy poco la vía marítima o fluvial.

Análisis de la situación de los molinos arroceros

Entre Ríos es la provincia que lidera el desarrollo de la cadena de valor del arroz en el país. En 2016, Entre Ríos procesó el 79% del total de la producción mientras que Santa Fe procesó el 15%, Chaco el 3%, Corrientes el 2% y Misiones el 1%. Los departamentos donde se produce el cereal son principalmente Villaguay, Federación, San Salvador, Feliciano, Federal, La Paz, Colón, Uruguay y Concordia. En el gráfico 2.8 se observa que Corrientes tiene, generalmente, mayor producción, aunque el rendimiento tiende a ser menor al de Entre Ríos.

Gráfico 2.8 - Producción por provincia. Fuente: INTA



La Bolsa de Cereales de Entre Ríos por medio de su Sistema de Información Agrícola (SIBER) da a conocer la producción de arroz alcanzada en la campaña 2018/19. El área sembrada en el último ciclo fue de 60.000 ha sido una de las más bajas de los últimos 18 años. Se considera los problemas climáticos como principal factor de esta disminución.

Por tal motivo, el rendimiento promedio fue inferior en 1.000 kg/ha y 16.500 toneladas de producción respecto a la campaña 2017/18. Tanto la producción total de arroz como la superficie cosechada alcanzaron su mínimo punto en los últimos diez años: 154.000 toneladas totales y 28.000 hectáreas respectivamente.









Gráfico 2.9 - Variación de rendimiento. Fuente: Informe Asoc. Correntina Arroz



Análisis de la competencia

A partir de un subproducto del refinado de aceite vegetal, y luego de un complejo proceso de extracción y purificación, AOM S.A. produce la Vitamina Natural E, el Tocomix y los Fitoesteroles. Con clientes en más de 15 países distintos, AOM S.A. se ha transformado en uno de los líderes en esta industria y único en Latinoamérica. El valor total de sus exportaciones durante el periodo 2010-2017 fue de U\$S 18.752.624 (FOB) y en Argentina abarca cerca del 80% del mercado. En la figura 2.2 se muestra la ficha técnica de su producto.

Figura 2.2 - Ficha técnica de los productos de AOM S.A.

VITAMINA E NATURAL SF 900 UI		VITAMINA E NATURAL SF 750 UI	
COMPOSICIÓN QUÍMICA		COMPOSICIÓN QUÍMICA	
d-α-Tocoferol (%)	Min. 60.4	d-α-Tocoferol (%)	Min. 50.3
d-β+γ-Tocoferol (%)	3.0 - 7.0	d-β+γ-Tocoferol (%)	2.0 - 6.0
d-δ-Tocoferol (%)	0.6 - 3.0	d-δ-Tocoferol (%)	0.5 - 3.0
Pueden producirse leves variaciones de composición típica debido a la variabilidad de las materias primas.		Pueden producirse leves variaciones de composición típica debido a la variabilidad de las materias primas.	
	d-α-Tocoferol C ₂₉ H ₅₀ O ₂ Peso Molecular 430.69		d-α-Tocoferol C ₂₉ H ₅₀ O ₂ Peso Molecular 430.69
	d-β-Tocoferol C ₂₈ H ₄₈ O ₂ Peso Molecular 416.66		d-β-Tocoferol C ₂₈ H ₄₈ O ₂ Peso Molecular 416.66
	d-γ-Tocoferol C ₂₈ H ₄₈ O ₂ Peso Molecular 416.66		d-γ-Tocoferol C ₂₈ H ₄₈ O ₂ Peso Molecular 416.66
	d-δ-Tocoferol C ₂₇ H ₄₆ O ₂ Peso Molecular 402.64		d-δ-Tocoferol C ₂₇ H ₄₆ O ₂ Peso Molecular 402.64

Beneficios del nuevo proyecto

Los tocotrienoles y tocoferoles son parte de la vitamina E. Los tocoferoles son la forma más común para la fortificación, pero los tocotrienoles pueden ser más potentes. Los mismos poseen estructura similar a los tocoferoles, pero contienen tres dobles enlaces en el lado de carbono de la cadena de la molécula. Esta estructura pondera la actividad antioxidante con muchos beneficios para la salud. Por otro lado, los tocotrienoles se encuentran presentes en el aceite de salvado de arroz, no así en el aceite de girasol. Los tocotrienoles presentan los siguientes beneficios para la salud:

- Presencia de antioxidantes que neutralizan los radicales libres presentes en el cuerpo.
- Previenen la arteriosclerosis.
- Mejoran la salud celular.
- Fortalecen el sistema inmunológico.
- Reducen el nivel de colesterol.
- Proporcionan neuro protección siendo capaz de prevenir el Alzheimer y el Parkinson.
- Luchan contra el cáncer.
- Luchan contra el envejecimiento.
- Protegen la piel de los rayos UV.

Estimación del Volumen de Planta

La estimación del volumen de planta se hará tomando en cuenta la disponibilidad de nuestra materia prima que en este caso es el salvado o afrecho de arroz.

Consideraremos como referencia la provincia de Entre Ríos que, si bien en este momento su producción primaria ha disminuido, ha experimentado una gran expansión de la industria arrocera y rendimientos relativamente aceptables. Además, esta provincia es líder en el desarrollo de la cadena de valor de arroz en el país y la principal generadora de materia prima si recordamos que el afrecho de arroz se obtiene del pulido del grano.

Si consideramos y seleccionamos adecuadamente los departamentos, podemos observar que en San Salvador, Uruguay, Concordia, Villaguay y Federación se encuentran concentrados más de la mitad de los molinos y cerca del 70% de la producción. Si la capacidad operativa de ellos en conjunto ronda las 254.270 ton/año (según tabla 2.5) y que el nivel de producción de arroz blanco representa en promedio el 78% del total del arroz producido, concluimos que la molienda anual es de aproximadamente 198.000 ton/año. Con estos datos y sabiendo que el 10% de los productos de la molienda es afrecho de arroz y que, además, se considera adquirir el 90 % del salvado de estos departamentos, la planta industrial deberá ser capaz de procesar 17.820 ton/año (solo tomando en consideración los cinco departamentos previamente mencionados).

Finalmente, si la producción es anual y continua y considerando que la planta estará en actividad 260 días, la misma debería ser capaz de procesar diariamente 69 toneladas de salvado.

Tabla 2.5: Producción de arroz en Entre Ríos a nivel departamental (2018/19)

Departamento	Superficie Sembrada (ha)	Superficie No Cosechada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento Promedio (kg/ha)	Producción (t)
Colón	4.400	0	4.400	5.700	25.080
Concordia	1.700	0	1.700	8.000	13.600
Diamante	0	0	0	0	0
Federación	9.100	0	9.100	7.900	71.890
Federal	4.000	0	4.000	7.400	29.600
Feliciano	5.400	0	5.400	7.800	42.120
Gualeguay	0	0	0	0	0
Gualeguaychú	0	0	0	0	0
La Paz	7.100	0	7.100	6.250	44.375
Nogoyá	0	0	0	0	0
Paraná	0	0	0	0	0
San Salvador	7.200	0	7.200	7.400	53.280
Tala	0	0	0	0	0
Uruguay	1.500	0	1.500	8.000	12.000
Victoria	0	0	0	0	0
Villaguay	13.800	0	13.800	7.500	103.500
Totales	54.200	0	54.200	7.296	395.445

Además, si consideramos que las importaciones de vitamina E representan alrededor de 40.000 kg por año y estableciendo como objetivo sustituir el 30% de las importaciones, se estima que la planta podrá alcanzar su objetivo en 12 meses de producción. El excedente de vitamina E producido será comercializada para sustituir la vitamina E sintética, de la cual se exportan, en promedio, 1400 toneladas por año. El precio determinado para el concentrado de vitamina E es de 40 U\$S/kilo.

Respecto al aceite de salvado, se destinará principalmente al mercado externo dada su alta demanda, y se contará con disponibilidad ante un eventual crecimiento del

mercado interno. El precio que se determinó fue de 1.10 dólares la tonelada, siendo un precio altamente competitivo.

Conclusión

El objetivo es proveer Vitamina E natural y aceite de salvado de arroz al mercado alimenticio y cosmético y dadas las condiciones tanto de la materia prima como del producto final a obtener, consideramos que el proyecto podría llevarse a cabo de manera exitosa.

Con respecto a la materia prima, adoptaremos como proveedores a los molinos de la provincia de Entre Ríos, la cual es líder en la cadena valor de arroz al ser la principal región geográfica de producción de arroz blanco. Si bien en los últimos años se percibe una merma en su producción primaria, esto se debe a factores climáticos y económicos que no impedirían el normal abastecimiento de nuestra materia prima. Geográficamente, la cercanía a los puntos de distribución es inmejorable y se podrá abastecer al mercado local satisfactoriamente.

Desde el punto de vista de los productos finales, se puede ver que la vitamina E natural es un compuesto que en el mercado está en plena expansión y el aceite de salvado posee grandes aplicaciones en todo el mundo. La vitamina obtenida a partir del salvado de arroz es mucho más competitiva tanto en precio como en calidad que el de la competencia y a futuro se podrían evaluar otro tipo de mercados, tales como consumidor final, farmacéutico, etc.

Bibliografía

- Nosis – trademap.org (<https://www.trademap.org/Index.aspx>).
Posiciones arancelarias 29.36.28/29.36.28.11/29.36.28.12/29.36.28.90
- Vitamin E Market Size Worth Over \$2.4bn by 2024: Global Market Insights Inc. (<https://www.prnewswire.com/news-releases/vitamin-e-market-size-worth-over-24bn-by-2024-global-market-insights-inc-604950356.html>)
- Vitamin E Market report: (<https://www.gminsights.com/industry-analysis/vitamin-e-market>)
- Natural Vitamin E Market – Fortune Business insight (<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/natural-vitamin-e-market-101591>)

- Latin America Natural Source Vitamin E Market – Market Data Forecast (<https://www.marketdataforecast.com/market-reports/la-natural-source-vitamin-e-market>)
- BolsaCer – Bolsa de cereales de Entre Ríos (<https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/index.php>)
- Industria Avícola - Salvado estabilizado de arroz para alimentar a las aves (<https://www.industriaavicola.net/nutricion-y-fabricacion-de-alimentos-balanceados/salvado-estabilizado-de-arroz-para-alimentar-a-las-aves/>)
- Fundación Fedna – Salvado de arroz desengrasado ([http://www.fundacionfedna.org/ingredientes para piensos/salvado-de-arroz-desengrasado](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/salvado-de-arroz-desengrasado))
- Anuario Consumer Health 2018, publicado por Euromonitor.
- Informes del Centro de estudios para la producción (CEP)
- Producción de aceite de salvado de arroz - Androit market research, 2019.
- Vitamina E Natural – AOM S.A. (<https://aom.company/es/nutrition/>)
- Informes: Asociación correntina de arroz.
- Informe: El arroz, alimento de millones, Autores Ing. Agr. Mg. María Pincioli (UNLP) Ing. Agr. Mg. Nora R. Ponzio (UNCPBA) Lic. Maité Salsamendi (UNCPBA)

CAPITULO 3

Materia Prima

Introducción

Elección de la materia prima

Afrecho o Salvado de arroz

Provisión del Salvado de arroz

Introducción

En este capítulo se detallará la materia prima principal que se utilizará en el proceso productivo, especificando sus características y propiedades fisicoquímicas para lograr determinar aquellas que pudieran resultar relevantes. A su vez, se describirá la obtención y provisión de esta. En capítulos posteriores, esto nos servirá para el análisis de macro y micro ubicación de la planta.

La materia prima elegida es el salvado o afrecho de arroz, considerado como un subproducto de la molienda del arroz. La misma posee el 60% de la vitamina E bajo la forma de tocotrienoles. Se busca que tenga más porcentaje de tocotrienoles ya que, debido a su estructura química, estos tienen propiedades funcionales únicas más allá de los beneficios del tocoferol.

El salvado de arroz no puede almacenarse manejando un stock de seguridad, sino que debe ser tratado lo más rápidamente posible. Esta situación ocurrirá como consecuencia de que, debido al procesamiento abrasivo normal del arroz, se ponen en contacto las lipasas con los lípidos del salvado favoreciendo su enranciamiento.

La provisión de la materia prima será a través de los molinos arroceros. Tanto los productores primarios de arroz como los principales molinos se ubican en el litoral argentino debido al tipo de clima y de suelo de la región.

Elección de la materia prima

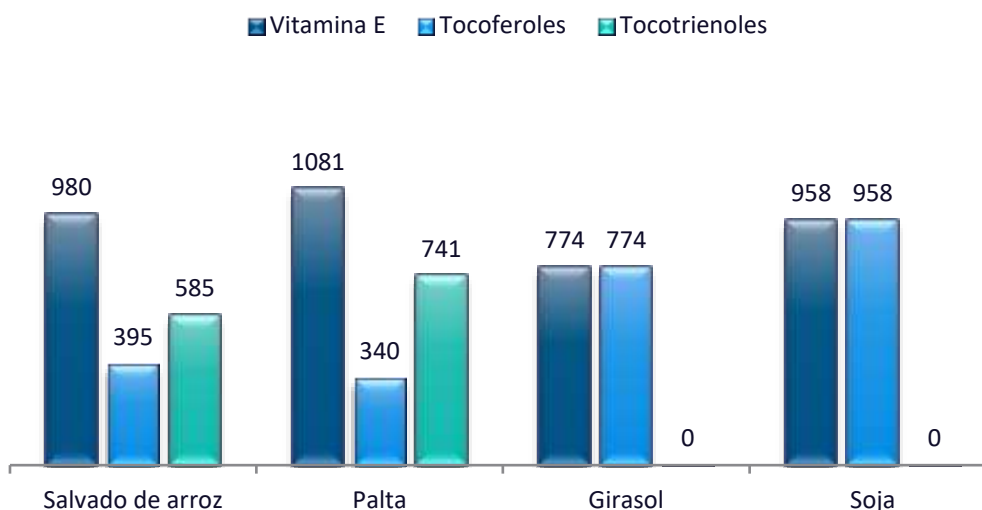
Para la elección de la materia prima se analizaron cuatro posibilidades: la soja, el girasol, la palta y el salvado de arroz; se tuvo en cuenta que sus aceites presentan la mayor cantidad de vitamina E con respecto a los de otros frutos y granos. En el gráfico 3.1 expuesto a continuación, se detalla el contenido de vitamina E en los aceites de diferentes productos⁶.

Se puede apreciar que los cuatro diferentes aceites exhiben valores similares, variando de 800 a 1000. Sin embargo, al analizar la proporción de tocotrienoles se ve claramente que los aceites de soja y girasol presentan deficiencia en cuanto a tocotrienoles no siendo buenas fuentes de materia prima, ya que en estos la vitamina se presenta únicamente bajo la forma de tocoferoles.

⁶ Artículo de la calidad de la Vitamina E. Análisis realizado por la Universidad Nacional del Litoral

Si bien el aceite de palta posee una mayor proporción de tocotrienoles, este fruto no es de producción nacional y debe importarse desde países centroamericanos. Esto hace inapropiada su utilización como materia prima, dado que el aceite se deteriora si no se lo extrae rápidamente. Por otro lado, no estaríamos utilizando un subproducto de una industria y los costos de la palta son muy altos en comparación al resto de las materias primas.

Gráfico 3.1 - Contenido de Vitamina E en aceites (mg/100g)



El salvado o afrecho de arroz, en cambio, es un subproducto de la molienda del arroz (cultivo ampliamente desarrollado en la región mesopotámica) y posee el 60% de la vitamina E bajo la forma de tocotrienoles. Representa asimismo del 8 al 10% de los productos de la molienda.

Importancia de los tocotrienoles

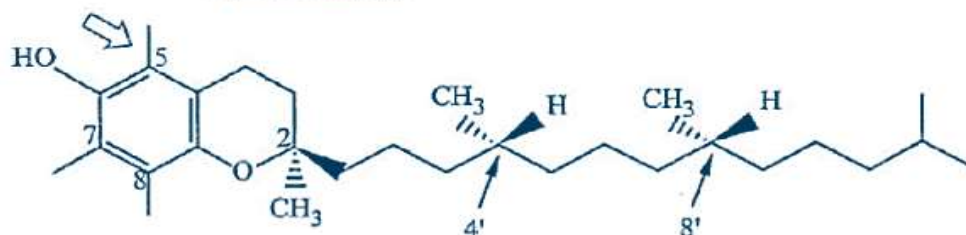
La vitamina E pertenece a la familia de compuestos poliprenoides. En estado natural tiene ocho diferentes formas de isómeros: cuatro tocoferoles y cuatro tocotrienoles.

Los tocotrienoles son el componente minoritario de la vitamina E. Al igual que los tocoferoles, tienen una estructura con un anillo aromático llamado cromano, un grupo hidroxilo y una cadena poliprenoide, pero se diferencian en el grado de saturación del ácido graso. Así, mientras la cadena lateral del tocoferol está totalmente saturada, la del tocotrienol tiene 3 dobles enlaces en los carbonos 3, 7 y 11. En la Figura 3.1 podemos observar lo anteriormente mencionado.

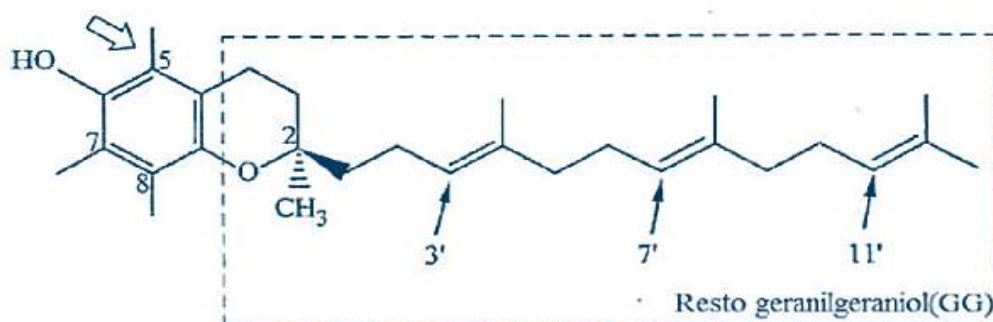
Figura 3.1 – Estructura química del tocoferol y el tocotrienol –

Fuente: Patente ES2720484T3

TOCOFEROL



TOCOTRIENOL

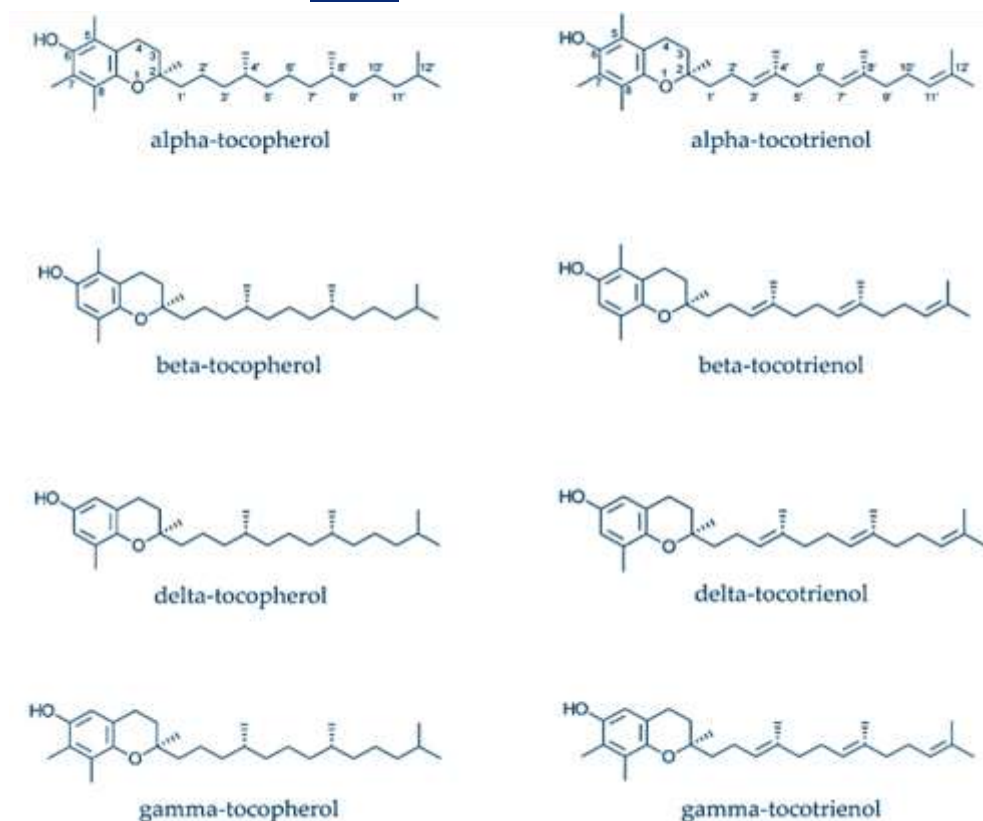


Posición/Posiciones grupo metilo	Tocoferol	Tocotrienol
5,7,8-Trimetilo	alfa-T1	alfa-T3
5,8-Dimetilo	beta-T1	beta-T3
7,8-Dimetilo	gamma-T1	gamma-T3
8-Monometilo	delta-T1	delta-T3

Como especificamos anteriormente, cada isómero contiene cuatro estructuras. Esta subdivisión se determina por el número de grupos metílicos en el anillo aromático. Tanto para los tocoferoles como para los tocotrienoles, existen formas α (alfa), β (beta), γ (gamma) y δ (delta), cada una de ellas con su propia actividad biológica (ver Figura 3.2). La presencia de tres centros quirales es responsable de la existencia de ocho estereoisómeros para cada tocoferol, mientras que para cada tocotrienol existen solo dos estereoisómeros debido a la falta de centros quirales en sus cadenas laterales. Los tocotrienoles extraídos de las plantas son siempre estereoisómeros dextrorrotatorios, denominados D-tocotrienoles. En teoría, también podrían llegar a existir formas levóginas o levorrotatorias (L-tocotrienol) de tocotrienoles, pero estos compuestos son aislados, en su mayoría, de manera sintética.

Figura 3.2 – Estructura química de los isómeros de la Vitamina E

Fuente: Patente ES2720484T3



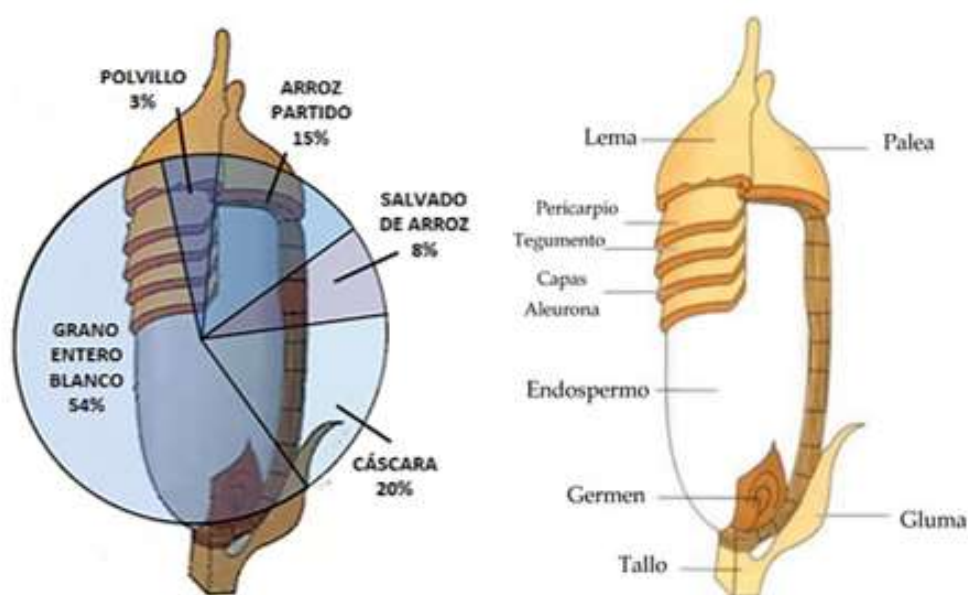
En las fuentes alimenticias, los tocotrienoles son menos abundantes que los tocoferoles y por ello, hasta ahora, no se había estudiado en profundidad su biodisponibilidad y comportamiento en el cuerpo humano. Sin embargo, aparecen con más frecuencia nuevas investigaciones que sugieren que los tocotrienoles tienen propiedades funcionales únicas debido a su estructura química, más allá de las características positivas del tocoferol. Entre los potentes beneficios de los tocotrienoles, podemos mencionar: capacidad de neuro-protección, poder antiinflamatorio y anticancerígeno y propiedades de reducción de colesterol. A su vez, comparten funcionalidades con los tocoferoles tales como la actividad antioxidante, su capacidad para disminuir el riesgo cardiovascular, la prevención de enfermedades neurodegenerativas y efectos antitumorales.

Afrecho o Salvado de arroz

Se entiende por Afrecho o Salvado, al residuo de la molienda de las distintas variedades del grano de arroz, integrado por la cáscara del grano, mezclado con parte superficial del albumen (endospermo).

El salvado es uno de los subproductos más abundantes de la industria arrocera. El objetivo del proceso industrial de arroz para consumo es obtener un grano entero y de color blanco, lo cual implica aprovechar sólo el 54% del grano completo. El porcentaje restante lo constituyen subproductos como arroz partido (15%), cáscara (20%) y salvado de arroz (8%). El 3% restante se pierde como polvillo en el proceso. En la Figura 3.3 observamos la estructura del grano de arroz y el rendimiento de la molienda.

Figura 3.3 – Estructura del grano de arroz y rendimiento promedio de la molienda –
Fuente: Informes de cadena de valor de arroz, Ministerio de Hacienda



Utilización del salvado de arroz

El salvado se destina a la fabricación de alimentos balanceados para aves y porcinos. Además, puede ser procesado para obtener aceite crudo de arroz y salvado desgrasado que es utilizado principalmente como alimento para animales poligástricos (rumiantes). Sin embargo, no es su única utilización, ya que también pueden obtenerse otros alimentos más especializados como, por ejemplo, concentrados proteicos y fibras dietarias para consumo humano.

El salvado desgrasado tiene un alto contenido de proteína (del 15 al 20%), a partir de la cual, mediante una extracción alcalina, es posible obtener un concentrado proteico de hasta un 60%. Esta proteína tiene un alto valor biológico para el consumo humano, por su perfil de aminoácidos esenciales, por la eliminación del ácido fítico y la fibra y principalmente por su contenido de lisina. Es, además, una proteína de baja alergenicidad, por lo que puede ser un excelente aditivo para aumentar el valor nutritivo

de algunos alimentos, especialmente los destinados a la alimentación infantil o dietas hipoproteicas.

Características del salvado de arroz

El salvado de arroz resulta interesante por su contenido de nutrientes, sustancias bioactivas o nutraceuticas y por sus características funcionales. En la Tabla 3.1 se verá detallado el contenido de nutrientes en 100 gramos de salvado de arroz.

Tabla 3.1 – Contenido de nutrientes (cada 100 g) – Fuente: USDA, 2004

Nutrientes	Arroz blanco	Arroz integral	Salvado de arroz
Energía, kcal/kJ	358.0/1498.4	362.0/1515.1	316.0/1322.6
Humedad, g	13.3	12.4	12
Proteínas, g	6.5	7.5	13.4
Lípidos totales, g	0.5	2.7	20.9
Hidratos de carbono, g	79.1	76.2	23.5
Cenizas, g	0.5	1.3	10.0
Fibra dietaria total, g	2.8	3.4	21.0
Sodio, mg	1.0	4.0	5.0
Silice, mg	-	-	600-1100
Fósforo, mg	95	264	1677
Niacina, mg	4.1	4.4	34.0
Acido pantoténico, mg	1.3	1.5	7.4
Vitamina E, mg	-	-	4.9

El salvado de arroz es una buena fuente energética, dado su elevado contenido en grasas (18-20%), su apreciable contenido de almidón (23-28%), y el bajo grado de lignificación (2.5 % LAD⁷) de su fracción fibrosa (17.5% FND⁸). Tiene también un contenido apreciable de proteína, con una composición en aminoácidos relativamente bien equilibrada. Si bien su contenido en fósforo es bastante alto (1.35%), su mayor parte (aproximadamente un 90%) se encuentra bajo la forma de fitatos. Su contenido en calcio es bajo, pero en algunas partidas puede elevarse notablemente por la adición de carbonato cálcico durante la molienda. En la Tabla 3.2 se presenta el perfil de ácidos grasos y el contenido de aminoácidos del salvado de arroz.

⁷ Lignina ácido detergente: material insoluble en una solución detergente ácida constituida fundamentalmente por lignina.

⁸ Fibra neutro detergente: material insoluble en una solución detergente neutra compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina.

Tabla 3.2 – Contenido de aminoácidos y ácidos grasos del salvado de arroz –
Fuente: USDA, 2004

Aminoácidos (en % de proteína bruta)		Ácidos grasos (% de aceite total)	
Histidina	2.9	Ácido palmítico(C 16:0)	17
Argenina	7.3	Ácido esteárico (C18:0)	2
Cistina	2.3	Ácido oleico (C18:1)	40
Glicina	5.1	Ácido linoleico (C18:2)	37
Isoleucina	1.4	Ácido linolénico (C18:3)	1
Leucina	2.7	Ácidos de cadenas de C>20	1
Lisina	5.3		
Metionina	2.0		
Treonina	3.5		
Tirosina	0.9		
Triptófano	1.3		
Valina	4.7		

Lipasas del salvado de arroz

Las lipasas son enzimas que catalizan la hidrólisis de los enlaces éster de lípidos neutros, tales como los triacilgliceroles. En el afrecho de arroz están presentes tres lipasas solubles: la primera tiene una masa molecular de 40 kDa⁹ y un pH óptimo de alrededor de 7.5, es activada por el calcio y ataca principalmente a los ácidos grasos de las posiciones sn-1 y sn-3 de los triacilgliceroles; la segunda, tiene una masa molecular de 32 kDa, un punto isoeléctrico de 9.1 y un pH óptimo de alrededor 7.5. Una tercera lipasa, capaz de hidrolizar fosfolípidos fue identificada recientemente. Esta lipasa tiene una masa molecular de 9.4 kDa, es térmicamente estable y presenta un máximo de actividad a 80 °C y un pH de 11.

En el grano de arroz intacto, las enzimas lipasas están separadas de los lípidos. Las lipasas son más activas en la testa o tegumento y en menor grado en el pericarpio y en el germen, mientras que los lípidos se concentran en la capa de aleurona, y poco en la testa y en el germen. Los lípidos son, de esta manera, relativamente estables en el grano intacto. De todas formas, el procesamiento abrasivo normal del arroz pone en contacto las lipasas con los lípidos en el salvado, favoreciendo su enranciamiento.

El deterioro del salvado y de los residuos del blanqueo es bastante rápido debido a la facilidad con la que se hidrolizan los glicéridos y a los fenómenos de oxidación a los

⁹ kDA: Unidad de masa molecular equivalente a 1.000 dalton. Un dalton es la décima parte de la masa del átomo de carbono y equivale a $1,66 \times 10^{-24}$ g.

que están sometidos los ácidos grasos liberados, ocasionando la destrucción de la vitamina E. Existen dos posibilidades para evitar este deterioro. Una posibilidad es la inactivación de las lipasas por estabilización con vapor directo o indirecto mientras que la segunda alternativa es la extracción de los lípidos en forma inmediata tan pronto como es realizado el blanqueo del arroz.

Recepción y almacenamiento del salvado de arroz

Como se mencionó anteriormente, el salvado de arroz contiene tres lipasas, que son enzimas que comúnmente catalizan la destrucción de los enlaces ésteres de los triglicéridos. El aceite contenido en el salvado de arroz se deteriora con rapidez una vez separado el salvado del resto del grano. Esto se debe a que el procesamiento abrasivo de la molienda favorece el contacto de las lipasas (alojadas en la testa) con los lípidos (alojados en la capa de aleurona), favoreciendo el enranciamiento de los últimos.

Por los motivos expuestos, la materia prima no puede almacenarse manejando un stock de seguridad, sino que debe ser procesada lo más velozmente posible una vez salida del molino.

En cuanto a las condiciones de almacenamiento, las variables a tener en cuenta son temperatura, humedad y tiempo. Estos parámetros son los limitantes del desarrollo de microorganismos, insectos y roedores que contribuyen al deterioro del salvado de arroz y, consecuentemente, del principio activo que se desea extraer. Las condiciones ambientales adecuadas de almacenamiento dentro de los silos son una temperatura de 10°C y 70% de humedad relativa.

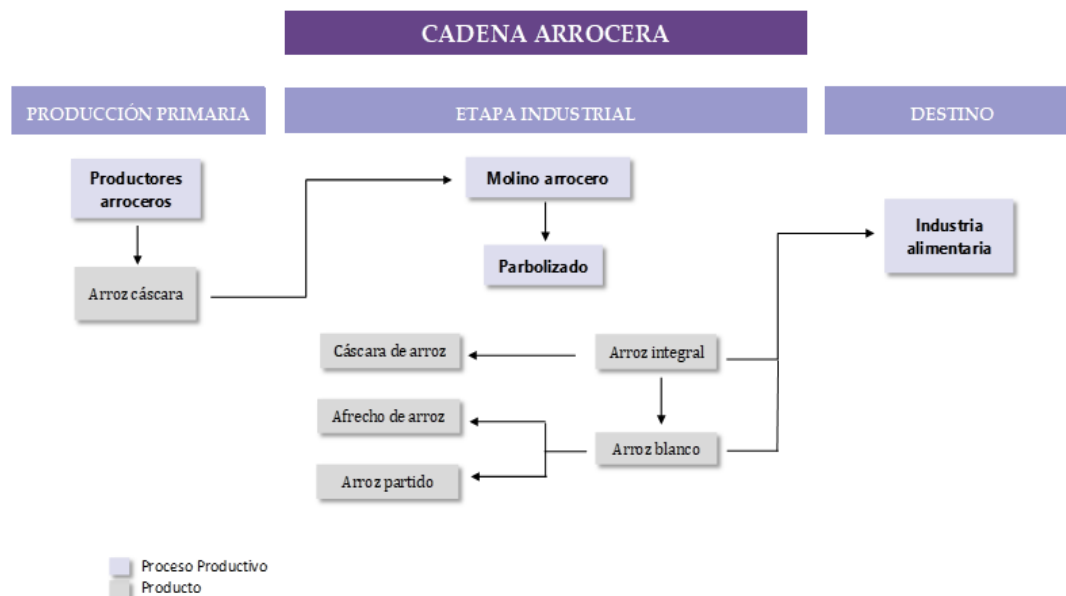
Provisión del salvado de arroz

Los eslabones involucrados en la cadena de arroz son tres: la producción agrícola, el procesamiento industrial y la comercialización.

Durante la producción primaria agrícola se obtiene el arroz cáscara, que luego es destinado a la molienda. Allí se somete el arroz cáscara a un proceso de secado y descascarillado, para hacerlo comestible. Así se obtiene el arroz integral, también llamado arroz cargo o pardo. Luego se realiza un segundo descascarillado, para sacar el salvado y el germen, para de ahí pasar al momento en que se pule, tras lo cual se obtiene un arroz con aspecto blanco brillante.

Los subproductos y derivados del proceso industrial son el afrecho y el arroz partido que se destinan a alimento de animales. La última etapa es la comercialización de los distintos productos arroceros en el mercado interno y externo.

Figura 3.4 – Esquema de la cadena arrocera –
 Fuente: Informe de cadena de valor del arroz, Ministerio de Hacienda.



Generalidades del arroz

El arroz es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas, cuya semilla debidamente procesada constituye la base alimentaria de más de un tercio de la población mundial. Este cereal ocupa el segundo lugar en la producción a nivel global después del maíz.

Las bondades nutricionales del arroz han trascendido por su importancia, dado que esta gramínea es la que mayor aporte calórico brinda en relación con el resto de los cereales. El almidón es el componente principal del grano de arroz y se encuentra en un rango que va del 70% al 80%. Al considerar su contribución calórica, el arroz se encuentra entre los cereales de mayor aporte energético. Por último, debemos mencionar que el arroz no contiene gluten, por lo que es apto para el consumo por parte de personas que padecen trastornos relacionados con el gluten, tales como la celiaquía y la sensibilidad al gluten no celíaca.

Producción de arroz

El arroz es un cultivo de ciclo anual que requiere determinadas condiciones ecológicas para su desarrollo, en cuanto a temperaturas, agua y luminosidad. Tiene la particularidad de necesitar agua de riego. En nuestro país se utilizan grandes volúmenes de agua ya que se aplica, principalmente, el sistema de riego por inundación el cual presenta tres subsistemas principales: aguas superficiales de ríos y arroyos, aguas profundas y aguas de represas.

En la producción agrícola, las características productivas del cultivo de arroz están definidas por su requerimiento de rotación bianual o trianual de suelos junto con la modalidad de riego. Estas características, se convierten en los factores fundamentales de la organización de la producción. La necesidad de contar con tierras para realizar las rotaciones ha difundido en el país el sistema de arrendamiento, del cual resulta la articulación de un subsistema arrocero/ganadero. En términos generales, después de dos o tres años de cultivo sucesivo de arroz, y cuando los rendimientos comienzan a decaer (por enmalezamiento y pérdida de fertilidad), el arrendatario abandona el lote dejándolo “en descanso” durante un extenso período, para permitir la recuperación del suelo y volver a la siembra de arroz años después.

Luego de la producción primaria, se da paso a la etapa industrial. El procesamiento consiste en someter el arroz cáscara a un proceso de secado, descascarillado y pulimento obteniendo como resultado el arroz blanco apto para el consumo y algunos subproductos y derivados tales como el afrecho o el arroz partido. El proceso de secado puede ser realizado tanto por el productor como por el molino. Posteriormente, el arroz puede o no pasar por un proceso de parbolizado (precocción), para luego ser sometido al descascarillado inicial, con lo que se obtiene el arroz integral. El proceso de parbolizado del arroz se realiza en molinos de mayor nivel tecnológico y requiere una mayor escala de producción. Luego, el arroz integral pasa por un segundo descascarillado y pulido que da lugar al arroz blanco. Como subproductos derivados de estas etapas se obtiene el arroz partido, la cáscara y el salvado o afrecho de arroz.

El arroz partido está representado por el medio grano (destinado a consumo humano), el cuarto grano y el arrocín (menor a un cuarto de grano) que son utilizados, por ejemplo, en la industria cervecera, con demanda creciente.

La cáscara es un problema para el fabricante, porque es dura, leñosa y abrasiva y tiene escaso valor nutritivo. Es rica en cenizas, celulosa, pentosanas y lignina. Las cenizas están compuestas básicamente por sílice, motivo por el cual la cáscara de arroz suele ser utilizada para producir este compuesto. Comúnmente, la cáscara se emplea en la producción avícola para camas de pollo y en menor medida en la industria siderúrgica, para la coladura de aceros.

El arroz blanco y sus variedades partidas, así como el integral, se destinan al consumo para el mercado interno y a la exportación. Las ventas externas tienen mayor importancia para el arroz blanco que para el arroz cáscara. La etapa de comercialización del arroz cáscara se desarrolla sin intermediarios en la cadena y las ventas se realizan directamente a los molinos o se entrega el grano en las cooperativas.

Localización de la cadena arrocera

Como vimos en el capítulo anterior, la producción primaria está concentrada en el litoral argentino, por el tipo de clima y de suelo de la región, que favorece la inundación necesaria para el cultivo. Las principales provincias productoras son Corrientes (45%) y Entre Ríos (36%). Ambas representan el 81% de la producción total del país, mientras que el 19% restante se reparte entre las provincias de Santa Fe, Formosa y Chaco¹⁰.

Tabla 3.3 – Distribución territorial de la producción de arroz –
Fuente: Informe de cadena de valor del arroz, Ministerio de Hacienda

	Área cosechada (has)	Arroz elaborado (tn)
Corrientes	41%	2%
Entre Ríos	33%	79%
Santa Fe	19%	15%
Chaco	3%	3%
Formosa	3%	0%
Misiones	0%	1%

Los principales molinos arroceros también se ubican en el litoral argentino. La molienda de arroz no exhibe el mismo desplazamiento que la producción primaria. La provincia de Entre Ríos procesó un promedio del 83% del arroz en el período 2010-2016, resignando una pequeña proporción del total en favor de Santa Fe. En 2016, Entre Ríos procesó el 79%, Santa Fe el 15%, Chaco el 3%, Corrientes el 2% y Misiones el 1%. Corrientes, si bien se caracteriza por una fuerte participación en la etapa primaria, procesa casi toda su producción en Entre Ríos. Asimismo, se destaca la aparición de molinos arroceros en el Chaco, cuya actividad comenzó a registrar valores relevantes desde 2010 y actualmente ocupa el tercer lugar en la molienda nacional.

Bibliografía

- Estructura química del tocoferol y el tocotrienol – Patente ES2720484T3 (<https://patents.google.com/patent/ES2720484T3/es>)
- Informes de cadena de valor de arroz, Ministerio de Hacienda (https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_arroz.pdf)
- Artículo de la calidad de la Vitamina E. Análisis realizado por la Universidad Nacional del Litoral

¹⁰ Información obtenida del documento informes de cadena de valor del arroz. Realizado por el Ministerio de Hacienda.

- Contenido de nutrientes (cada 100 g) – USDA
- Contenido de aminoácidos y ácidos grasos del salvado de arroz – USDA
- Bran data of total flavonoid and total phenolic contents, oxygen radical absorbance capacity, and profiles of proanthocyanidins and whole grain physical traits of 32 red and purple rice varieties
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235234091630289X?via%3Dihub>)

CAPITULO 4

Ubicación

Introducción

Macroubicación

Microubicación

Ubicación final de la planta

Introducción

En el presente capítulo, se determinará la ubicación final de la planta. Se realizarán dos análisis: el estudio de macroubicación y microubicación. En el primero, se compararán las provincias más adecuadas a partir de las particularidades del proyecto. Una vez elegida la provincia, se analizarán los departamentos más acordes para, posteriormente, seleccionar la ubicación final de la planta. Por último, se escogerá el lote correspondiente en el parque industrial previamente seleccionado.

Estudio de Macroubicación

Se analizarán diferentes factores que hay que tener en cuenta para determinar la zona geográfica donde se ubicará la planta industrial. En la macroubicación vamos a estudiar algunas provincias para determinar cuál es la más adecuada.

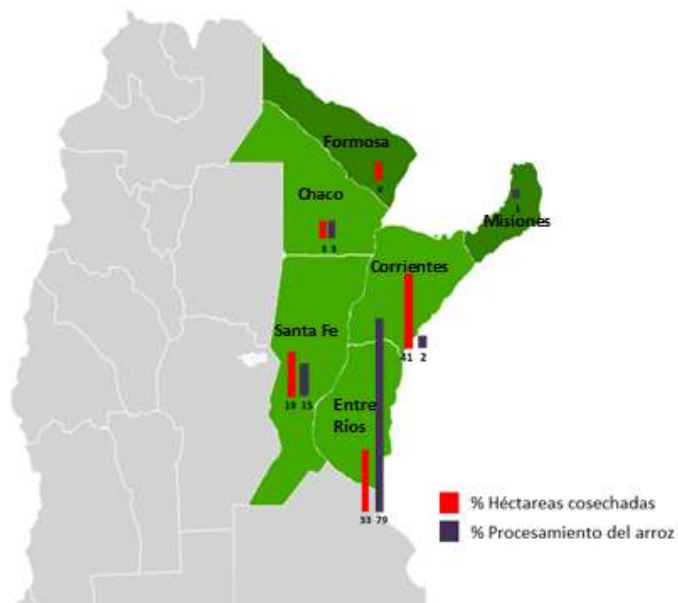
Según se analizó en los capítulos anteriores, el aceite contenido en el salvado de arroz se deteriora con rapidez una vez separado el salvado del resto del grano, debido a esto, la materia prima no puede almacenarse dejando un stock de seguridad, por lo cual, conviene instalar la planta cerca de donde se obtiene la materia prima.

Los principales molinos arroceros se ubican en el litoral argentino. Según el Ministerio de Hacienda de la Nación, en 2016 la provincia con mayor superficie cosechada fue corrientes (41% de las hectáreas totales), seguida por Entre Ríos (33%), Santa Fe (19%) y Chaco (3%). Sin embargo, en lo que respecta al procesamiento del arroz, Entre Ríos procesó el 79% de las toneladas, Santa Fe el 15%, Chaco el 3%, Corrientes el 2% y Misiones el 1%.

Por lo anterior detallado, vamos a analizar la macroubicación en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe, Chaco y Corrientes.

Materia prima

En este factor, se analizarán diferentes puntos relacionados con la materia prima. El salvado de arroz es un factor muy importante, dado que es la materia prima del proyecto por lo cual la puntuación será considerable. Las provincias que tengan un valor representativo en este ítem serán más adecuadas para instalar la planta industrial. El factor materia prima se dividirá en tres subfactores: abastecimiento de materia prima, disponibilidad de insumos y logística.

Figura 4.1 – Hectáreas cosechadas y procesamiento de arroz*Fuente: Ministerio de Hacienda*

Abastecimiento de materia prima

En el capítulo de estudio de mercado se determinó la producción que se realizará y la cantidad de materia prima que se requiere. Como base, la planta industrial debe procesar aproximadamente 20.000 toneladas al año de salvado de arroz que representan el 10% de los productos de la molienda. Así, se contemplará la cantidad de toneladas producidas por cada provincia. A su vez, también se debe tener en cuenta la cantidad de molinos arroceros para determinar la cantidad de proveedores.

Según los datos obtenidos del Ministerio de Hacienda, los principales molinos arroceros se ubican en el litoral argentino. Están representados por cooperativas, molinos pequeños, medianos y grandes que compran el grano y lo industrializan. Existe cierta dificultad para determinar el número preciso de molinos industriales en actividad, debido a la falta de estadísticas al respecto y a las características del productor que participa en forma esporádica en la molienda.

La provincia de Corrientes se caracteriza por una fuerte participación en la etapa primaria, debido a esto procesa casi toda su producción en Entre Ríos. Cuenta con un total de 28 molinos, entre todos estos producen 10.800 toneladas al año, que representan 1028 toneladas de salvado de arroz por año. Dicha producción cubre el 5,5% de lo requerido en planta, por esto mismo su valor en la matriz será el mínimo.

La provincia de Entre Ríos, es la que lidera el desarrollo de la cadena de valor del arroz en el país. Cuenta con un total de 71 molinos arroceros distribuidos en diecisiete departamentos de la provincia. La producción de arroz es de 426.370 toneladas al año,

por lo que la de salvado de arroz es de 42.637 toneladas por año. Esto representa el 216% de lo que requiere la planta, por lo cual se puede considerar que el abastecimiento de materia prima se puede obtener de dicha provincia. El puntaje en la matriz será el máximo.

La provincia de Santa Fe se destaca por el desarrollo de actividades productivas relacionadas con cereales y oleaginosas, entre otras cosas. El amplio territorio provincial y la heterogeneidad estructural de sus tierras, recursos y condiciones sociales, económicas, culturales e históricas, hacen que existan otras economías regionales de importancia. La cadena arrocera se desarrolla en el Este de la provincia, ubicación estratégica para enviar sus cultivos a los molinos de las provincias limitantes. La mayoría de los productores santafesinos han tenido que enviar su cosecha a molinos de Entre Ríos y Corrientes, debido a que no hay capacidad de acondicionamiento y acopio para toda la producción. Cuentan con 38 molinos arroceros, siendo la producción total de arroz de 80.960 toneladas por año, lo que representa 8096 toneladas de salvado de arroz por año. Según lo requerido en planta dicha producción cubriría el 41% de la materia prima necesaria, el valor en la matriz será de cuatro puntos debido al porcentaje anterior.

La provincia de Chaco es generalmente asociada en forma directa a la producción de algodón, pero este no es el único cultivo agrícola importante para su economía. Entre los más importantes también se encuentran la soja, el sorgo, el arroz y el maíz. Cuentan con 15 molinos arroceros, entre los cuales producen 16.190 toneladas de arroz por año, que representan 1619 toneladas de salvado de arroz. Dicha producción representa el 8,2% de lo requerido en planta, por esto mismo su valor en la matriz será mínimo.

Disponibilidad de insumos

Debemos contar con la disponibilidad de dos insumos principales en nuestro proceso debido a su amplio consumo. El dióxido de carbono en estado supercrítico y el etanol como catalizador del proceso esterificado. Ambos insumos son fáciles de conseguir por lo cual vamos a tener en cuenta la cantidad de proveedores y cantidad disponible que poseen para impedir gastos extras en traslados y asegurarnos el abastecimiento.

Uno de los principales proveedores de gases industriales es la empresa Air Liquide. Dicha empresa cuenta con sucursales en todo el país, teniendo en cuenta las provincias que se analizan, encontramos una sucursal en Resistencia, provincia de Chaco y dos sucursales en la provincia de Santa Fe ubicadas en Rosario y Santa Fe capital. Además, la empresa dispone de distintos distribuidores con un amplio stock de mercadería. En la provincia de Chaco encontramos tres distribuidores, en Corrientes no poseen, en Entre

ríos cuentan con dos y en Santa Fe con ocho. Otro proveedor importante es la empresa Linde. Dicha empresa cuenta con unidades comerciales en Santa Fe y Chaco, aunque aseguran llegar con la distribución a todos los parques industriales.

Dentro del país podemos encontrar muchas empresas que nos provean de etanol ya que el mismo se obtiene a partir de la caña de azúcar o del maíz, productos que abundan en la agricultura argentina. En el registro de empresas de la secretaria de energía de la nación, pudimos obtener un pequeño listado de las más importantes cuyo stock nos aseguran el abastecimiento del insumo. La ubicación de estas es cercana a la zona portuaria, se concentran en Buenos Aires con una cantidad mayor a treinta empresas, le sigue Santa fe con diez empresas y Entre ríos con cinco. Las demás están ubicadas en el norte argentino, estas últimas trabajan con caña de azúcar como materia prima.

Debido a lo mencionado anteriormente se puntuará con la nota máxima a la provincia de Santa Fe por la gran cantidad de proveedores que posee y a la provincia de Corrientes con la nota mínima debido a que no encontramos proveedores cercanos. La provincia de Entre ríos posee proveedores de ambos insumos, pero sin mucha variedad, por lo cual obtendrá el 70% del puntaje. Por último, la provincia de Chaco cuenta con proveedores de dióxido de carbono, pero no así con proveedores de etanol, entonces lo evaluaremos con el 50% del puntaje.

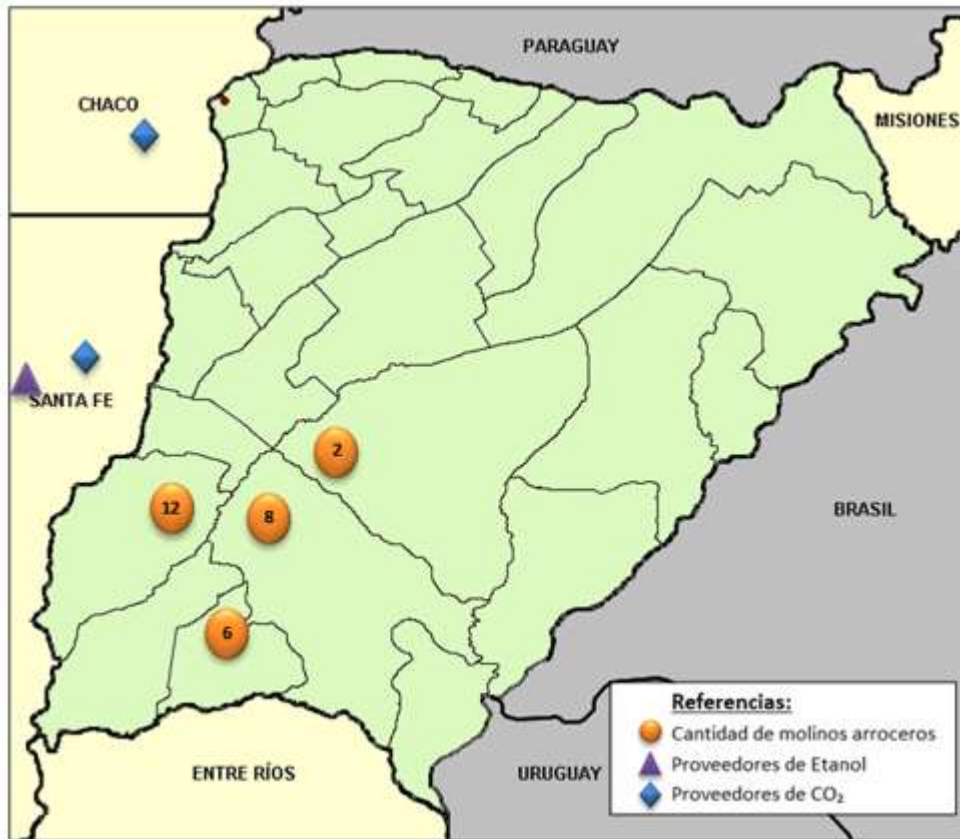
Logística

En este subfactor se analizará la concentración de la ubicación de la materia prima e insumos en cada provincia.

En la provincia de Corrientes la concentración de los molinos arroceros se encuentra en el sureste de la provincia. Se destacan los departamentos de Sauce, Goya, Curuzú Cuatiá y Mercedes. Los proveedores más cercanos se encuentran en las provincias de Chaco y Santa Fe, las distancias van desde 100 hasta 180 km. En la Figura 4.2 podemos ver mapeado lo que se comentó anteriormente.

Como aspectos positivos observamos que los molinos están concentrados en un sector y las distancias de estos a los insumos son adecuadas a pesar de no estar en la misma provincia. Como negativo es la dependencia que tendríamos a los proveedores y en caso de tener que comprar a otros los precios de flete serían altos. Como valor en la matriz vamos a considerar el 50% del puntaje.

Figura 4.2 – Provincia de Corrientes

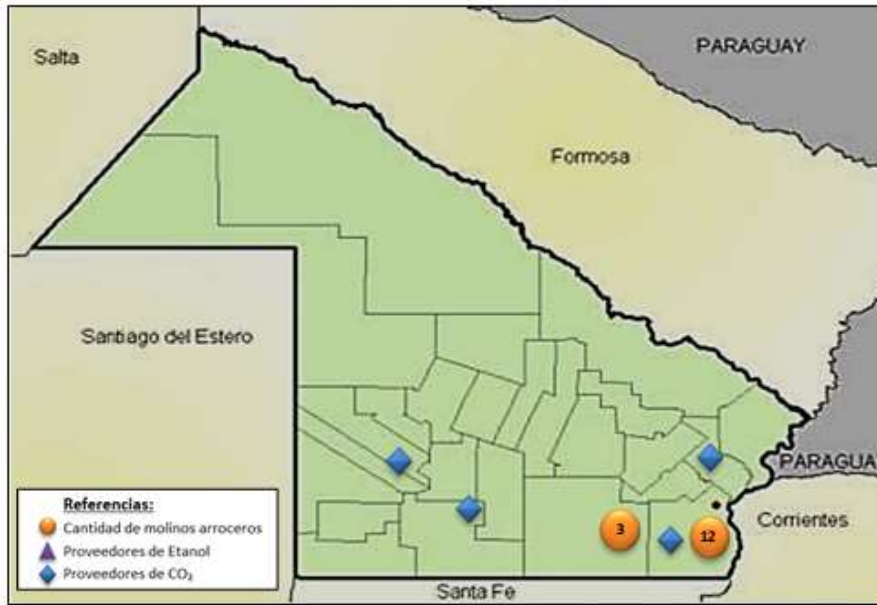


En la provincia de Chaco, los molinos arroceros se concentran en el sur de la provincia, específicamente en los departamentos de Resistencia y Tapenagá. Los proveedores de dióxido de carbono están en la misma zona mientras que los proveedores de etanol más cercanos están en la provincia de Santa Fe a 230 km aproximadamente. En la figura 4.3 se encuentra mapeado lo comentado anteriormente.

Al igual que la provincia anterior, el aspecto positivo es la concentración de los molinos en un mismo sector que comparten con los proveedores de dióxido de carbono. Cabe destacar como positivo que cuentan con varios proveedores cerca. Como aspecto negativo es la falta de proveedores de etanol cerca, lo que el costo de traslado sería elevado. Debido a todo lo anterior el valor de la matriz es del 70% del puntaje.

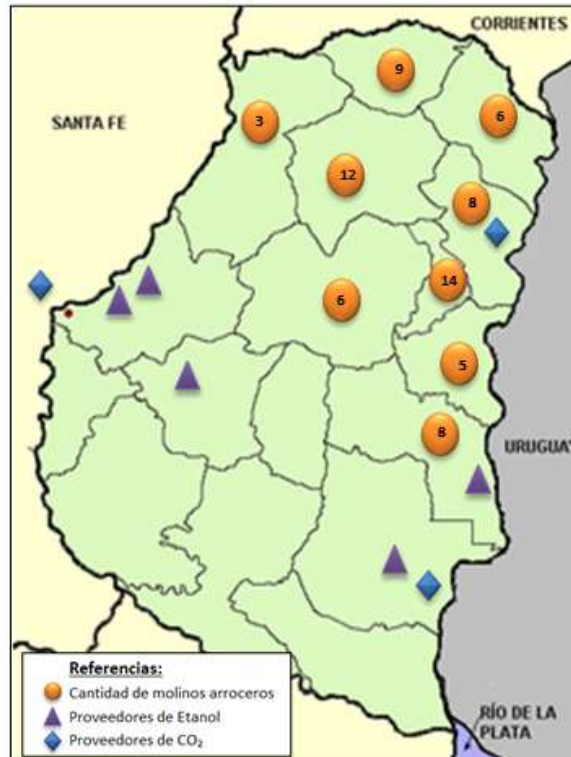
En Entre Ríos, los molinos arroceros se concentran en el centro y norte de la provincia, de los diecisiete departamentos, nueve participan en la industria. Los proveedores están ubicados en el centro y sur de la provincia, a una distancia que va desde 60 km a 170 km. En la figura 4.4, se puede observar lo mencionado previamente.

Figura 4.3 – Provincia de Chaco



Como aspectos positivos, podemos destacar que la cantidad de molinos es amplia, al igual que los proveedores. Como aspecto negativo es que no están concentrados en un lugar, lo que genera un gasto extra de flete, sin embargo, las distancias no son largas ya que la provincia es pequeña en superficie. Como valor en la matriz vamos a considerar el 80% del puntaje.

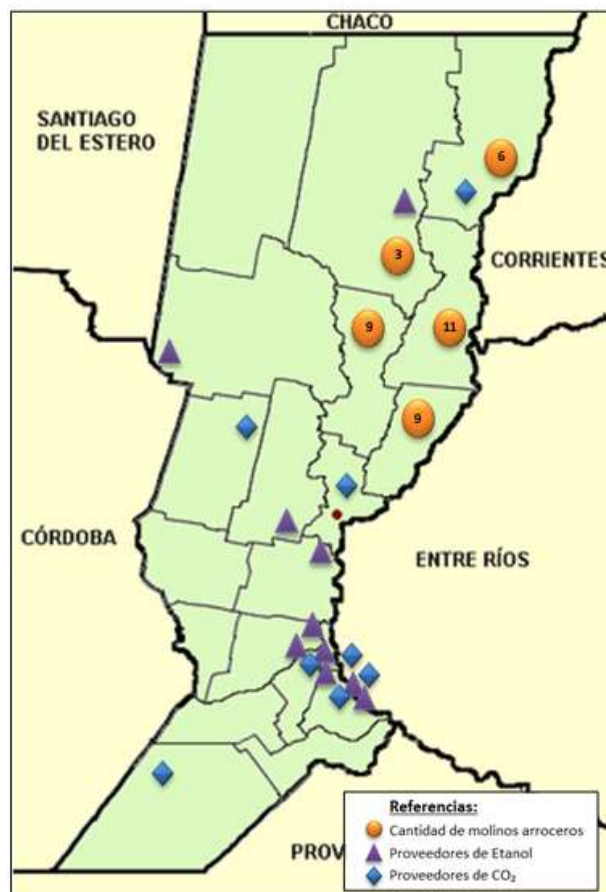
Figura 4.4 – Provincia de Entre Ríos



En Santa Fe, los molinos arroceros se concentran en el este de la provincia, específicamente en los departamentos de San Javier, Vera, San Justo, General Obligado y Garay. Cuenta con una amplia variedad de proveedores, su mayoría ubicados al sur de la provincia por su cercanía a la zona portuaria, la distancia entre los molinos y los proveedores va desde 120 km a 280 km. En la figura 4.5 se puede observar lo comentado anteriormente.

Un aspecto positivo es que podemos encontrar todos los molinos juntos, como así también a los proveedores de insumos. Lo negativo es que la distancia entre molinos y proveedores es amplia debido a la extensa superficie de la provincia. Por lo tanto, el gasto de traslado sería elevado. Debido a todo lo anterior, el valor de la matriz será de 80% del puntaje.

Figura 4.5 – Provincia de Santa Fe



Servicios

En este factor se enumeran los servicios que tienen las provincias englobando todo lo relacionado con el suministro de energía y recursos hídricos. A su vez también se analizará el acceso a la comunicación. Este factor será dividido en seis subfactores:

energía eléctrica, gas natural, agua potable, comunicación, desagües/drenaje y disposición de residuos.

Energía eléctrica

La energía eléctrica en Entre Ríos está a cargo de la empresa ENERSA (Energía de Entre Ríos, Sociedad Anónima), la misma nace mediante disposición del Gobierno de la Provincia de Entre Ríos, quien le otorga la concesión para la prestación del Servicio Público de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica en el área de cobertura correspondiente.

ENERSA es una empresa líder en el mercado eléctrico argentino que distribuye y comercializa electricidad a más de 360.000 usuarios en su área de concesión, concentrando el 71% del mercado de distribución de energía de toda la provincia. El restante 29% se encuentra atendido por 18 cooperativas eléctricas a las que a su vez ENERSA también brinda servicio¹¹. De este modo, ENERSA tiene a su cargo el transporte y distribución de energía eléctrica en un área de 56.300 km² en todo el territorio de la Provincia de Entre Ríos, operando y administrando este servicio público esencial bajo estándares internacionales, de manera eficiente y confiable, respetando las disposiciones legales nacionales, provinciales y municipales vigentes y sobre todo brindando a sus usuarios un servicio seguro, de calidad y con tarifas altamente competitivas.

Se rigen en un marco regulatorio provincial bajo la Ley N°8916, el Decreto Provincial N°734 y el Decreto Provincial N°975. Cuentan con un compromiso de responsabilidad social, y tienen definido como eje estratégico posicionar a la empresa como una Organización Socialmente Responsable. Se destacan por promover un servicio seguro y de alta calidad, preservando la protección del medio ambiente, la seguridad y salud ocupacional de los empleados, contratistas y clientes en todas sus operaciones, las que incluyen actividades como transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Mantienen una política de estricto control de todos los líquidos aislantes dieléctricos que ingresan a la empresa.

A través de Enersa, el Gobierno de la Provincia se abrirá camino a la gestión de la movilidad eléctrica. Dicho proyecto se enmarca en el plan energético a diez años que lleva adelante la compañía distribuidora. El objetivo es cubrir la provincia de una red de estaciones de carga y fomentar la utilización de vehículos eléctricos. Implementando tecnologías de energías alternativas en el ámbito de la Provincia de Entre Ríos, para la

¹¹ Información obtenida de la página de la empresa ENERSA.

movilidad urbana y periurbana, tanto para uso particular o profesional, agrícola, transporte de carga y público de pasajeros.

Según lo anterior detallado, se destacan varios puntos positivos. En primer lugar, es importante resaltar que toda la provincia cuenta con suministro de energía eléctrica y se rige bajo un marco regulatorio provincial. Por otro lado, la empresa tiene como eje estratégico el servicio seguro y de alta calidad, preservando la protección del medio ambiente. Debido a esto el valor en la matriz será el máximo.

La energía eléctrica en Santa Fe está a cargo de la empresa EPE (Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe). Esta compañía abastece a más de 1.300.000 de clientes distribuidos en 101.000 km². La empresa provincial es la encargada de transportar y distribuir la energía eléctrica a cada uno de los hogares, comercios, establecimientos rurales e industrias del territorio santafesino.

La ciudad de Santa Fe es abastecida de energía eléctrica por el Sistema Argentino de Distribución (SADI), en 500 kilovoltios (kV). Ingresa al sistema eléctrico local a través de la Estación Transformadora de Colonia San José, cerca de Santo Tomé y propiedad de Transener. Una sucesión de redes aéreas y subterráneas y transformadores de potencia, permiten el abastecimiento en toda la trama urbana. La EPE tiene líneas de 132kV, de 33kV y de 13,2kV, hasta que finalmente llega a los hogares con los 220 volts. La empresa posee unos 50 mil kilómetros de líneas de alta, media y baja tensión; y cuenta con 56 estaciones transformadoras de 132 kilovoltios. En los últimos años, en virtud de las decisiones del Gobierno de Santa Fe, la empresa desarrolla un ambicioso plan de inversiones y reinversiones. Esto permitió contar con más estaciones transformadoras y con nuevas líneas de media y baja tensión. Estas acciones se suman al recambio de postes y de cable reensamblado, todo lo cual ha permitido que la Empresa registre el menor índice de cortes de energía de los últimos años¹².

En el área metropolitana de Santa Fe, el Parque Industrial de Sauce Viejo alberga la Central Termoeléctrica Brigadier López, la cual en el 2012 inició su puesta en funcionamiento. En situaciones normales, para los ciudadanos es indistinto vivir a pocos kilómetros de una central generadora. La energía producida en las diversas centrales alimenta la trama nacional y la distribución se realiza sin discriminar de qué planta proviene la producción. Sin embargo, ante situaciones adversas, vale la diferencia de tener como vecina a una usina eléctrica ya que puede afrontar el abastecimiento y evitar que los problemas del sistema eléctrico nacional repercutan en las actividades diarias.

Analizando los datos anteriores podemos enumerar los siguientes aspectos positivos: la provincia cuenta con suministro de energía eléctrica, una central

¹² Información obtenida de la página del Gobierno de la provincia de Santa Fe

termoeléctrica y un plan de inversiones amplio apto para asegurar el menor índice de cortes. Debido a esto el valor en la matriz será el máximo.

La energía eléctrica en Corrientes está a cargo de DPEC (Dirección provincial de Energía de Corrientes), creada por el gobierno de la provincia por Ley N° 3588, como ente autárquico con dependencia funcional de la Secretaría de Estado de Obras y Servicios Públicos. Su objeto es la promoción, estudio, proyecto, ejecución y/o explotación de obras y servicios de aprovechamiento energético, así como la generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica, y la coordinación de los mismos servicios prestados por los terceros. Poseen delegaciones en toda la provincia, aunque todavía hay zonas rurales sin acceso a este suministro. Las obras para la extensión de la red fueron pospuestas para reparar estaciones transformadoras en varios departamentos¹³. Los cortes de suministro de energía son frecuentes debido a la gran demanda que poseen.

Según lo detallado con anterioridad, se ve claramente que el suministro de energía eléctrica no se extiende por todo el territorio provincial. Como aspecto positivo, destacamos que continúan realizando inversiones para ofrecer un servicio con calidad. Por lo anterior mencionado consideramos un 50% del valor del puntaje en la matriz.

La energía eléctrica en Chaco está a cargo de Servicios Energéticos del Chaco, es una empresa estatal, creada para la distribución de la energía eléctrica de la Provincia. De acuerdo con la Ley Provincial N° 1037, la empresa se le asigna las siguientes funciones en todo el territorio provincial: explotación y administración de centrales eléctricas, medios de transmisión, estaciones transformadoras y redes de distribución, suministro eléctrico a los usuarios y redes de alumbrado público, compraventa de energía en barra, realización de estudios, proyectos y construcciones de las redes urbanas de distribución por sí o por terceros. Estudio, elaboración y proposición de tarifas de los servicios públicos de electricidad de jurisdicción provincial, como así también el establecimiento de tasas y otras contribuciones por prestación del servicio. Su aprobación se operará por el poder Ejecutivo, a través del Ministerio de Economía y obras Públicas. Por último, el estudio y proposición de sistemas de financiación, con recursos propios o de terceros, provinciales, nacionales o internacionales, para la ejecución de obras de energía eléctrica.

Desde el año 2012, servicios energéticos del Chaco lleva a cabo una amplia lista de obras de construcción de subestaciones transformadoras y extensiones de líneas de media y baja tensión. Hasta el día de hoy el suministro no llega a todo el territorio provincial, la zona más debilitada es la Noroeste¹⁴. Cuentan con un programa de

¹³ Información obtenida de la página de la Dirección Provincial de Energía de Corrientes.

¹⁴ Información obtenida de la página de Servicios Energéticos del Chaco.

subsidios, destinado a usuarios residenciales del servicio eléctrico, tanto urbanos como rurales.

Con la información anterior, se destaca que el suministro de energía eléctrica no cubre todo el territorio provincial. Como positivo, se hace hincapié en que el listado de obras a realizar es de acceso público y se puede observar el extenso plan que poseen para extender el suministro a todas las áreas no cubiertas. Por lo anterior mencionado se considera un 70% del valor del puntaje en la matriz.

Gas Natural

Gas NEA es una distribuidora de gas por redes creada en el año 1997, adjudicataria de la licencia de distribución de gas en la zona del Noreste argentino, denominada "Novena Región". La zona de licencia comprende cinco provincias: Entre Ríos (excepto Ciudad de Paraná), Corrientes, Misiones, Chaco y Formosa. En la actualidad, Gas NEA opera en 55 localidades, abasteciendo a más de 110.000 usuarios, entre ellos, hogares, comercios, industrias y estaciones GNC, mediante una red de 4295 km de cañerías y 110 plantas reguladoras. La zona del Noroeste argentino carece de infraestructura de desarrollo y abastecimiento de gas en la mayoría del territorio mencionado.

En conjunto con la secretaria de Energía del Gobierno de Entre Ríos, la distribuidora de Gas NEA cuenta con gasoductos troncales, ramales de aproximación y redes de distribución urbana. Dicho desarrollo gasífero, tuvo como objetivo principal, ampliar el área de cobertura en ciudades ya abastecidas y lograr llevar servicio a localidades que no lo tenían. En el periodo 2015 – 2018 el Gobierno, realizó la instalación de 182.000 metros de cañería de gas natural, posibilitaron que localidades como Chajarí Concordia, Concepción del Uruguay, Basabilbaso, Nogoyá, Paraná, Victoria, Seguí, Gualeguaychú, Rosario del Tala, Cerrito San José puedan ampliar sus redes básicas. A partir de los troncales, la provincia desarrolló un programa que incluye ramales de aproximación y redes de gas que alimentan a ciudades y parques industriales. Todas las obras son financiadas con el Fondo de Desarrollo Energético, instituto promotor de progreso y factor decisivo para el arraigo de familias en el área rural¹⁵. Por estos motivos, el puntaje de la provincia será del 90% en la matriz.

Según los registros del Ente Nacional Regulador del gas, la provincia de Corrientes no posee gaseoductos regionales. Por ende, no posee departamentos abastecidos con gas natural. Cuentan con un proyecto para abastecer el departamento de Mercedes donde se concentran la mayoría de las industrias de la provincia. El plan es llegar a Corrientes con un gasoducto, a través del río Paraná. Corrientes posee la primera

¹⁵ Información obtenida de la página de la secretaria de Energía del Gobierno de Entre Ríos.

expendedora de Gas Natural Comprimido (GNC) en Paso de los Libres. Debido a lo anterior detallado vamos a valorar la matriz con el 20% del puntaje.

Al igual que la provincia anterior, según los registros del Ente Nacional Regulador del gas, la provincia de Chaco no posee gaseoductos regionales. En el año 2019 se inauguró la red de gas natural de Resistencia, dicho gaseoducto fue extendido por un ramal presurizado del Gasoducto del Noreste Argentino. Además del gasoducto troncal, poseen un proyecto para contar con las líneas de aproximación finalizadas para abastecer las siguientes localidades; Basail, Barranqueras, Fontana, M. Belén, La Leonesa, Las Palmas, Laguna Blanca, Makallé, Lapachito, La Verde, La Escondida, Presidencia La Plaza, Machagai, Quitilipí, La Tigra y La Clotilde¹⁶. Debido a lo anterior detallado vamos a valorar la matriz con el 30% del puntaje.

Litoral Gas es una compañía constituida en Argentina, que desarrolla sus operaciones exclusivamente en el país. Su actividad consiste en la distribución de gas natural por redes en el área geográfica conformada por las provincias de Santa Fe y el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Dicha región abarca una superficie de 136.387 km² y tiene una población del orden de los 3,5 millones de habitantes. Su administración central está ubicada en la ciudad de Rosario¹⁷.

Según los registros del Ente Nacional Regulador del gas, la provincia de Santa Fe cuenta con un gaseoducto regional que abastece el todo el sur de la provincia, dejando sin suministro a los departamentos del centro y norte. Seis ciudades alejadas de los gaseoductos cuentan con abastecimiento de GLP (gas licuado de petróleo). Debido a lo anterior detallado vamos a valorar la matriz con el 50% del puntaje.

Agua Potable

La disponibilidad de agua dulce está considerada como uno de los factores determinantes de la salud humana, en los últimos decenios, el crecimiento de la población, la industrialización y el incremento de la utilización de agua para la producción ha ocasionado un fuerte aumento en la demanda de este recurso. Por esto mismo, en este subfactor vamos a tener en cuenta la superficie cubierta por el servicio de agua potable, la calidad de la misma y si poseen proyectos tanto para ampliar el suministro como para mejorar la calidad del mismo.

En la provincia de Chaco Servicio de Agua y Mantenimiento Empresa del Estado Provincial (SAMEEP) es un organismo autónomo, autárquico y descentralizado de la Administración Pública Central, encargado de prestar a los usuarios el servicio de agua

¹⁶ Información obtenida de la página de la empresa Gas NEA.

¹⁷ Información obtenida de la página de la Provincia de Santa Fe.

potable, en cantidad y calidad, contemplando los procesos de captación, potabilización, distribución, comercialización; así como el sistema de evacuación y tratamiento de efluentes de aguas residuales. Se encargaba de la explotación y mantenimiento de los servicios de agua potable y saneamiento en 63 de los 70 municipios de la provincia y tiene a cargo el suministro de agua potable a través de camiones cisterna a parajes y escuelas rurales. De las localidades abastecidas actualmente, 60 cuentan con la provisión de agua potable y saneamiento, 3 con recolección de efluentes cloacales solamente y 7 se encuentran en manos de cooperativas o administraciones municipales. La empresa brinda cobertura urbana de agua potable. El objetivo de SAMEEP es proveer un servicio de agua potable universal en la provincia, de calidad óptima con la operación y mantenimiento a cargo de una única empresa. Es por esto que se plantea la ejecución de obras estructurales para lograr dicho fin que incluyen acueductos, obras de toma y plantas de tratamiento. Entre ellas, las más importantes son el "sistema del Teuco-Bermejo" para la zona norte y noreste de la provincia, incluyendo parte del Impenetrable, y el "sistema del Paraguay-Paraná" para la zona Este, centro y Suroeste¹⁸.

Las redes de acueductos terminados a la fecha representan 916 km, de los cuales una parte se distribuye en la zona sureste, y otros tramos hacia el centro-oeste de la provincia, dejando desprovistas las localidades que se encuentran al noreste provincial. Los tramos que se encuentran en ejecución representan unos 266 km, mientras que los proyectados son 146 km. Al analizar la geografía provincial, se identifica que las áreas cubiertas por acueductos son tanto las más productivas, como las de mayor población. Miraflores, Quitilipí, Tres Isletas y Villa Ángela, son los departamentos que cuentan con plantas potabilizadoras. Las fuentes de abastecimiento para agua potable de estas últimas, son tanto reservorios de agua como acueductos, ya que, excepto Miraflores, las otras 3 localidades poseen acueductos ya finalizados.

Para valorar la matriz se tendrá en cuenta la superficie cubierta de acueductos que posee la provincia y se destaca que las zonas más productivas cuentan con agua potable, por lo que el puntaje será del 50%.

La empresa encargada de suministrar el servicio de agua potable es Aguas de Corrientes S.A. La empresa brinda servicio de agua potable a más de 189.193 hogares. Las plantas potabilizadoras que posee son alimentadas de fuentes superficiales, estas mismas se hallan sujetas a una mayor contaminación y necesitan un tratamiento físico – químico complejo para que el agua sea potable. En el caso de la ciudad de Corrientes y San Luis del Palmar, el agua se extrae del río Paraná; en Esquina se extrae del río Corrientes; en Santo Tomé, Monte Caseros, Paso de los Libres del río Uruguay; y en Goya del riacho Goya. También utilizan fuentes subterráneas, que son aguas provenientes de

¹⁸ Información obtenida de la página SAMEEP

las lluvias que se infiltran a través de las capas permeables de suelo. Detienen su recorrido cuando se encuentran con una capa impermeable, formando lo que se llama napa o capa de agua subterránea. La captación subterránea de agua se realiza en los siguientes departamentos Empedrado, Mercedes, Santa Lucía, Curuzú Cuatiá, Saladas, San Luis del Palmar, Yapeyú, Bella Vista¹⁹.

Según los índices que posee el gobierno de Corrientes, el 90% de la provincia posee cobertura de agua potable. Debido a esto y a la calidad del agua se considerará dicho porcentaje para valorar la matriz.

El Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS), nació en la Provincia de Santa Fe como un ente autárquico cuyos cometidos son la regulación y control de los servicios públicos de provisión de agua potable y saneamiento regidos por el marco regulatorio de la ley provincial número 11220.

El organismo tiene en su cabeza la responsabilidad de tutelar en la Provincia de Santa Fe los derechos de los usuarios de los servicios sanitarios, gozando en la actualidad universalmente el acceso al agua potable y al saneamiento del reconocimiento de la naturaleza de derecho humano, vinculado a otro derecho esencial, la salud. Conforme lo previsto en el Art. 66 de la ley 11220, corresponde al Ente Regulador verificar y exigir el cumplimiento de las obligaciones asumidas por los prestadores y dictar las regulaciones que se estimen convenientes para la adecuada prestación del servicio público. Los prestadores de los servicios sanitarios en la Provincia de Santa Fe, son actualmente: Aguas Santafesinas Sociedad Anónima (ASSA), cuyo principal accionista es el Estado santafesino, y que sirve en quince distritos; 344 pequeños prestadores, tales como municipalidades, comunas y cooperativas del interior, que cubren 269 servicios de agua, 83 servicios de agua y cloaca y 1 servicio sólo de cloacas.

Según los datos obtenidos del Ente Regulador de Servicios Sanitarios, algunas localidades cuentan con más de un servicio de agua. Ejemplo: Servicios prestados en Parajes, Barrios desvinculados de la red de agua central, etc. La mayoría de los departamentos, cuentan con al menos una red de distribución de agua. Un número menor de estos, consiste en un sistema alternativo de entrega de como mínimo 2 litros de agua por habitante por día apto para bebida. Como conclusión, de los 365 distritos que tiene Santa Fe solo 352 poseen suministro de agua potable, esto representa el 96% del total. Como ventaja destacamos que la provincia cuenta con varios prestadores del suministro. Consideramos valorar con el 90% del puntaje en la matriz.

La Federación de Cooperativas de Agua Potable de la Provincia de Entre Ríos es una cooperativa de segundo grado que tiene como principales objetivos ejercer la

¹⁹ Información obtenida en la página de Aguas de Corrientes.

representación y fortalecer la integración de Cooperativas de Provisión de Agua Potable, para la defensa del sector y asistencia de sus problemáticas en ámbitos nacionales, provinciales y municipales, gestionando a tal fin las normas, reglamentaciones, leyes, decretos, ordenanzas, proyectos, etc. Para la consolidación de las cooperativas del sector, atento a las constantes exigencias de los organismos estatales de contralor, en los ámbitos institucionales, fiscales, previsionales, laborales, de crédito, financiamiento y operación de los servicios.

La provincia cuenta con dieciséis plantas potabilizadoras, cinco están ubicadas sobre el Rio Uruguay y las otras once se encuentran sobre el Rio Paraná. Estas abastecen a 71 cooperativas distribuidas en los diecisiete departamentos de la provincia. Debe destacarse que la Provincia de Entre Ríos ostenta una elevada cobertura de la población con red pública de Agua Potable, en comparación con otras jurisdicciones. El 90,2% de las viviendas particulares de la Provincia cuentan con suministro de agua por red pública. La configuración poblacional de la Provincia de Entre Ríos, así como las pautas de expansión urbana de sus localidades determina que una pequeña proporción de la población total reside fuera del alcance de la red pública. Esta población se abastece de agua potable mediante otros métodos. El más utilizado es el de tener uno o más pozos propios para abastecimiento de agua subterránea; de acuerdo con los últimos datos censales, el 7,5% del total de viviendas particulares de la Provincia utiliza este método de suministro²⁰.

Debido a la información adquirida vamos a considerar valorar con un 90% del puntaje en la matriz.

Desagües/ Drenaje

Drenaje, cloacas o red de saneamiento, en ingeniería y urbanismo, es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

Una red de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, coladeras e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia.

La red cloacal es un sistema de cañerías, mayores y menores, que recogen los desagües cloacales domiciliarios y los derivan hacia un contenedor a las afueras de la ciudad donde las aguas sucias están controladas y alejadas del habitar ciudadano. La principal conveniencia recae en la mejora de índices de salud de la población. Además,

²⁰ Información obtenida de la página del gobierno de Entre Ríos.

el aspecto positivo directo para las generaciones venideras. Esto es porque a partir del tratamiento de las aguas residuales se contará con un medio ambiente más sano, con arroyos y ríos sin contaminación.

En la provincia de Chaco Servicio de Agua y Mantenimiento Empresa del Estado Provincial (SAMEEP), Actúa como ente concesionario estatal del Sistema Provincial de Abastecimiento de Agua, Evacuación de Líquidos cloacales y residuos industriales, mantenimiento de bienes y realización de obras, estudios y proyectos. La empresa brinda cobertura urbana de cloacas y micro medición.

El Ministerio de Interior, Obras Públicas y Vivienda inauguraron en el año 2018 la primera red cloacal en el municipio chaqueño de Capitán Solari. Los trabajos implicaron la instalación de 7000 metros de redes colectoras y la construcción de dos estaciones elevadoras y de una planta de tratamiento. El proyecto comprendió, además, la construcción de los desagües cloacales para la localidad de Laguna Limpia, que ya se encuentran habilitados y cubren el servicio para más de 4700 habitantes. Entre las obras que están en ejecución en la provincia con intervención de la Nación se destacan la planta de tratamiento de Resistencia y el segundo acueducto para el interior del Chaco, con fecha estimada de finalización para el año próximo. Otro proyecto que está en etapa de ejecución, es una obra que consiste en la confección de una red maestra de colectores en el sur de la ciudad de Resistencia que recibirán los aportes de la red ya existente de las catorce estaciones de bombeo que serán reacondicionadas para esta obra. El líquido crudo será transportado a la planta de tratamiento a emplazarse a 5 km al sur del ejido urbano a través de una cañería de 5 km de extensión. Una vez tratado, el líquido será transportado hasta el Riacho Barranqueras, donde se ubica su punto de vuelco. Esta obra permitirá coleccionar, para luego tratar, los efluentes cloacales de una población de 525.000 habitantes mediante una planta de tratamiento de líquidos efluentes²¹.

Como ventajas se puede destacar que cuentan con un amplio programa de obras a realizarse y en ejecución para extender la red de desagües, el problema es que en representación a toda la provincia la zona cubierta con red cloacal es menor al 20%. Debido a esto vamos a considerar el 20% del puntaje en la matriz.

Aguas de Corrientes S.A. brinda servicio de desagües cloacales a 154.734 familias de la provincia de Corrientes. En la ciudad de Corrientes dicho efluente es volcado en las aguas del Paraná, ya que por el gran caudal del río la dilución es grande con lo cual no existe índice de contaminación. En Saladas, San Luis del Palmar, Mercedes, Bella Vista, Monte Caseros, Curuzú Cuatiá, Santa Lucía y Santo Tomé el efluente es tratado en las

²¹ Información obtenida de la página del El Ministerio de Interior, Obras Públicas y Vivienda

plantas de tratamiento de líquidos cloacales con lagunas de estabilización. Mientras que en Paso de los Libres y Esquina el efluente es tratado en las plantas de tratamiento de líquidos cloacales con lodos activados. En Yapeyú el agua residual es tratada en lagunas facultativas. Según datos oficiales nacionales, informados por el Instituto Correntino del Agua y del Ambiente, al 52% de las viviendas poseen desagües cloacales. Debido a lo anterior comentado, le daremos un valor de 50% del puntaje en la matriz.

Como ya se mencionó, la provincia de Santa Fe cuenta con un ente regulador denominado Ente Regulador de Servicios Sanitarios, cuyos cometidos son la regulación y control de los servicios públicos de provisión de agua potable y saneamiento.

Según los datos que informa dicho ente, la ciudad cuenta con una cobertura del 68% de servicio cloacal, incluyendo 27 estaciones elevadoras en funcionamiento continuo a cargo de Aguas. Una de las elevadoras cloacales más importantes de la ciudad está ubicada en Obispo Príncipe y Antonia Godoy. La misma recibe los efluentes domiciliarios de una gran cuenca, donde se localizan más de 10.000 vecinos en forma directa y otros 50.000 de subcuencas que tributan a dicha estación. La red de sistema cloacal es de 623,4 km de longitud, con la misma suministra a 265.732 habitantes de sistema cloacal. Debido a lo anterior comentado, le daremos un valor de 70% del puntaje en la matriz.

La Secretaría de Servicios Sanitarios y Desagües Pluviales de Entre Ríos es la encargada de brindar el servicio de red de saneamiento de la provincia. La Provincia de Entre Ríos cuenta con una elevada cobertura de Desagües Cloacales, los datos informados por el ministerio de planeamiento, infraestructura y servicios del gobierno de entre ríos indica que el 71% de los hogares de la provincia poseen cloaca de red pública. En Entre Ríos los servicios de Desagües Cloacales son operados por un amplio conjunto de prestadores, que incluye a los estados municipales a un conjunto de cooperativas y otros entes privados, así como al propio estado provincial.

La realidad entrerriana en esta materia no escapa a las tendencias generales observadas en otras jurisdicciones del país en donde existen escasos mecanismos regulatorios de aplicación efectiva y debilidades en la planificación sectorial, así como la oportuna disponibilidad de datos básicos para la toma de decisiones. Desde la esfera provincial, se identifica la necesidad de desarrollar herramientas y mecanismos que, en temas puntuales, mejoren la coordinación de acciones, los incentivos existentes y el compromiso alcanzado por el conjunto de los actores, para lograr metas de interés general que beneficien a todas las generaciones de entrerrianos. Los prestadores de servicios sanitarios están frecuentemente expuestos a la necesidad de contar con refuerzos en sus infraestructuras de Desagües Cloacales (recolección, tratamiento, disposición final de desechos) lo que demanda inversiones regulares que suelen ser

cubiertos a partir de asistencia provincial o nacional. Tanto la infraestructura de estos servicios, como los mecanismos de gestión existentes se caracterizan por diversos inconvenientes que generan pérdidas de calidad y comprometen la prestación sostenible de los servicios²². Debido a lo anteriormente comentado, se le otorga en la matriz un valor del 70%.

Comunicación

En este subfactor vamos a analizar la red de comunicaciones con la que cuenta cada provincia. Se entiende por red de telecomunicación al conjunto de medios, tecnologías, protocolos y facilidades en general, necesarios para el intercambio de información y archivos entre los usuarios de una red.

La provincia de Chaco cuenta con la empresa Ecom Chaco, que se encuentra localizada en la ciudad de Resistencia, es una Sociedad Anónima con capital estatal mayoritario. Consolidada en el medio por su capacidad y experiencia en nuevas tecnologías, brinda soluciones integrales, garantizando la sustentabilidad y la calidad del servicio para satisfacer a cada uno de sus clientes. Actualmente trabajan bajo la órbita de tres líneas de negocios: Servicios de telecomunicaciones, Desarrollo de Software y Servicios Audiovisuales.

Para brindar conectividad en lugares alejados donde antes no se contaba con servicios de conectividad, colocaron 149 torres de comunicación, de las cuales 130 son nodos. Cuentan con 2.800 kilómetros de tendido provincial de fibra óptica, esto extiende la cobertura al 90% del territorio. Uno de los proyectos que están implementando es la extensión de la conexión de internet, actualmente 31 de los 69 municipios de la provincia cuentan con de wifi libre de ECOM. Otro proyecto es el llamado conectando escuelas, el cual consiste en brindar conectividad a establecimientos educativos de la provincia del chaco, tiene un alcance de 1.000 escuelas en 55 municipios de la provincia, alcanzando a más de 300.000 alumnos, con una demanda de transporte de datos de 10.038 Megabyte. Actualmente llevan conectados 592 establecimientos educativos, lo que demanda 7.908 Megabyte de transferencia de datos, con lo cual cerca de 203.305 alumnos acceden a internet, lo que se traduce en un 59% del proyecto ejecutado²³. En la Figura 4.6 podemos observar el tendido de fibra óptica de la provincia según la página de telecomunicaciones del Estado Argentino. De acuerdo con el último informe del Gobierno de Chaco, la tasa de penetración del servicio de telefonía es de 14 de cada 100 hogares cuentan con líneas fijas de teléfono. La provincia cuenta con 100 líneas móviles cada 100 habitantes. Cabe destacar que la zona que no posee acceso a comunicación es

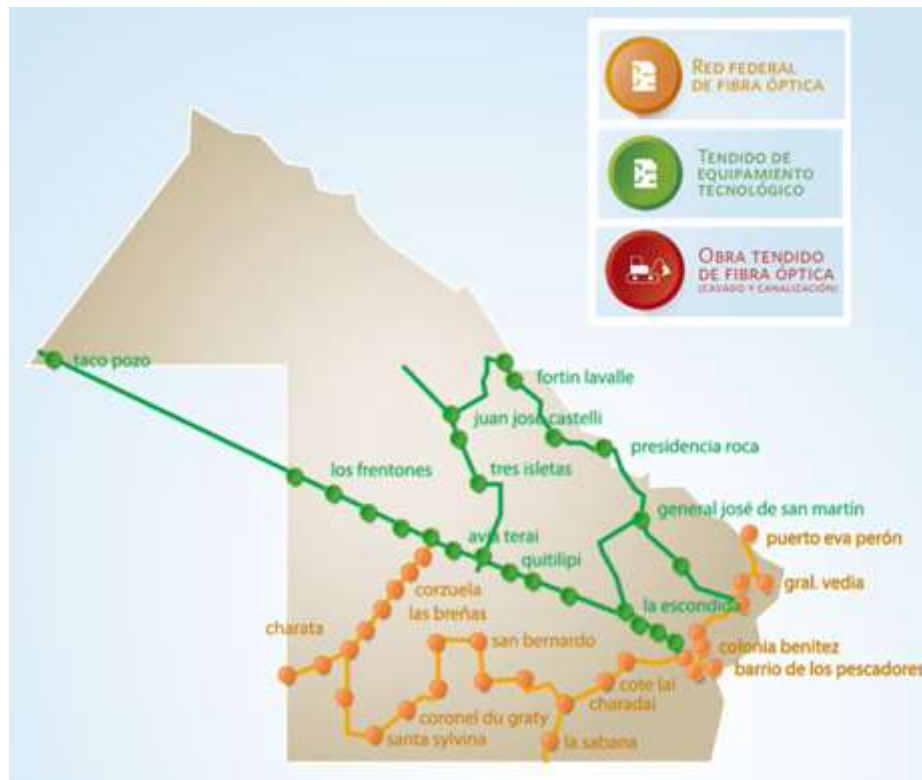
²² Información obtenida de un estudio realizado por la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado - CREAMSE

²³ Información obtenida por el informe de gestión de la empresa ECOM Chaco

el impenetrable chaqueño, debido a esto se dará un valor de 80% del puntaje de la matriz.

Figura 4.6 – Provincia de Chaco

Fuente: ARSAT S.A. – Telecomunicaciones del Estado Argentino



En la actualidad, Santa Fe está atravesada de sur a norte por la red troncal de fibra óptica de Arsat²⁴ con un total 95 bocas, aunque sólo 39 están operativas. Por eso, hoy 13 de los 19 departamentos están conectados a esa red. Los prestadores que ya están establecidos focalizaron sus inversiones en zonas de alta concentración poblacional y de mayores recursos. En ese sentido los indicadores estadísticos de penetración de servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Provincia son muy desparejos.

La fibra óptica es un medio de transmisión de datos ampliamente utilizado en telecomunicaciones. Se trata de un recurso de infraestructura tecnológica clave en la denominada sociedad de la información, ya que permite enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, a una velocidad superior a la del cable convencional. Debido a su importancia, en el contexto de sus políticas tecnológicas y de modernización, el Gobierno de Santa Fe asumió este proyecto con sentido estratégico y avanzó en el tendido de más de 500 kilómetros de fibra óptica. A su vez, ingresó un proyecto de ley

²⁴ ARSAT es la empresa de telecomunicaciones del Estado Argentino que brinda servicios de transmisión de datos, telefonía y televisión por medio de infraestructura terrestre, aérea y espacial.

para crear la Empresa Provincial de Telecomunicaciones Sapem (Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria) con el objetivo de llevar conectividad a toda la provincia. La empresa estará conformada en un 51 por ciento por acciones del Estado Provincial. Un segundo grupo, de un 15 por ciento, será ofrecido a todas las municipalidades y comunas de Santa Fe, en condiciones igualitarias. Otro 15 por ciento a Cooperativas del sector y un mismo porcentaje a empresas privadas de la Provincia. Por último, el 4 por ciento de acciones restantes serán ofrecidos a sindicatos de trabajadores vinculados con la actividad²⁵. De acuerdo con el último informe del Gobierno de Santa Fe, la tasa de penetración del servicio de telefonía es de 28 de cada 100 hogares cuentan con líneas fijas de teléfono. La provincia cuenta con 142 líneas móviles cada 100 habitantes. En la Figura 4.7 podemos observar el tendido de fibra óptica de la provincia según la página de telecomunicaciones del Estado Argentino. En conclusión, a la información obtenida el valor de la matriz será del 60% del puntaje.

En la provincia de Corrientes la licencia para otorgar el servicio de internet lo tiene la empresa Corrientes Telecomunicaciones Sociedad Anónima, también conocida como (Telco). La empresa creada por la Ley Número 6.466 brindará servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, comunicación audiovisual, conectividad digital y servicios de tecnologías de la información. La empresa tiene por objeto la investigación y desarrollo sobre nuevas tecnologías aplicadas, construcción de infraestructura de telecomunicaciones, tendido de redes de fibra óptica y otras modalidades. También la conectividad, telefonía, enlace satelital, arquitectura tecnológica para pequeños, medianos y grandes proveedores de servicios, con capacidad suficiente para contratar a nivel nacional internacional. Cuentan con 470 kilómetros de fibra óptica en Capital y llegan hasta el norte de la provincia. En la Figura 4.8 se detalla las localidades donde la provincia cuenta con tendido de equipamiento tecnológico, 19 de las 77 localidades poseen tendido, lo que representa el 25% del total²⁶.

De acuerdo con el último informe del Gobierno de Corrientes, la tasa de penetración de internet en la provincia es de 38 cada 100 hogares. Con relación al servicio de telefonía, 11 de cada 100 hogares cuentan con líneas fijas de teléfono. La provincia cuenta con 110 líneas móviles cada 100 habitantes. En conclusión, a la información obtenida el valor de la matriz será del 30% del puntaje.

²⁵ Información obtenida de la página del Gobierno de Santa Fe.

²⁶ Información obtenida de la página del Gobierno de Corrientes.

Figura 4.7 – Provincia de Santa Fe

Fuente: ARSAT S.A. – Telecomunicaciones del Estado Argentino



El Gobierno de Entre Ríos cuenta con áreas encargadas de desarrollar y mantener los sistemas de información transversales que alcanzan a los organismos de la administración pública provincial, entes autárquicos y/o descentralizados. A su vez, diseña portales web y aplicaciones móviles con el propósito de favorecer la comunicación entre el Estado y la ciudadanía, simplificar los trámites y procesos de gestión administrativa. La Ley Provincial de Regulación de Infraestructuras de Telecomunicaciones N° 10.383 fue aprobada por unanimidad en ambas cámaras legislativas en Entre Ríos en 2015. La norma establece los requisitos para la habilitación de estructuras soporte de sistemas de radiocomunicación o antenas a cumplir por los operadores de servicios de telecomunicaciones y de comunicaciones móviles, incluyendo la cuarta generación o 4G. Actualmente, el Gobierno de Entre Ríos busca la aplicación de la norma en todo el territorio provincial y brinda asesoramiento a municipios, juntas de gobierno y entidades no gubernamentales para su respectiva adhesión. Como se puede observar en la Figura 4.9, Entre Ríos cuenta con 133 nodos previstos por la Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A. (ARSAT), 44 de los cuales ya se encuentran iluminados. El desarrollo de la Red Federal de Fibra Óptica en la

provincia tiene como principal objetivo generar mayores índices de inclusión, igualdad y de acceso²⁷.

Figura 4.8 – Provincia de Santa Fe

Fuente: ARSAT S.A. – Telecomunicaciones del Estado Argentino



Las políticas públicas de Inclusión Digital incluyen proyectos que tienen la finalidad de mejorar la calidad de la conectividad de la población y su acceso a las tecnologías de la información y la comunicación, mediante iniciativas de capacitación, alfabetización digital y la incorporación de infraestructura tecnológica en las localidades entrerrianas, de forma coordinada con los gobiernos locales. El programa Punto de Acceso Digital crea espacios públicos de conectividad a Internet con tecnología inalámbrica en diferentes localidades entrerrianas, con el objetivo de promover el ejercicio de los derechos fundamentales a la comunicación y el acceso a la información, entendiendo que éstos son a su vez habilitadores de otros derechos, como a la educación y a la cultura. Otro programa es el Pueblos Conectados, el cual tiene el objetivo de impulsar el acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación en localidades entrerrianas, a través de la provisión de equipos e infraestructura como microcines, salas de conferencias y disponibilidad de conexión inalámbrica a Internet²⁸.

De acuerdo con el último informe del Gobierno de Entre Ríos, la tasa de penetración del servicio de telefonía es de 20 de cada 100 hogares cuentan con líneas fijas de teléfono. La provincia cuenta con 123 líneas móviles cada 100 habitantes. En

²⁷ Información obtenida de la página del Gobierno de Entre Ríos.

²⁸ Información obtenida de la secretaria de la modernización del Gobierno de Entre Ríos.

cuanto al acceso a internet, 80 de cada 100 hogares poseen acceso. Debido a lo anterior detallado el valor de la matriz será de 70% del puntaje.

Figura 4.9 – Provincia de Entre Ríos

Fuente: ARSAT S.A. – Telecomunicaciones del Estado Argentino



Disposición de residuos

Gestión de residuos se llama a todo el proceso que engloba las actividades necesarias para hacerse cargo de un residuo. La gestión de residuos comienza con su recolección, su transporte hasta las instalaciones preparadas y su tratamiento intermedio o final. Este tratamiento puede ser el aprovechamiento del residuo o su eliminación. En los últimos años se ha incrementado el interés para que esta actividad genere el menor riesgo para la salud y el medio ambiente. Se considera como residuo peligroso aquel residuo industrial o comercial que, por sus características tóxicas o peligrosas a causa de una gran concentración de riesgo, requieren un tratamiento específico y un control periódico de los efectos nocivos potenciales.

La información detallada a continuación fue obtenida de un estudio realizado por el instituto de Ingeniería Sanitaria de la UBA (Universidad de Buenos Aires). A ese estudio le sumamos datos publicados en la ENGIRSU²⁹ 2005 y CEAMSE³⁰ 2010. Se completó en análisis con la base de Datos Legislativa ESTRUCPLAN³¹.

En la provincia de Chaco rige la Ley N°7.034 -Residuos Sólidos Urbanos, la cual establece los procedimientos de gestión integral de los residuos sólidos urbanos, detallando competencias y obligaciones del poder ejecutivo provincial, competencias y obligaciones de los municipios y características de los centros de disposición final. Dicha Ley se encuentra en el marco normado por la ley nacional 25.916 de presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Para los residuos peligrosos en la provincia se implementa la Ley N°3.946 -Ley de Residuos Peligrosos de la Provincia del Chaco, en donde se detalla el accionar que debe realizar la empresa que genera dichos residuos para descartarlos, transportarlos y/o tratarlos.

Para efluentes gaseosos rige en la provincia de Chaco la Ley N° 2.494, la cual es una Adhesión a la Ley Nacional N° 20.284 de Preservación de los Recursos de Aire y que determina que la Dirección de Saneamiento Ambiental de la Provincia es la Autoridad de Aplicación de la citada Ley Nacional. Esta declara sujeta a las disposiciones de esta norma legal nacional a todas las fuentes capaces de producir contaminación atmosférica en jurisdicción nacional y en la que las provincias que adhieran a la misma. La Resolución 638/2001: Aprueba el Programa de Calidad de Aire y Salud –Prevención de riesgos para la salud por exposición a contaminación atmosférica. Para efluentes Líquidos se implementa la Ley N°3.230 -Código de aguas. Esta ley trata sobre el sistema normativo que debe orientar la política hídrica provincial y regular las relaciones jurídico-administrativas que tengan por objetivo los recursos hídricos y las obras necesarias para el adecuado aprovechamiento en cuanto corresponda a la Provincia de Chaco.

La provincia de Corrientes cuenta con una Constitución Provincial que establece en su Artículo 49° el derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado y el deber de preservarlo para las generaciones presentes y futuras, mientras que la Ley N° 4.731 declara de Interés Provincial la preservación, conservación, defensa y mejoramiento de aquellos ambientes urbanos, rurales y naturales y todos sus elementos constitutivos que por sus funciones y características mantienen o contribuyen a mantener la organización ecológica más conveniente para el desarrollo de condiciones favorables para la salud y el bienestar de la comunidad así como para la permanencia de la especie humana sobre la tierra en armónica relación con el medio ambiente. Por otra parte, la Ley N° 6.002, se

²⁹ Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

³⁰ Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado

³¹ Estrucplan es una empresa argentina que brinda servicios profesionales y asesora en gestión medio ambiental y de seguridad e higiene en el trabajo.

crea el Programa de Asistencia e Incentivo para la implementación de un sistema de gestión ambiental en el sector empresarial. Mediante la Ley N° 5.901, se prohíbe en el territorio provincial el desmalezamiento por medio del fuego y la instalación de cualquier tipo de depósito a cielo abierto de residuos sólidos, urbanos, industriales u otra naturaleza, proclives a la combustión y generación de humos o gases que pudieren ocasionar riesgos al tránsito en las rutas provinciales y nacionales que atraviesan la Provincia de Corrientes. Para los residuos peligrosos en la provincia se implementa la Ley N° 5394 la cual se adhiere a la Ley Nacional N° 24.051 sobre “Residuos Peligrosos, la Generación, Manipulación, Transporte, Tratamiento y Disposición Final”. La Provincia cuenta con un Código de Aguas aprobado a través del Decreto-Ley 191/01 y reafirma su plena jurisdicción sobre las aguas subterráneas que conforman el acuífero guaraní en su ámbito territorial mediante la Ley N° 5.641. La regulación de la generación y descarga de efluentes industriales de cualquier origen sin previa depuración o neutralización y sus penalidades, se establece en la Ley N° 3.979 y su Decreto Reglamentario 4.026/83.

En la provincia de Santa Fe rige el decreto N° 388/00 - Normas para el manejo y tratamiento de los residuos patológicos. En la misma se detalla la responsabilidad del que genera el residuo, las condiciones que debe cumplir y los métodos de tratamiento a realizar. Para los residuos domiciliarios cuentan con el decreto N° 128/04, en la misma se describe el tratamiento y disposición final, tipos de tratamiento, prohibiciones, rellenos sanitarios, entre otros. El tratamiento de residuos peligrosos se rige bajo el decreto 1.844/02.

Para efluentes gaseosos, la provincia cuenta con la resolución 201/04, la misma tiene por objeto prevenir, controlar y corregir las situaciones de contaminación del aire en el territorio de la Provincia de Santa Fe, cualesquiera que sean las causas que las produzcan. Para efluentes líquidos, tienen la Resolución 1089/82 establece las condiciones a que deberá ajustarse el efluente y el proyecto, construcción, reparación, modificación, mantenimiento y contralor de funcionamiento de las instalaciones de que debe dotarse a aquellos inmuebles cuyos líquidos residuales requieran un tratamiento previo para alcanzar las condiciones de vuelco aceptables para su descarga a los cuerpos receptores.

La provincia de Entre Ríos La Ley N° 6.260 establece que todos los establecimientos industriales, y los que conservan productos perecederos o que se radiquen en el territorio de la Provincia, para su habilitación y funcionamiento deberán dar estricto cumplimiento a las disposiciones sobre ubicación, construcción, instalación y equipamiento que establece la presente ley, con el objeto de preservar el medio ambiente. Se encuentra reglamentada por el Decreto 5.837/81 (Modificado por el Decreto 5.394/96). Mediante la Ley N° 9.345 se declara de interés provincial la implementación del plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios

que deben llevar a cabo los municipios de la Provincia de Entre Ríos. Por su parte, la Ley N° 10.311 Establece el conjunto de principios y obligaciones básicas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Provincia de Entre Ríos, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley Nacional N° 25.916, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios, con el fin último de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. La Ley N° 8.880 adhiere a la Ley Nacional N° 24.051 que regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, que puedan causar daños directa o indirectamente a seres vivos, o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. El Decreto 603/06 prohíbe el ingreso al territorio provincial de residuos peligrosos procedentes de otras provincias, salvo que su destino sea para tratamiento y disposición final en plantas habilitadas para tal fin en esta jurisdicción. Crea el Registro Provincial de Generadores, Operadores y Transportistas de Residuos Peligrosos. El Decreto 3.499/16 La Provincia y las Municipalidades emitirán el Certificado Ambiental Anual como generador, transportista, y operador en sus diversas modalidades de residuos peligrosos; sus respectiva; jurisdicciones, debiéndose iniciar el trámite correspondiente ante la Secretaría de Ambiente o ante la Municipalidad respectiva. La Provincia solo emitirá el certificado de transportista de residuos peligrosos y biopatogénicos, cuando la actividad se desarrolle entre distintas jurisdicciones municipales. El Código Provincial de Aguas (Ley N° 9.172) regula a las Aguas Públicas, Usos comunes y especiales, Prioridad de los usos especiales, Adquisición de los usos especiales por permiso o concesión, Clasificación de los permisos y concesiones, Derechos y obligaciones del permisionario o concesionario, Aprovechamiento de aguas, Aguas Subterráneas, Concesiones de Uso, Inspección, Medidas de Seguridad, Incumplimientos y Sanciones, Autoridad de Aplicación y Fondo Provincial de Aguas.

Por la estabilidad relativa de la producción de residuos sólidos domiciliarios en una determinada locación, la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es kilogramos por habitantes por día, denominada generación per cápita (GPC).

La provincia de Chaco produce 683 toneladas por día de residuos, obteniendo un promedio de 0,61 kilogramos de residuos por habitante por día, vamos a evaluar con 90% del puntaje en la matriz. La provincia de Corrientes produce 950 toneladas por día de residuos, obteniendo un promedio de 0,87 kilogramos de residuos por habitante por día, vamos a evaluar con 80% del puntaje en la matriz. La provincia de Santa Fe produce 3.759 toneladas por día de residuos, obteniendo un promedio de 1,11 kilogramos de residuos por habitante por día por lo que se la puntúa con 40% del puntaje en la matriz. Por otro lado, la provincia de Entre Ríos produce 807 toneladas por día de residuos,

obteniendo un promedio de 0,6 kilogramos de residuos por habitante por día, por lo que se la puntúa con 90%.

Condiciones naturales - Clima

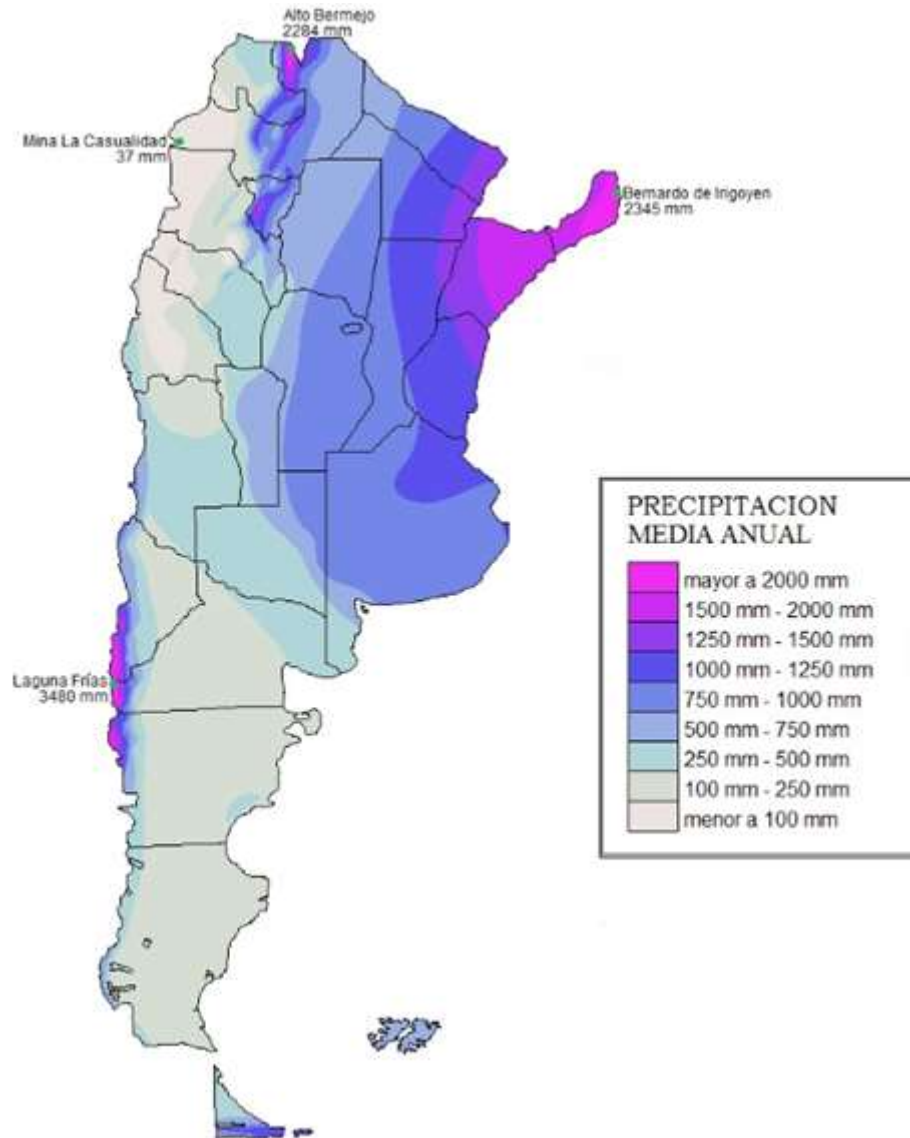
En este factor se desarrolla el análisis de las condiciones naturales y climáticas de las provincias que incluimos en la matriz. Como condición importante debemos recordar que la materia prima utilizada necesita ciertas condiciones de almacenamiento. Las condiciones ambientales adecuadas de almacenamiento dentro de los silos son una temperatura de 10 °C y 70% de humedad relativa. La zona que estamos analizando se caracteriza por tener clima subtropical sin estación seca, subtropical con estación seca y templado pampeano húmedo, caracterizada por ser la zona más cálida y con mayor precipitación del país. Se dividirá el factor en cuatro subfactores: precipitaciones, temperatura, humedad e inundaciones.

Precipitaciones

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico. Si bien la lluvia es la más frecuente de las precipitaciones, no deben olvidarse los otros tipos: la nevada y el granizo.

En la Figura 4.10 se puede apreciar la precipitación media anual del país. Podemos observar que la zona que analizamos es la más húmeda de la Argentina. La provincia de Corrientes cuenta con una precipitación anual que va desde 2.000 a 1.250 milímetros, la provincia de Entre Ríos va desde 1.500 a 1.000 milímetros y las provincias de Chaco y Santa Fe van desde 1.500 a 750 milímetros. Debido a lo anterior detallado vamos a evaluar la matriz de la siguiente manera; Chaco con el 90% del puntaje, Santa Fe con el 90% del puntaje, Entre Ríos con el 70% del puntaje y Corrientes con el 50% del puntaje.

Figura 4.10 – Precipitación media anual
Fuente: Mapas climáticos – Geografía infinita



Temperatura

En la Figura 4.11 se detalla la temperatura media anual del país, valor que se obtiene a partir del promedio de las temperaturas medias registradas en cada uno de los doce meses del año. Por otro lado, en la Figura 4.12 se detalla la amplitud térmica media anual, valor dado por la diferencia numérica entre los valores máximos y mínimos de temperatura en un punto dado durante un período de tiempo.

La temperatura media anual de la provincia de Corrientes va desde los 22,5°C a 17,5°C, con una amplitud térmica media anual de 10°C a 14°C. El valor de la matriz será del 70% del puntaje. La temperatura media anual de la provincia de Entre Ríos va desde los 20°C a 15°C, con una amplitud térmica media anual de 12°C a 14°C. El valor de la matriz será del 80% del puntaje. La temperatura media anual de la provincia de Santa Fe va desde los 22,5°C a 15°C, con una amplitud térmica media anual de 12°C a 16°C. El valor de la matriz será del 80% del puntaje. La temperatura media anual de la provincia de Chaco va desde los 22,5°C a 20°C, con una amplitud térmica media anual de 10°C a 14°C. El valor de la matriz será del 60% del puntaje.

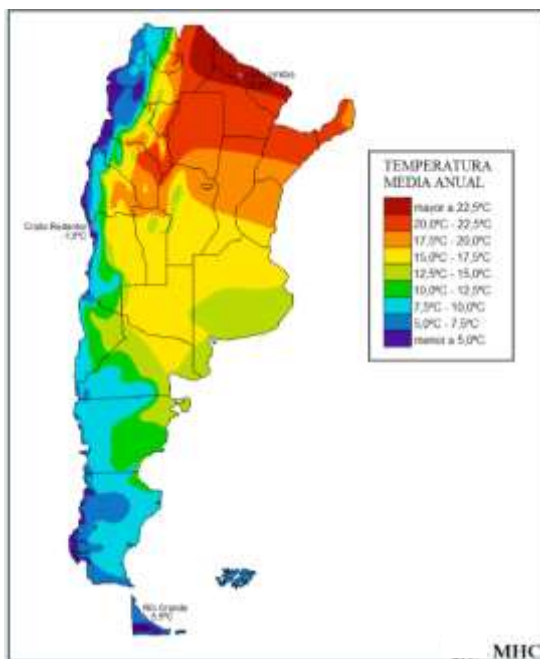


Figura 4.11 - Temperatura media anual
Fuente: Mapas Climáticos - Geografía Infinita

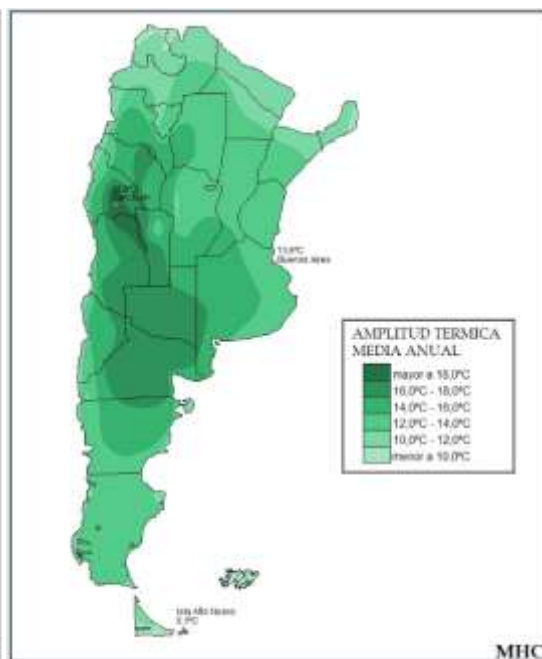


Figura 4.12 - Amplitud Térmica Media Anual
Fuente: Mapas Climáticos - Geografía Infinita

Humedad

La humedad indica la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío. La humedad relativa se expresa en forma de tanto por ciento (%) de agua en el aire.

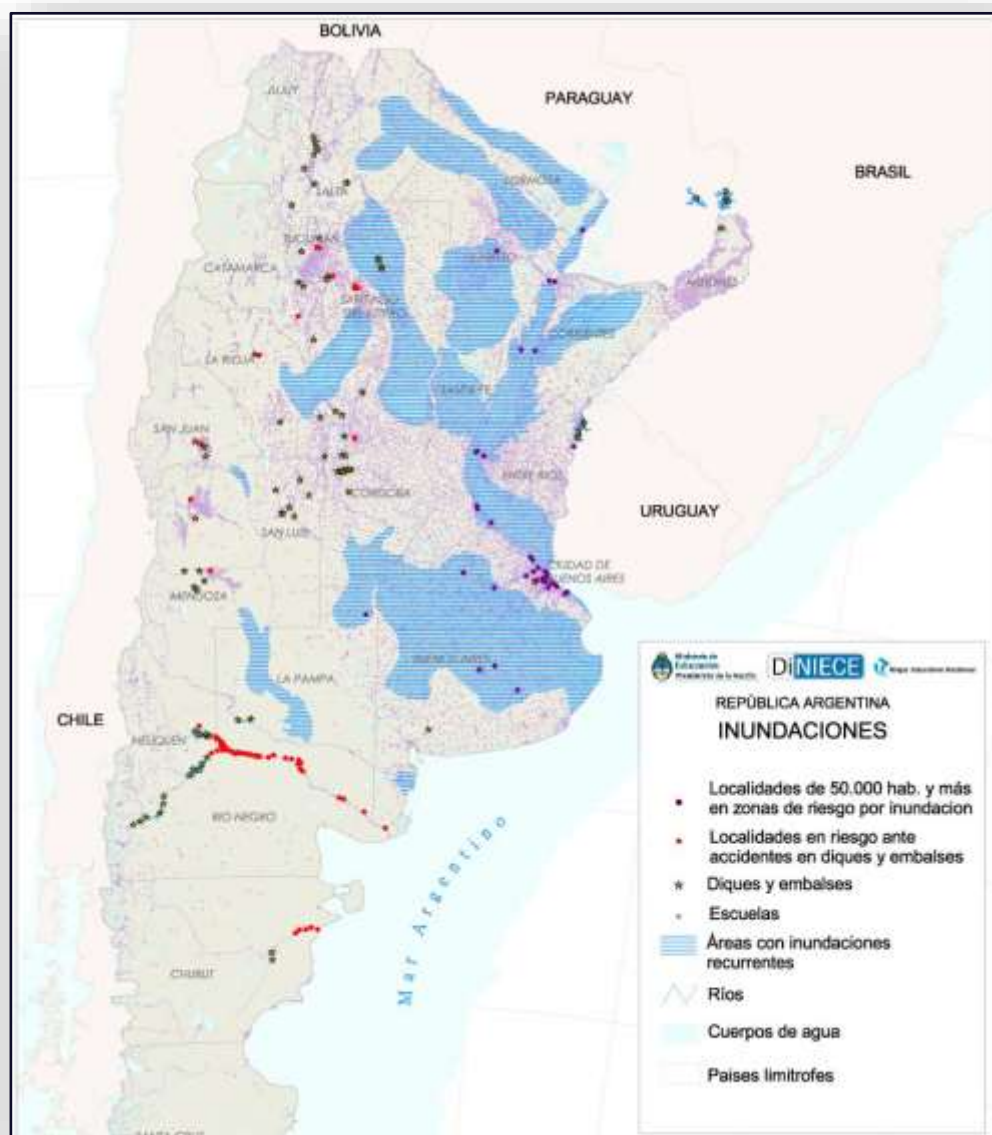
La provincia de Chaco tiene una humedad relativa promedio anual del 76%, vamos a considerar 70% del puntaje para valorar la matriz. La provincia de Corrientes cuenta con una humedad relativa promedio anual del 74%, vamos a considerar 80% del puntaje para valorar la matriz. La provincia de Entre Ríos tiene una humedad relativa promedio anual del 73%, por lo cual se considera el 80% del puntaje para valorar la matriz. La

provincia de Santa Fe tiene una humedad relativa promedio anual del 81%, debido a esto se considerará 60% del puntaje para valorar la matriz.³²

Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, por desbordamiento de ríos, torrentes o ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, huracanes, entre otros.

Figura 4.13 – Mapa de inundaciones



³² Datos obtenidos de la página <https://www.weather-arg.com/>

El relieve entrerriano presenta un paisaje de llanura sedimentaria originado en la erosión, levemente ondulada, de alturas no superiores a los 100 metros. Desde su propio nombre, la provincia denota la fuerte presencia de cauces hídricos que han determinado su demarcación geográfica. Los dos principales, el Paraná y el Uruguay, aglutinan a las grandes localidades en sus márgenes. Estos dos ríos forman subsistemas o pendientes dentro de la provincia. La costa entrerriana del río Paraná es alta y barrancosa hasta la ciudad de Diamante, y a partir de aquí, la altura de la costa se invierte, dando lugar a la formación del Delta. La pendiente del Delta está ubicada en una región de territorio bajo, inundable y de islas, a partir de Punta Gorda, al sur de la provincia. En Entre Ríos no se encuentran lagos, aunque en las partes bajas de sus lomadas se forman bañados o esteros. Debido al tipo de geografía que posee la provincia, más del 50% de la superficie de la provincia es inundable, mayoritariamente la zona costera del río Paraná. Por tal motivo, obtiene un 50% del puntaje en la matriz.

La provincia del Chaco se halla ubicada en una llanura continua, con muy pocos accidentes geográficos. Forma parte de la gran llanura chaco-pampeana que va desde el Paraguay hasta la provincia de Buenos Aires. El terreno es poco inclinado; presenta una pendiente que decrece en dirección noroeste-sudeste y se alza a unos 145 metros sobre el nivel del mar en Taco Pozo. Todo el sector sudeste del chaco tiene suelos casi impermeables que retienen el agua. En estas depresiones naturales se forman depósitos de agua llamados esteros, bañados y lagunas. Los suelos chaqueños están cubiertos por un manto de tierra cuyo color predominante es el gris, compuesto principalmente por arenas y arcillas. La fertilidad del suelo es buena en general, aunque son más pobres los de la zona oeste. Los ríos con mayor caudal dentro de la provincia mantienen esa inclinación y desembocan en los dos Paraná y Paraguay. Son: el Bermejo (límite con Formosa), el Río de Oro, los ríos Guaycurú Grande y Chico, el Salado, el Negro, Palometa y Tapenagá. Al desarrollarse un clima seco, de pocas precipitaciones y con las características geográficas antes detalladas es notable destacar que es una de las provincias que estamos analizando con menor probabilidad de inundación. Menos del 30% de la superficie de la provincia es inundable, por lo cual se evaluará con el 70% del puntaje en la matriz.

La provincia de Santa Fe, desde el punto de vista del relieve, forma parte de la gran llanura que caracteriza a la parte noreste del país, apenas ondulada en algunas regiones (especialmente en el norte), y sólo interrumpida por el curso de ríos y arroyos. La zona comprendida al norte del río Salado es una llanura baja, de difícil desagüe e inundable, denominada bajos submeridionales. Al este, la región cercana al Paraná es anegadiza por lo que las aguas de las crecientes suelen cubrirla con frecuencia. El relieve santafesino es una extensa llanura inclinada en dirección noroeste-sudeste, cuyos sedimentos han ido colmando una gran fosa tectónica de hundimiento. Se diferencia en sus zonas norte y sur, las que integran las regiones chaqueña y pampeana

respectivamente, presentando diversos aspectos: las subregiones del Chaco Oriental y de la Diagonal Fluvial de la Región Chaqueña, y las subregiones de la Pampa del Norte o de la Colonia y de la Pampa Ondulada en la mitad sur y sudeste. El Chaco Oriental, conocido también como los Bajos Submeridionales, está caracterizado por la uniformidad de los suelos, en donde la falta de drenaje causa la formación de cañadas, lagunas y zonas anegadizas, en coincidencia con los períodos de mayores precipitaciones. La Pampa Ondulada, situada al sudeste del río Carcarañá, es una franja litoral que topográficamente se caracteriza por estar a menos de 100 m sobre el nivel del mar. El río más importante es el Paraná, el cual nace en Brasil y desemboca en el Río de la Plata. La provincia posee varias lagunas importantes ubicadas al sur. La provincia de Santa Fe posee una gran cantidad de zonas inundables, suelen ubicarse al norte de la provincia con más recurrencia y en el territorio limítrofe con el río Paraná. Más del 50% de la superficie de la provincia es inundable, por tan motivo el valor de la matriz es del 50% del puntaje.

La provincia de Corrientes está rodeada por dos inminentes caudales de aguas dulces, a su vez es invadida por una infinidad de lagunas y esteros. Es posible separar a la provincia, tomando como línea divisoria la Laguna del Iberá, de esta manera podemos tomar dos zonas de estudio: occidental y oriental. La zona occidental se caracteriza por su suelo llano con leves ondulaciones de arena rojiza, rodeadas de bañados, esteros y pantanos a los que concurren el terreno arcilloso y el perfil con escasa pendiente que retienen las aguas pluviales, destinado a la ganadería. El excelente clima, ha dado lugar a bosques frondosos, a los que se suman los palmares que siguen los cursos de los ríos. La zona Oriental ofrece un paisaje rocoso, con formaciones calcáreas y graníticas cubiertas por una capa de humus, surcada por el Aguapey y el Miriñay. Los dos principales cauces de la provincia de Corrientes son el Río Paraná y el Río Uruguay, muchos de los ríos interiores de la provincia desaguan en alguno de ellos. Los esteros se formaron debido a su escasa pendiente que presenta el territorio correntino. Conforman grandes masas de agua, constituyendo zonas anegadizas de lagunas y bañados. Ocupan un área de más de 20.000 km², alimentados por las lluvias subtropicales de la región. Los esteros correntinos más importantes son los del Iberá, Maloyas, Batel y Santa Lucía. En Corrientes, miles de lagunas cubren aproximadamente 30.000 hectáreas, contando solamente las del Iberá. Más del 60% de la superficie de la provincia es inundable, por lo cual se evaluará con el 40% del puntaje en la matriz.

Vías de comunicación

En este factor vamos a estar analizando las vías de comunicación que poseen las provincias a analizar, pueden ser terrestres, marítimas o aéreas. Las vías de comunicación terrestres corresponden a caminos, carreteras, autopistas, vías del tren e incluso las calles y los puentes. Las vías de Comunicación Marítimas son mares, ríos,

lagos y lagunas, así como los puertos. Las vías de comunicación aéreas son las rutas por donde vuelan los aviones, helicópteros y avionetas.

Vamos a dividir este factor en dos subfactores terrestres y marítimos. No vamos a analizar las vías de comunicación aéreas ya que no se estaría utilizando dicha ruta para comercializar.

Marítima

Son puertos comerciales de Argentina los ubicados en el país en los cuales se embarca, de modo regular, pasajeros y mercaderías de cualquier tipo. Se excluyen los puertos donde atracan sólo embarcaciones deportivas de cualquier tipo, aunque se cobre por su uso.

Por regla general el transporte náutico de pasajeros y mercaderías, aunque más lento que el aéreo mediante aviones o helicópteros y el terrestre mediante vehículos automotores o ferrocarriles, es el de menor costo por kilogramo transportado para grandes cargas. Este costo disminuye más todavía cuando se optimiza la capacidad de almacenamiento de cargas mediante el uso de contenedores y se aumenta el tamaño o tonelaje de los barcos (caso de los denominados supercargueros).

La provincia de Chaco cuenta con un puerto comercial, Barranqueras. La longitud del muelle es de 800 metros, el cuerpo de agua es el río Paraná. Para llegar a él hay que recorrer 1198 kilómetros de vía de navegación, los accesos son de forma vial y ferroviario. Debido a esto el valor en la matriz será del 40% del puntaje.

La provincia de Corrientes cuenta con un puerto comercial. La longitud del muelle es de 384 metros, el cuerpo de agua es el río Paraná. Para llegar a él hay que recorrer 1190 kilómetros de vía de navegación, los accesos son de forma vial y ferroviario. Debido a esto el valor en la matriz será del 40% del puntaje.

La provincia de Santa Fe cuenta con cuatro puertos comerciales más importantes. El puerto Santa Fe, el puerto Rosario, el puerto Reconquista y el puerto Villa constitución.

El Puerto de Santa Fe, se sitúa en el corazón de la hidrovía Paraguay - Paraná (kilómetro 584 del Río Paraná), siendo, aguas arriba, el último Puerto de ultramar apto para operaciones con buques oceánicos. La red vial, vincula al Puerto de Santa Fe con las economías regionales que pueden valerse de sus muelles como alternativa para la exportación de sus productos y la importación de sus insumos. El Puerto de Rosario se ubica a orillas del Paraná, al sur de la provincia de Santa Fe y a 300 kilómetros de Buenos Aires, en el centro industrial, comercial y financiero más importante del país. Este puerto posibilita el desarrollo productivo local y regional, dado que se encuentra en una

posición privilegiada para el transporte multimodal de la Argentina y el Cono Sur. En su total de 65 hectáreas, Terminal Puerto Rosario brinda servicios tanto a las cargas como a los buques. Comprende 1.620 metros de muelles, 30.000 metros cuadrados de galpones para almacenamiento de cargas múltiples y 33 kilómetros de vías férreas y ofrece el almacenamiento e instalaciones en dos terminales denominadas Terminal 1 y Terminal 2 Norte y Sur. El Puerto de Reconquista, se halla ubicado sobre el Riacho San Gerónimo, a la altura del kilómetro 949 del Río Paraná y a 317 kilómetros al norte de la capital santafesina. El muelle tiene una dimensión de 900 metros, con buena profundidad, el canal de acceso al puerto tiene la ventaja de que la corriente del río, de norte a sur, realiza un auto dragado de manera natural y permanente. Puerto de Villa Constitución, este puerto comercial de uso público se encuentra ubicada sobre la margen derecha del Canal Principal de Navegación del Río Paraná. Comienza en el kilómetro 365 del río Paraná, en el tramo de la vía navegable apto para el ingreso de buques de ultramar, desarrollado sobre un brazo del curso de agua y protegido por un dique artificial. La comunicación entre Villa Constitución y el Océano Atlántico se produce a través de la ruta de navegación conformada por estos tramos: Paraná Inferior, Paraná de las Palmas, Río de la Plata. Por todo lo anterior se evaluará con el 90% del puntaje en la matriz.

La provincia de Entre Ríos cuenta con cuatro puertos comerciales más importantes. El puerto Concepción del Uruguay, el puerto Diamante, el puerto Ibicuy y el puerto La Paz-Márquez.

Puerto Diamante, Ubicado sobre la margen izquierda del Río Paraná a la altura del kilómetro 533 de la Ruta General de Navegación. Permite la entrada de buques Panamax. Consta con una zona portuaria de 600 metros de largo por 80 metros de ancho variable. El canal de navegación principal del río Paraná se encuentra a 600 metros de la cabecera del Muelle Provincial. Es posible el tránsito nocturno. El Canal de acceso a Puerto Diamante tiene una profundidad de 5 metros y un ancho de 80 metros. Puerto Ibicuy, terminal multipropósito ubicado en la ciudad de Ibicuy a 182 kilómetros de Buenos Aires. Se encuentra a tan solo 45 kilómetros de canal Martín García y su salida al Río de la Plata con lo que esto significa en el descongestionamiento del tráfico marítimo. Puerto La Paz se encuentra ubicado en el norte de la Provincia de Entre Ríos, sobre el margen del río Paraná, a la Altura de la boya 757 Puerto La Paz y boya 758 Puerto Márquez. Se ingresa al mismo por la ruta Provincial N°12 y la Provincial N° 1. El Puerto de Concepción del Uruguay es un complejo portuario fluvio-marítimo, autárquico y de carácter público. Ubicado sobre el río Uruguay en el kilómetro 183 sobre el río Uruguay, se encuentra a estrecha distancia de las zonas de producción de la región, y a 320 kilómetros del puerto de Buenos Aires. Ocupa una superficie de más de 18 hectáreas. Por todo lo anterior se evaluará con el 80% del puntaje en la matriz.

Terrestre

Por ruta, se tiene acceso a la provincia de Santa Fe por cuatro entradas principales desde los distintos puntos cardinales. Acceso Norte por Ruta Nacional N°11, tras unir las ciudades de Buenos Aires y Santa Fe, esta ruta se proyecta hacia el Norte comunicando nuestra ciudad con San Justo, Vera, Reconquista y Resistencia. La Ruta Nacional N° 11 se encuentra bajo sistema de concesión a una empresa privada, por lo tanto, se deberá pagar un peaje para circular en ella. Por ruta Provincial N°1, proveniente de Chaco, Reconquista, San Javier, Helvecia. Esta ruta es conocida con el nombre de "Ruta de la Costa". Acceso Sur por Ruta Nacional N° 11, une la ciudad de Santa Fe con Buenos Aires, Rosario, Santo Tomé, Aeropuerto Sauce Viejo. El acceso se realiza por el puente carretero Santa Fe-Santo Tomé, sobre el Río Salado. La Autopista N° A 007 que rodea la ciudad de Santa Fe por el Este se conecta con la Ruta Nacional N° 11 a la altura del puente carretero y constituye una vía rápida de movilidad hacia el Puerto de la Ciudad, la zona del centro comercial, el barrio de Guadalupe y la conexión con la ruta Nacional N° 168 hacia las ciudades de Rincón y Entre Ríos. Por Ruta Nacional N°19 que une Santa Fe-Córdoba. Esta ruta se encuentra bajo sistema de concesión a una empresa privada y se debe pagar peaje para circular en ella. Acceso Este por Ruta Nacional N°168, une Santa Fe con Paraná (Entre Ríos), Rincón, Cayastá. Antiguamente, la entrada a la ciudad se realizaba por el puente más famoso que haya tenido Santa Fe: el Puente Colgante. Hoy el acceso se realiza por el Puente Nicasio Oroño sobre la Laguna Setúbal. Acceso Oeste por Autopista Rosario-Santa Fe, es uno de los caminos más cómodos y rápidos. Se conecta en la ciudad de Rosario con la Autopista Rosario-Buenos Aires. Debido al amplio acceso a la provincia tanto por rutas provinciales como nacionales el valor de la matriz será del 90% del puntaje.

La provincia de Chaco, cuenta con acceso por ruta a través de los cuatro puntos cardinales. La provincia es atravesada por dos Rutas nacionales comunicando toda la provincia con las provincias limítrofes. De Norte a sur la provincia se puede transitar por la ruta Nacional N°11, comunicándola con la provincia de Formosa y La provincia de Santa Fe. De Este a Oeste la provincia se puede transitar por la ruta Nacional N°16, conectándola con la provincia de Corrientes y con la provincia de Santiago del Estero. El Noroeste de la provincia cuenta sin acceso mediante rutas por encontrarse el impenetrable Chaqueño. La ruta provincial que recorre toda la provincia es la N°9, hasta la localidad de Miraflores la misma se encuentra pavimentada, de ahí hasta Salta es una ruta consolidada. En colonia las Palmas comienza la Ruta Nacional N°95, con la misma se comunica a la provincia con la provincia de Santa Fe. En la localidad de Avia Terai, cortando la ruta Nacional N°16, comienza la ruta Nacional N°89, dicha ruta conecta con la provincia de Santiago de Estero. Debido a todo lo anterior el valor de la matriz será del 70% del puntaje.

La provincia de Corrientes posee acceso desde un amplio número de Rutas Nacionales. Al Norte de la provincia se tiene acceso por la Ruta Nacional N°12, la cual bordea toda la provincia por el límite Oeste conectando a Corrientes con Misiones, Chaco y Entre Ríos. También desde el norte, pero por el límite Este corre la ruta Nacional N°14, dicha ruta conecta Corrientes con Misiones y Entre Ríos. La provincia es atravesada de Este a Oeste por la Ruta Nacional N°123, Uniendo la provincia de Corrientes con Chaco y Brasil. La provincia cuenta con varias rutas provinciales la mayoría pavimentada conectando la mayoría de las localidades con las rutas nacionales. Por tal motivo vamos a evaluar la matriz con un 80% del puntaje.

La provincia de Entre Ríos posee 2491 kilómetros de ruta pavimentada (red nacional y provincial), siendo las principales rutas la Ruta Nacional 12, 14, 18 y 127 y las Provinciales 11, 6 y 39. Debido a que la provincia está flanqueada por dos corrientes hídricas de importancia como son los ríos Paraná y Uruguay, se hizo necesaria la construcción de diversos puentes, y a la vez permitió el florecimiento de puertos fluviales de consideración. El túnel subfluvial Hernandarias, Corre bajo el lecho del Río Paraná y comunica con la provincia de Santa Fe. Tiene una longitud de 2.397 metros, con dos rampas de acceso de 271 metros cada una y caminos de convergencia de unos 1.500 metros. Complejo ferroviario Zárate - Brazo Largo, Vincula el sur de Entre Ríos con la provincia de Buenos Aires. Este complejo ferroviario está constituido por dos puentes que se encuentran a unos 30 kilómetros entre sí y que cruzan los ríos Paraná de las Palmas y Paraná Guazú. Cada puente tiene unos 550 m. de longitud y se eleva a 50 metros sobre el nivel del río. La provincia cuenta con tres pasos internacionales con el País limítrofe Uruguay. Paso Internacional "Gualeguaychú - Fray Bentos", Puente Internacional Colón-Paysandú "Gral. J. G. Artigas" y Puente ferroviario Represa Salto Grande. Teniendo en cuenta que la provincia posee un amplio acceso por los cuatro puntos cardinales con una elevada cantidad de rutas nacionales y provinciales, el valor de la matriz será del 90% del puntaje.

Parques Industriales

En este factor vamos a detallar la cantidad de parques industriales que posee cada provincia. A su vez, nos interesa saber si hay disponibilidad en los mismos y si la provincia ofrece alguna promoción industrial para favorecer el establecimiento de una nueva industria.

En la matriz vamos a dividir en tres subfactores, pero la manera más práctica de analizarlo es por provincia por ende a diferencia de los factores anteriores vamos a separar este factor en las provincias a comparar.

Corrientes

La provincia de Corrientes cuenta con tres parques industriales consolidados. Estos tres están ubicados en la localidad de Mercedes, otro en la localidad Goya y por último en la localidad de Santa Rosa. A estos tres se le suman cinco parques industriales municipales, ubicados en Mocoretá, Monte Caseros, La Cruz, Virasoro y Corrientes. En las localidades de Curuzú Cuatiá, Ituzaingó y Paso de los libres, están en proceso de construcción tres parques industriales, a su vez el gobierno tiene proyectado cinco parques industriales más.

El gobierno de Corrientes con la subsecretaria de industria, está con un amplio proyecto para general un desarrollo industrial provincial, dándole valor agregado a toda la actividad primaria y fomentando el desarrollo industria para generar inclusión social con puestos de trabajo genuino y poder así impulsar el desarrollo económico de la provincia. El eje fundamental es generar desarrollo industrial, fortalecer a las Industrias y Pymes correntinas para lograr una óptima competitividad. Para esto, aparte de la red de parques industriales, cuentan con baja presión tributaria y un orden fiscal garantizado, además de las inversiones recientes en caminos, infraestructura, energía y puertos del gobierno provincial. La subsecretaria de industria se divide en tres grandes sectores. Sector parques industriales; Busca contribuir al mejoramiento de los procesos de producción, mediante el uso racional del espacio a través de la disposición ordenada y adecuada de las industrias en un área delimitada. Promueve el desarrollo provincial favoreciendo la radicación de industrias, dotando de condiciones de accesibilidad, de servicios de infraestructura y del equipamiento necesario para la actividad industrial. Sector Promoción de Inversiones; Tiene como objetivo difundir y fomentar las inversiones productivas en los sectores estratégicos de la economía provincial apoyando, potenciando y facilitando la radiación de empresas en Corrientes que tengan como fin la generación de valor agregado en origen, que sean amigables con el ambiente y que logren un derrame económico en la sociedad. Y Sector Desarrollo Tecnológico; Desde esta área se fomenta la productividad y la permanente capacitación del capital humano, brindando asistencia técnica a todos los actores industriales de la provincia con el fin de lograr mayores y mejores niveles de rendimiento. El área comprende el Club de Emprendedores de Corrientes, que funciona en San Martín 1625 de la Capital. Allí se brinda asistencia a emprendedores y empresarios.

Con la información anterior obtenida del gobierno de Corrientes y la Subsecretaria de la industria, vamos a evaluar la matriz para dicha provincia. En relación con la cantidad de parques industriales, la provincia cuenta con ocho parques activos, tres en periodo de construcción y cinco proyectados, teniendo en cuenta su ubicación podemos considerar que están bien distribuidos en toda la provincia, debido a esto el valor en la matriz será del 80% del puntaje. Debido a que los parques industriales son nuevos y hay

una gran cantidad en construcción, la disponibilidad de lotes es alta, por lo tanto, el valor de la matriz será del 90% del puntaje. Como se detalló el gobierno ofrece promoción de Inversiones siempre que cumplan ciertas características previamente mencionadas, entonces el valor de la matriz será del 70% del puntaje.

Chaco

La provincia de Chaco cuenta con 22 Parques y Áreas Industriales, pero de éstas sólo 10 cuentan con industrias radicadas en estos espacios que hoy albergan a 284 fábricas. De este total, 13 son Parques Industriales (tres son administrados por la provincia, uno es de gestión privada y los nueve restantes dependen de distintas municipalidades). De las áreas industriales: una es provincial y el resto, municipales. En Chaco había una previsión de llegar a tener 1.000 hectáreas en Parques de los que se pudieron consumir cerca de 500 con énfasis en el Parque Industrial de Puerto Tirol. A los que se suman el de Barranqueras y el de Presidencia Roque Sáenz Peña junto con la cadena de valor de la madera en Machagai, Quitilipi y Presidencia de la Plaza.

La provincia ofrece un régimen de promoción industrial con una serie de ventajas e incentivos para la radicación y ampliación de empresas que se extiende, también, a las que deban trasladarse por cuestiones de espacio, ruidos molestos o ambientales. Entre estos beneficios se destacan las exenciones impositivas durante diez años en los impuestos inmobiliarios, ingresos brutos, sellos y cualquier otro gravamen para la actividad industrial, y una política de créditos y avales a través de un fondo de desarrollo que ofrece garantías ante organismos provinciales, nacionales o extranjeros. También se ofrecen reintegros de hasta el 50% de las inversiones en materia de caminos, redes eléctricas, provisión de agua y desagües, suelos y obras complementarias; adjudicación de tierras fiscales; y reconocimiento de hasta el 25% de los montos por fletes de transporte de productos terminados. Además, la provincia tiene un paquete específico de beneficios para las empresas radicadas en parques entre los que se destacan reintegro de hasta el 30% de las inversiones con un tope \$ 4.000.000 para activos fijos, obras civiles y capital de trabajo. También se ofrecen programas de inserción laboral, cursos de capacitación; la venta de los lotes a valor fiscal; bonificación en los servicios de agua, tarifa eléctrica, internet y la llegada de gas natural en algunos municipios. Otro beneficio provincial es el subsidio parcial a las contribuciones patronales que varía entre el 50 y 100% según el tamaño de la empresa por 12 meses en proyectos de los sectores industriales agroalimentarios, textil, cárnico, metalmecánico, forestal y software. Estas políticas incentivaron la llegada de cerca de 250 emprendimientos productivos de base industrial. En cuanto a los parques y áreas en funcionamiento, se destacan:

Área Industrial Fontana - Provincial: Se crea en 1974 y tiene una superficie de casi 45 hectáreas distribuidas en 50 parcelas totalmente ocupadas. Registrado en el RENPI se lo considera consolidado. Posee alumbrado público, pavimento con alumbrado en un

75 %, ripio, red eléctrica, agua, cloaca y telecomunicaciones que son usufructuadas por 23 empresas, un 40% del rubro metalmecánico, seguidas por el maderero y el resto de otros como agua de mesa, biodiesel, productos de limpieza, entre otros distribuidos en establecimientos de cinco mil metros promedio. En cuanto al valor de la tierra oscila en algo más de \$50.

Parque Industrial Puerto Tirol – Provincial: Creado en 1988, cuenta con una superficie de 62 hectáreas repartidas en 67 lotes. Sin superficie libre, está inscripto en el RENPI y consolidado. Cuenta con pavimentación de calles internas con alumbrado en su totalidad, obras civiles y cerco perimetral, red eléctrica, agua, cloaca, telecomunicaciones. Además, brinda servicios como ser la sede de la Unión Industrial del Chaco, servicios bancarios, vigilancia y control de acceso y lo más importante: la inminente llegada el gas natural. Con 32 empresas radicadas, el 20% de las empresas pertenecen a la metalmecánica; un 15% a muebles, madera y colchones -5 empresas-; y alimentos con 4 empresas. El tamaño promedio de los lotes es de 5.600 metros, aunque hay una textil que ocupa 120 mil y una cerámica con casi 50 mil. Avanza la conexión de gas al Parque Industrial de Puerto Tirol. Los trabajos para las instalaciones de redes de distribución en el Parque Industrial de Puerto Tirol avanzan a buen ritmo y se licitó la estación reguladora de presión que garantizará el abastecimiento de gas natural a todas las industrias radicadas.

Parque Industrial Villa Angela – Municipal: Se erige en 2004 sobre una superficie de 88 hectáreas, de las cuales sólo hay una ocupada. A pesar de esto, está inscripto en el RENPI y se considera consolidado. Desde 2014 cuenta con cerco perimetral y portal de acceso a sus calles internas de las cuáles sólo el 30% son de ripio (30%). Además, posee red eléctrica con alumbrado público parcial, y un sistema provisorio de agua potable.

Parque Industrial Machaqai – Municipal (I y II): Se crea en 1989 y sobre sus 37 hectáreas se despliegan 120 lotes. Hoy sólo tiene una hectárea libre. Inscripto en el RENPI y consolidado, desarrolló obras para lograr que sus calles cuenten parcialmente con ripio e iluminación, portal de entrada, cordón cuneta, alcantarillas, desagües y red de agua potable. Sus unidades productivas se vinculan a la madera y el mueble y trabajan ante pedidos específicos para los cuales contratan gente que cobra por unidad en un marco bastante informal.

Parque Industrial Vilelas – Provincial: Se crea 2008 y ocupa 18 hectáreas del predio donde en los 70 se asentarán los Talleres Metalúrgicos San Martín (Tamet). Hoy cinco hectáreas se encuentran libres y sólo cuenta con una empresa radicada, mientras hay otra construyendo su planta y cinco en proceso de radicación. El 30% de él cuenta con

pavimento y alumbrado, y posee red eléctrica, agua y acceso con vigilancia con alambrado perimetral.

Parque Industrial Barranqueras – Provincial: Se funda en 2014. Cuenta con una superficie de 6,3 hectáreas totalmente ocupadas por 39 parcelas. Está inscripto en el RENPI y consolidado. Se realizaron obras para pavimentar el total de las calles internas que, además, están totalmente alumbradas. Posee red eléctrica, agua, cloaca y acceso con vigilancia. Con 22 empresas radicadas de rubros como ser: aberturas y cerramiento de aluminio, producción de panificados y pastas frescas, productos químicos, fabricación de muebles y producción de bolsas de papel, alberga una dirección regional del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), con un laboratorio de investigación de semillas, y una sede del Ministerio de Desarrollo Social vinculada a la fabricación de premoldeados de hormigón. Entre las falencias está la dificultad de acceder a sistemas de telecomunicaciones de voz y datos. Es el único parque de la provincia en proceso de conformación de un consorcio de propiedad horizontal para el mantenimiento y mejora de las instalaciones. El valor medio de la tierra es de 70 pesos el metro y el tamaño medio de los terrenos es de 2.300 metros.

Parque Industrial Presidencia Roque Sáenz Peña – Municipal: Se crea en 2003 sobre una superficie de 130 hectáreas -50 libres- en las que se asientan 224 parcelas mensuradas. Actualmente alberga 7 empresas activas a las que hay que sumar instalaciones de Aduana. Cuenta con cerco perimetral, pavimento completo con alumbrado en acceso y calle principal mientras que sus vías internas están enripiadas en un 30%. Posee red eléctrica y un tendido provisorio de agua potable. Tiene problemas para la escrituración del terreno lo que retrae inversiones a los que se suman otros de logística, seguridad y acceso a internet.

Parque Industrial Presidencia de la Plaza - Municipal: Con una superficie de 45 hectáreas, está dividido en 134 parcelas y cuenta con calles internas con ripio, red eléctrica, alumbrado público parcial. Se encuentra consolidado con algunas empresas en funcionamiento.

Parque Industrial Chaco (PIC)- Privado; Es el primer parque de administración privada de Chaco y está ubicado en Barranqueras. Con una superficie de 18 hectáreas de las cuales aún tiene libres 4, posee un alto porcentaje de ocupación de empresas de diversos rubros y logística. Totalmente pavimentado y alumbrado, posee red eléctrica, agua potable, cloaca, telecomunicaciones y vigilancia.

Área Industrial Margarita Belén – Municipal: Creada en 2011, tiene 12 hectáreas de superficie sobre las cuáles se distribuyen 30 parcelas proyectadas. Si bien hay una superficie libre 10 de hectáreas, ya cuenta con empresas en proceso de radicación.

Posee calles internas con ripio parcial, acceso a red eléctrica y agua potable. Se considera un proyecto en formación.

Con la información previamente detallada obtenida del Gobierno de Chaco y de la página de conexión de parques, podemos evaluar los puntajes de la matriz para la provincia. La cantidad de parques industriales es elevada y se encuentra distribuida en la zona más poblada de la provincia, debido a esto se valora con el 80% del puntaje. La disponibilidad de lotes es elevada, tanto en los parques y áreas industriales más antiguos que están en operación, como en los que están en proceso de expansión. Hay que tener en cuenta que la provincia cuenta con doce parques y áreas industriales en desarrollo, por tal motivo el valor en la matriz será el máximo. Como se enumeró anteriormente, el gobierno de Chaco presenta un amplio proyecto de promoción industrial debido a esto el valor en la matriz también será el máximo.

Santa Fe

En la provincia de Santa Fe hay seis parques industriales (reconocidos por el Estado provincial), de los cuales cinco son públicos y uno es privado; 37 áreas industriales, donde 27 son públicas, siete privadas y tres mixtas; al tiempo que 42 distritos ingresaron solicitudes de reconocimiento. Los registros nacionales hablan de 28 distritos industriales reconocidos en Santa Fe. En 2017 se sumaron tres que engloban, en conjunto, 810 empresas radicadas. La provincia recibió 32 millones de pesos en Aportes No Reintegrables dedicados a la mejora de la infraestructura intramuros de parques y áreas.

Los parques industriales reconocidos se ubican en las localidades de Avellaneda, Reconquista, Rafaela, Sauce Viejo, Alvear y Venado Tuerto. Las áreas industriales se ubican en las siguientes localidades, la mayoría limitantes al río Paraná, Las Parejas, Villa Ocampo, San Lorenzo, Las Toscas, Carcarañá, Sunchales, Armstrong, San Justo, Colonia Belgrano, Rufino, Calchaquí, Gálvez, Malabrigo, San Cristóbal, Casilda, Correa, El trébol, Rosario, Murphy y Roldán.

La provincia cuenta con una secretaria de producción y ciencia, la cual tiene un sector destinado a parques y áreas industriales. Para el Gobierno de Santa Fe, expandir y consolidar la estructura productiva a través del asentamiento de áreas industriales en todo el territorio provincial, resulta estratégico para el desarrollo productivo y posibilita generar beneficios para la comunidad y potenciar su inserción. El Fondo Provincial para Parques, Áreas y Distritos Industriales es un programa de financiamiento implementado en forma conjunta por los Ministerios de Producción y Economía, destinado a la ejecución de obras de infraestructura en parques, áreas y distritos industriales reconocidos por la provincia. La ejecución de los proyectos se financia de modo mixto.

El 50% del monto resultante de la licitación se subsidia mediante un aporte no reintegrable, mientras que para el saldo se otorga un préstamo con una amortización de 48 meses y una tasa de interés estimada del 13 % anual. El acceso al programa se realiza por solicitud de los municipios o comunas y se lleva a cabo por medio de la operatoria del Programa Municipal de Inversiones. Como parte del programa Santa Fe Industrial, se asignan lotes en parques industriales donde el Estado provincial es titular, que son destinados a la radicación de nuevos establecimientos.

La información antes detallada se obtuvo de la página del Gobierno de la provincia de Santa Fe. Con dicha información vamos a analizar los valores que colocaremos en la matriz. Con relación a la cantidad de parques industriales podemos identificar que la mayoría están ubicados a orillas del río Paraná, sin extenderse a todo el territorio de la provincia. También se destaca que la mayoría son áreas industriales no tantos parques. Por tan motivo vamos a puntuar la matriz con un 80% del puntaje. Con relación a la cantidad de lotes disponibles no es buena, la mayoría de las áreas industriales tienen antigüedad y los lotes están ocupados por lo cual vamos a puntuar la matriz con un valor del 60% del puntaje. La secretaria de producción y ciencia cuenta con grandes beneficios para quienes quieran invertir en la provincia, la idea principal es la apertura de nuevas áreas industriales por lo cual hay más beneficios si se quiere abrir un área industrial en comparación a instalarse con una nueva industria. Por tal motivo vamos a evaluar la matriz con un 80% del puntaje.

Entre Ríos

La Unión Industrial de Entre Ríos realizó un Relevamiento de Parques y Áreas Industriales de la provincia, en el que analiza de manera pormenorizada las características de estos espacios territoriales productivos y el estado de situación. El trabajo, realizado por el Área de Monitoreo Industrial, tiene el objetivo no sólo de brindar un panorama detallado sobre el tema, sino también impulsar políticas que posibiliten potenciar al sector. En este sentido, el informe destaca que estas herramientas son fundamentales para el fomento de la competitividad de los sectores industriales, además de que resultan vitales para el desarrollo económico y social a lo largo y ancho del territorio provincial. Por ello, la entidad encaró este relevamiento, que evidencia la situación actual e infraestructura, además de sus ventajas comparativas y estratégicas, la incidencia en la estructura económica y los beneficios vigentes. Por un lado, el estudio pone en valor que Entre Ríos representa la tercera provincia del país con más Parques y Áreas Industriales –detrás de Buenos Aires y Mendoza–, dadas las características de distribución geográfica con mayor heterogeneidad. En total, son 1.500 hectáreas destinadas a la radicación de los establecimientos industriales, que en su conjunto concentran el 21,2% de las empresas de la provincia y el 28% del empleo industrial. Esto da cuenta del rol importante que adquieren estos espacios para el

desarrollo de la industria bajo una lógica de localidad, con mayor arraigo social y potencial atracción de inversiones. Al respecto, el estudio también da cuenta de la relevancia que los Parques y Áreas Industriales adquieren para sus poblaciones. Cuando se visualiza la incidencia que adquieren para la generación de trabajo local, los espacios más grandes relativizan su importancia. Según las estadísticas alcanzada, el porcentaje de empleo toma mayor peso en Federación, Urdinarrain, Crespo, Gualeguaychú y Viale.

Las principales actividades desarrolladas en los parques industriales son las alimentarias, foresto-industrial y metalmecánica, similar a la estructura provincial. Más allá de esto, se indica que hay actividades específicas que tienen mayor importancia relativa en los Parques y Áreas Industrias que fuera de estos, como la química y la fabricación de productos minerales no metálicos. En relación a la infraestructura, la mayoría cuenta con los principales servicios básicos: energía eléctrica y red de aguas, pero en menor medida gas natural, así como plantas de tratamientos de efluentes. Con respecto a los aspectos viales, los mismos se centran en las calles afirmadas, con menor presencia de calles asfaltadas. En cuanto a los aspectos legales relevados, la principal carencia detectada ha sido la falta de un ente administrador y de los reglamentos correspondientes. Es clave señalar que las principales ventajas de estos espacios se vinculan elementalmente con la oferta de suelo industrial en presencia de infraestructura relevante para el sector, así como su distribución territorial a lo largo de toda la provincia, lo cual la diferencia con respecto a otras jurisdicciones de la Argentina.

Entre Ríos cuenta con una ley de promoción y desarrollo industrial ley provincial N° 10.204 que otorga los siguientes beneficios a las empresas radicadas en los parques industriales de la provincia. Los beneficiarios comprendidos en los alcances de la presente ley, podrán gozar de los siguientes beneficios: a) Exenciones de impuestos provinciales referidos en la presente normativa; b) Preferencia en licitaciones y las compras del Estado provincial; c) Exenciones, o diferimientos sobre tasas y derechos que cada Municipio establezca de conformidad a su pertinente adhesión a la presente ley). Descuentos en las prestaciones de servicios de energía eléctrica según lo establezca el decreto reglamentario; e) Asistencia en la Gestión de los Recursos Humanos según lo establezca el decreto reglamentario. Los sujetos beneficiarios del presente régimen, podrán gozar de exenciones totales o parciales en los impuestos provinciales, existentes o a crearse, por un plazo de hasta quince (15) años. El beneficio de exención se otorgará por decreto del Poder Ejecutivo provincial. Las exenciones serán del 100% en los primeros cinco años, del 75% desde el año 6 al 10 y del 50% desde el año 11 al 15. Son beneficiarios del presente régimen las personas físicas y jurídicas que desarrollen actividad industrial, organizados bajo la forma de empresas, sean nuevas o existentes. Si bien, el acceso a los beneficios de la ley de promoción no es exclusivo para firmas radicadas en parques industriales, sí es más sencillo para las emplazadas en los mismos obtenerlos y renovarlos. Además, dado otros beneficios de la radicación como los

servicios comunes y disposiciones municipales referidas a ordenamiento urbano y medio ambiente es preferente radicarse en parques industriales.

Con la información obtenida, tanto a través del Gobierno de la provincia de Entre Ríos como de la Dirección General de industria, secretaria y comercio podemos observar que poseen una gran política de beneficios para todos aquellos que quieran instalar alguna industria en la provincia, por tal motivo, vamos a evaluar con el mayor puntaje a la matriz. Con relación a la cantidad de parques, anteriormente mencionamos que Entre Ríos es la tercera provincia con más Parques y Áreas Industriales del país después de Buenos Aires y Mendoza, por lo cual también tendrá el mayor puntaje de la matriz. En cuanto a disponibilidad de lotes, debido a que la mayoría de los parques están completos, no hay mucho margen para elegir lotes, por tal motivo el valor de la matriz será del 60% del puntaje.

Mercado

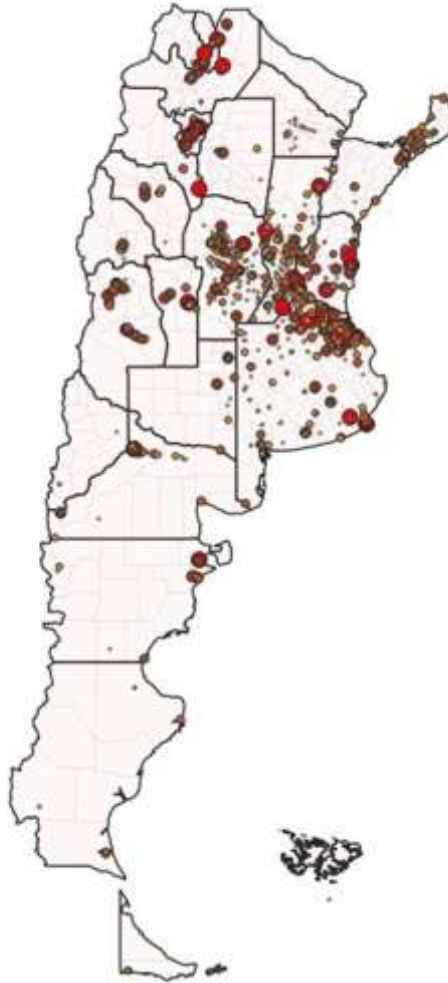
Industrias cosméticas

Según el listado de establecimientos elaborado por ANMAT en 2022, se registran numerosas empresas cosméticas a lo largo del país, sobre todo concentradas en la provincia y ciudad autónoma de Buenos Aires. Para las provincias que se evalúan, se registraron 2 empresas en Corrientes, 4 en Entre Ríos, 12 en Santa Fe y 1 en Chaco.

De esta manera se le otorgara el puntaje más alto a Santa Fe, seguido de Entre Ríos y el puntaje más bajo lo compartirán Chaco y Corrientes.

Industrias alimenticias

En cuanto a las industrias alimenticias registradas, se observa en la figura 4.14, correspondiente a las industrias alimenticias de registradas con más de 10 empleadas, que la mayor concentración de empresas se da en Santa Fe y Entre Ríos. Dada su cercanía no solo entre ellas sino también a la Provincia de Buenos Aires se les otorgará el puntaje más alto. Chaco y Corrientes tendrán los puntajes más bajos.

Figura 4.13 – Mapa de industrias alimenticias

Factor Sociocultural

Urbanización

Los estudios de urbanización se realizan según región geográfica. De esta manera, el país se divide en: Centro (Ciudad Autónoma de Buenos Aires y las Provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe), Cuyo (Mendoza, San Juan y San Luis), Noreste Argentino o NEA (Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones), Noroeste Argentino o NOA (Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Tucumán y La Rioja) y Patagonia (Chubut, La Pampa, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego).

Es evidente que la mayor urbanización se encuentra en la región centro (donde se encuentran Entre Ríos y Corrientes) y en menor medida la región NEA (Corrientes y Chaco). Se otorgará el mayor puntaje a Santa Fe por su gran población, seguido de Entre Ríos. Los menores puntajes serán asignados a Chaco y Corrientes.

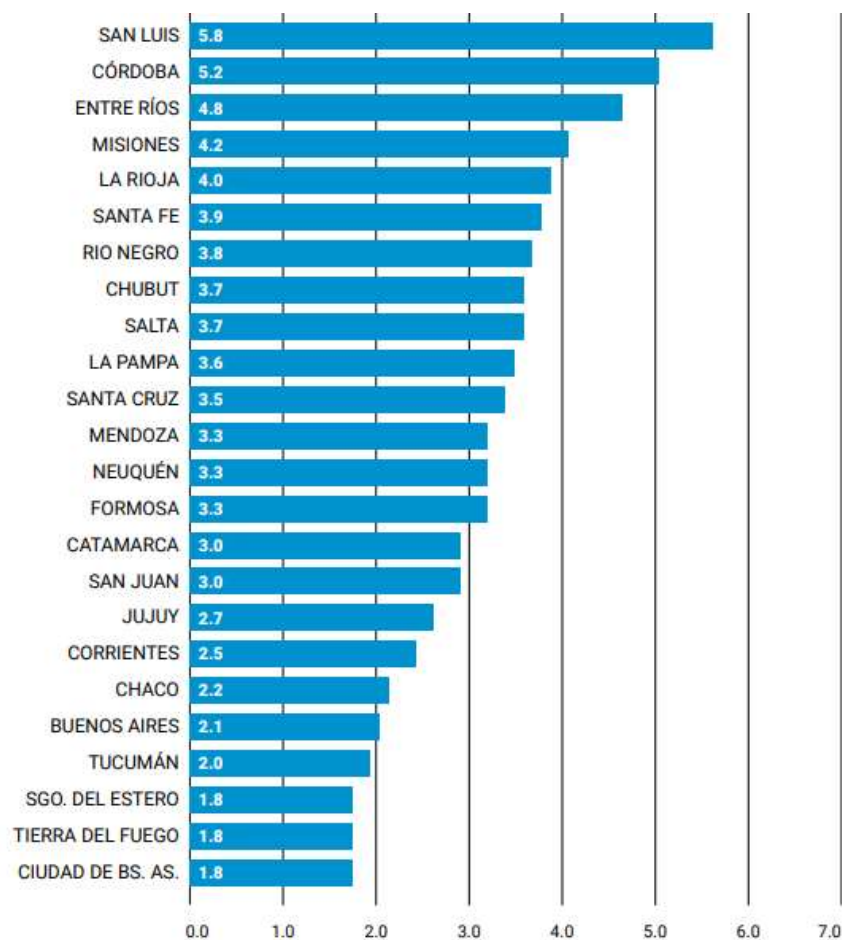
Tabla 4.1 – Distribución de la población urbana por rango y región

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA POR RANGO Y REGIÓN					
RANGO	HABITANTES POR REGIÓN CENTRO	HABITANTES POR REGIÓN CUYO	HABITANTES POR REGIÓN NOA	HABITANTES POR REGIÓN NEA	HABITANTES POR REGIÓN PATAGONIA
REGIÓN METROPOLITANA POBLACIÓN MAYOR A 14.000.000 DE HAB.	14.727.114	-	-	-	-
CIUDADES METROPOLITANAS POBLACIÓN ENTRE 800.001 Y 1.500.000 HAB.	2.690.734	937.154	794.327	-	-
CIUDADES DE ENTRE 100.001 Y 800.000 HAB.	2.202.237	872.528	1.596.012	1.273.755	740.288
CIUDADES DE ENTRE 10.001 Y 100.000 HAB.	3.944.453	342.867	1.129.715	1.190.539	1.158.277
CIUDADES DE ENTRE 2001 Y 10.000 HAB.	1.428.284	229.958	471.768	491.875	305.129
LOCALIDADES CON POBLACIÓN MENOR O IGUAL A 2000 HAB.	566.354	121.149	298.057	148.217	122.430
TOTAL	25.559.176	2.503.656	4.289.879	3.104.386	2.326.124

Escuelas técnicas y formación profesional

Se considera la cantidad de escuelas técnicas y universidades que hay en las provincias. Para escuelas técnicas se adjunta el siguiente grafico:

Gráfico 4.1 – Número medio de escuelas técnicas c/10.000 habitantes



Fuente: RFIETP, 2016 y Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.

En cuanto a las universidades, se detallan a continuación las universidades públicas y privadas por provincia:

Entre Ríos (4 públicas, 2 privadas)

Públicas

- Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)
- Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)
- Universidad Nacional de Concepción del Uruguay (UCU)
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

Privadas

- Universidad Adventista del Plata (UAPAR) (Libertador San Martín)
- Universidad Católica Argentina (UCA) (Paraná)

Chaco (3 públicas, 3 privadas)

Públicas

- Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) (General Pinedo)
- Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAUS) (Sáenz Peña)
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

Privadas

- Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES) (Resistencia)
- Universidad de la Cuenca del Plata (Donovan - Sáenz Peña)
- Universidad Gastón Dachary (Resistencia)

Corrientes (1 pública, 3 privadas)

Públicas

- Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) (Santo Tomé - Monte Caseros)

Privadas

- Universidad Cuenca del Plata (Lavalle - Goya - Curuzú - Paso de los Libres)
- Universidad del Salvador (USAL) (Corrientes)
- Instituto Universitario de Cs. de la Salud Fundación Barceló (FB) (Santo Tomé)

Santa Fe (4 públicas, 13 privadas)Públicas

- Universidad Nacional de Rosario (UNR) (Anexo- Rectorado - Gobierno)
- Universidad Nacional del Litoral (UNL) (Santa Fe)
- Universidad Nacional de Rafaela (Santa Fe)
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

Privadas

- Universidad Católica de Santa Fe (UCSF)
- Univ. de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES)
- (Central - Rafaela - Venado Tuerto - Reconquista)
- Universidad Católica de La Plata (UCALP) (Rosario)
- Universidad Austral (Rosario)
- Instituto Universitario Italiano de Rosario (IUNIR) (Rosario)
- Instituto Universitario del Gran Rosario (IUGR) (Rosario - Santa Fe - Venado Tuerto)
- Universidad del Centro Educativo Latinoamericano (UCEL) (Juan Manuel de Rosas - Pellegrini - San Lorenzo - Venado Tuerto)
- Universidad Abierta Interamericana (UAI) (Lagos - Pellegrini - Roca)
- Universidad Católica Argentina (UCA) (Rosario)
- Instituto Universitario IDEA (Rosario)
- IAE Business School (Rosario)
- Universidad Católica de Santiago del Estero (UCSE) (Rafaela)

En función del listado anterior, se puntuara a Santa Fe con el mayor puntaje, seguido de Entre Rios, Chaco (se puntua menor a Entre Rios dado que tiene menor cantidad de universidades publicas y, en ultimo lugar a Corrientes).

En la figura 4.14 se exhibe un mapa con las universidades nacionales distribuidas por region.

Figura 4.14 – Universidades Nacionales (2011)



Niveles salariales

Se adjunta una imagen de los sueldos brutos promedio por provincia. De esta manera se le asigna el puntaje más alto a Chaco, seguido de Corrientes y Entre Ríos y el puntaje más bajo será asignado a Santa Fe (datos correspondientes a abril 2022).

Figura 4.15 – Salarios brutos por provincia (abril 2022)

Marco Legal

Tarifas y leyes para la industria

En cuanto a las tarifas, la provincia de Entre Ríos cuenta con una bonificación tarifaria dirigida a bonificar la tarifa que se abona por consumo de electricidad para industrias registrados ante la Dirección de Industrias de la Provincia. Dependiendo de la categoría o tipo de consumo el subsidio consistirá en una bonificación del 15% sobre el importe básico facturado o en una bonificación del 8% sobre el importe básico facturado.

Por el lado de Corrientes, se podrá obtener una bonificación del 10% en la tarifa a partir del 1 de abril, para pequeñas demandas industriales. Además, se subsidiará el 50% de los diagnósticos de eficiencia energética para aquellas industrias interesadas en invertir para reducir sus consumos de energía.

Por otro lado, en Chaco y Corrientes se podrá solicitar el beneficio de bonificación de la tarifa eléctrica, por parte de todas aquellas pequeñas industrias cuyo consumo no supere los 50 kW y que se encuadran en la categoría «02B23», el mismo ofrece bonificaciones del 30%, 40% y 50% dependiendo del incremento o no de personal. Se estima que la planta consumirá más que el valor, por lo que se otorga un puntaje menor a Chaco y Corrientes.

En cuanto a las leyes de promoción industrial correspondientes a las provincias estudiadas:

- Corrientes: Ley 3190. Entre otras cosas, las industrias radicadas gozaran beneficios tales como: 1) compra de inmuebles del dominio privado del Estado; 2) exención de impuestos provinciales; 3) propiciar y/u otorgar créditos, garantía o avales; 4) adquisición de acciones o cuotas de capital por parte del Estado Provincial; 5) asistencia técnica por parte de organismos del Estado; 6) preferencia en las licitaciones del estado provincial en caso de igualdad de condiciones con otras empresas no comprendidas en el presente régimen, y en las de los municipios que se adhieran al mismo. Si por otra disposición legal se estableciera un régimen distinto de preferencia, las industrias acogidas podrán optar por este último o por el que dispone esta ley; 7) declarárselas del interés provincial a los fines de su acogimiento a otros regímenes de fomento municipal, provincial o nacional; 8) apoyo del Estado Provincial, y Municipios adheridos al régimen para agilizar y obtener: a) la instalación de la planta industrial e introducción de la maquinaria necesaria; b) protección arancelaria y fiscal; c) defensa ante las contingencias del mercado exterior;
- Entre Ríos: Ley 10.204. La Provincia de Entre Ríos cuenta con uno de los regímenes de promoción industrial más competitivos de la Argentina, con beneficios que incluyen: Exenciones impositivas que van de 15 a 20 años en tributos provinciales, aumento en beneficios de reintegros en consumo a la energía eléctrica, aumento en beneficios de reintegros en consumo a la energía eléctrica para industrias que demuestran hacer uso de energías renovables, reintegros en el cincuenta por ciento (50%) en obras de energía eléctrica y de gas natural, promociones en capacitaciones en formación de RRHH, preferencia en compras y licitaciones públicas y otras

facilidades adicionales que contribuyen a la competitividad de la inversión industrial de nuevas empresas o ya radicadas.

- Chaco: Ley 4453. Detalla exenciones impositivas, beneficios crediticios y reintegros varios.
- Santa Fe: Decreto 1361 bajo la ley 8478 de promoción industrial. Se establece un sistema gradual de beneficios impositivos -volviendo a esquemas de desgravación máxima- de 100% de exención de TODOS los impuestos provinciales durante 10 años para las Pymes que se radiquen o se trasladen a Parques y/o Áreas Industriales reconocidas. Se incorpora una nueva categoría de clasificación intermedia para las radicaciones definidas como zonas de uso industrial -reconocidas por ordenanzas comunales/municipales.

De esta manera se les asignan 8 puntos a las provincias de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe y 7 puntos para Chaco, dado que su ley no provee tantos beneficios para la locación de la planta.

Para finalizar, con todos los factores evaluados hasta el momento, se construye la matriz de macroubicación que se adjunta a continuación.

Matriz final de Macroubicación

Luego de analizar todos los factores y construir la matriz de macroubicación, se observa que la provincia de Entre Ríos obtuvo el mayor puntaje, por lo que se determina que la locación de la planta será en esta provincia. A continuación, se realizará un análisis de las mismas características para poder determinar específicamente en qué localidad de la provincia de Entre Ríos se ubicará finalmente la planta de producción.

FACTOR GENERAL	PESO	SUBFACTORES	PESO PONDERADO	CORRIENTES		ENTRE RÍOS		SANTA FE		CHACO	
				PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.
MATERIA PRIMA	20	Abastecimiento	10	1	10	10	100	4	40	1	10
		Disponibilidad	6	1	6	7	42	10	60	5	30
		Logística	4	5	20	8	32	8	32	7	28
			20		36		174		132		68
SERVICIOS	15	Energía eléctrica	4	5	20	10	40	10	40	7	28
		Gas Natural	3	2	6	9	27	5	15	3	9
		Agua Potable	2	9	18	9	18	9	18	5	10
		Desagües/ Drenaje	2	5	10	7	14	7	14	2	4
		Comunicación	2	3	6	7	14	6	12	8	16
		Disposición de residuos	2	8	16	9	18	4	8	9	18
			15		76		131		107		85
CONDICIONES NATURALES	10	Precipitaciones	3	5	15	7	21	9	27	9	27
		Temperatura	2	7	14	8	16	8	16	6	12
		Humedad	2	8	16	8	16	6	12	7	14
		Inundaciones	3	4	12	5	15	5	15	7	21
			10		57		68		70		74
VÍAS DE COMUNICACIÓN	10	Marítima	3	4	12	8	24	9	27	4	12
		Terrestre	7	8	56	9	63	9	63	7	49
			10		68		87		90		61
PARQUES INDUSTRIALES	15	Cantidad de parques	5	8	40	10	50	8	40	8	40
		Disponibilidad de lotes	5	9	45	6	30	6	30	10	50
		Promoción Industrial	5	7	35	10	50	8	40	10	50
			15		120		130		110		140
MERCADO	15	Industrias alimenticias	8	7	56	9	72	9	72	8	64
		Industrias cosméticas	7	6	42	8	56	9	63	6	42
			15		98		128		135		106
SOCIOCULTURAL	10	Urbanización	2	6	12	8	16	9	18	7	14
		Escuelas técnicas	3	7	21	9	27	8	24	6	18
		Formación profesional	3	6	18	8	24	9	27	7	21
		Niveles salariales	2	7	14	7	14	6	12	8	16
			10		65		81		81		69
MARCO LEGAL	5	Tarifas provinciales	3	8	24	8	24	7	21	7	21
		Leyes y Normas	2	8	16	8	16	8	16	7	14
			5		40		40		37		35
TOTAL	100		100		560		839		762		638

Estudio de Microubicación

Una vez definida la provincia, se estudiarán los diferentes departamentos para determinar cuál es el más adecuado para instalar la planta industrial. Considerando el mismo criterio que en la macroubicación, la ubicación será cercana a la materia prima debido a que el aceite contenido en el salvado de arroz se deteriora con facilidad.

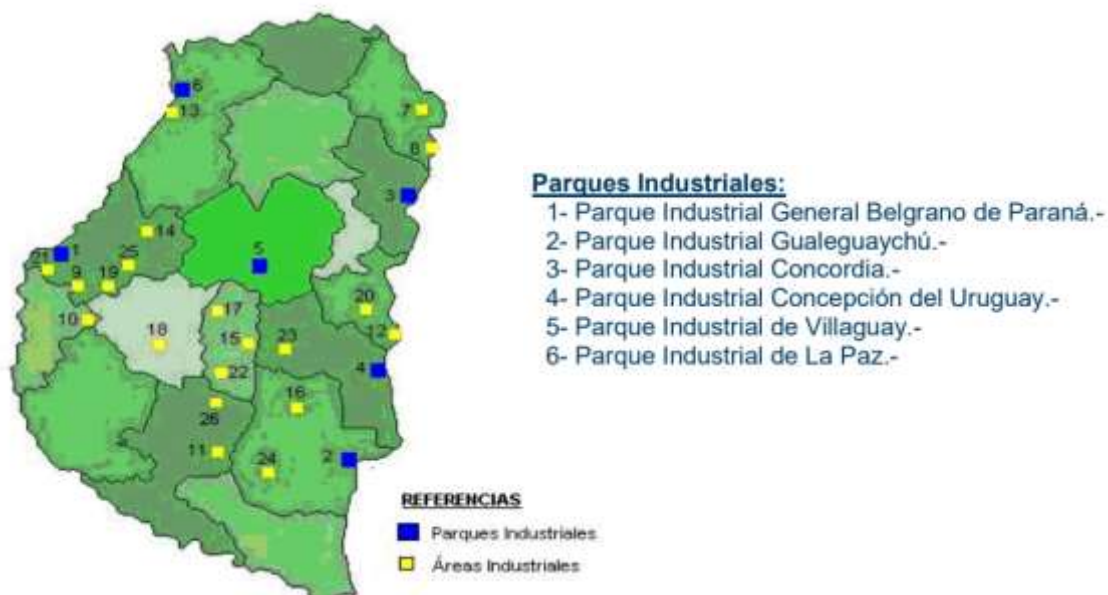
Como se pudo observar en el capítulo de estudio de mercado, más de la mitad de los molinos y cerca del 70% de la producción están concentrados en los siguientes departamentos: San Salvador, Uruguay, Concordia, Colón, Villaguay y Federación. Observando nuevamente la producción de arroz en Entre Ríos a nivel departamental (Tabla 4), se necesitaría la producción de más de un departamento para cubrir las necesidades de materia prima por lo que la información no es suficiente para seleccionar los departamentos a ubicar en la matriz de microubicación.

Tabla 4.2 – Producción de arroz en la provincia de Entre Ríos – Campaña 19/20

Departamento	Superficie Sembrada (ha)	Superficie No Cosechada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento Promedio (kg/ha)	Producción (t)
Colón	4.400	0	4.400	5.700	25.080
Concordia	1.700	0	1.700	8.000	13.600
Diamante	0	0	0	0	0
Federación	9.100	0	9.100	7.900	71.890
Federal	4.000	0	4.000	7.400	29.600
Feliciano	5.400	0	5.400	7.800	42.120
Gualeguay	0	0	0	0	0
Gualeguaychú	0	0	0	0	0
La Paz	7.100	0	7.100	6.250	44.375
Nogoyá	0	0	0	0	0
Paraná	0	0	0	0	0
San Salvador	7.200	0	7.200	7.400	53.280
Tala	0	0	0	0	0
Uruguay	1.500	0	1.500	8.000	12.000
Victoria	0	0	0	0	0
Villaguay	13.800	0	13.800	7.500	103.500
Totales	54.200	0	54.200	7.296	395.445

Otro factor importante es el abastecimiento de energía eléctrica, debido al proceso que se utilizara en el proceso de producción. Los lugares más aptos para el desarrollo de esta industria son los parques industriales, ya que en ellos se encuentran los recursos más adecuados para su funcionamiento. A continuación, se muestra un mapa de los parques industriales de Entre Ríos.

Los parques se encuentran en los departamentos de Paraná, Gualeguaychú, Concordia, Concepción del Uruguay, Villaguay y La Paz. Dado que en Paraná y Gualeguaychú no hay producción de arroz y, en consecuencia, la disponibilidad de materia prima será baja, el análisis se hará con los 4 departamentos restantes.

Figura 4.16 – Parques y áreas industriales de la provincia de Entre Ríos

Materia prima

Este factor se analiza de la misma manera que en la macroubicación. Se dividirá en tres subfactores: abastecimiento de materia prima, disponibilidad de insumos y logística.

Abastecimiento de materia prima

El departamento de La Paz cuenta con tres molinos arroceros. Su producción es de 44.375 toneladas por año, lo que representa 4.437 toneladas de salvado de arroz por año. La materia prima que requiere la planta es de 20.080 toneladas por año de salvado de arroz por lo que la producción de dicho departamento solo cubre el 22% del total. Para poder cubrir la materia prima de la planta deberíamos sumarle la producción de los departamentos limítrofes de Feliciano, Villaguay y Federal. El valor de la matriz fue considerando el porcentaje anterior.

El departamento de Villaguay cuenta con seis molinos arroceros. Su producción es de 103.500 toneladas por año, lo que representa 10.350 toneladas de salvado de arroz por año, cubriendo el 51% de la materia prima requerida. Para cubrir con lo requerido se le sumaría la producción de los departamentos de San Salvador y Federal. Se consideró el valor de la matriz con el porcentaje anterior.

El departamento de Uruguay cuenta con ocho molinos arroceros. Su producción es de 12.000 toneladas por año, lo que representa 1.200 toneladas de salvado de arroz por año, cubriendo el 6% de la materia prima requerida. Para cubrir con lo requerido se

le sumaria la producción de los departamentos de Villaguay, San Salvador y Colon. Se consideró el valor de la matriz con el porcentaje anterior.

El departamento de Concordia cuenta con ocho molinos arroceros. Su producción es de 13.600 toneladas por año, lo que representa 1.360 toneladas de salvado de arroz por año, cubriendo el 6,8% de la materia prima requerida. Para cubrir con lo requerido se le sumaria la producción de los departamentos de Federal, Federación, San Salvador y Colón. Se consideró el valor de la matriz con el porcentaje anterior.

Disponibilidad de insumos

A continuación, se detalla la cantidad de distribuidores de materia prima con los que contamos en cada departamento de la provincia. Las empresas más importantes distribuidoras de gases poseen pocas distribuidoras en Entre Ríos, pero a su vez aseguran llegar a todos los parques industriales.

La empresa Air Liquide cuenta con dos distribuidores en la provincia ubicados en Concordia y Gualeguaychú. También vamos a tener en cuenta los centros distribuidores ubicados en Santa Fe, ya que en algunos casos la distancia es menor que si se compara a distribuidores de la misma provincia.

Como se mencionó, según el registro de empresas de la secretaria de energía de la nación Entre Ríos cuenta con cinco distribuidoras grandes de Etanol. Estas están ubicadas en dos en Paraná, una en Concepción de Uruguay, otra en Noyogá y la última en Gualeguaychú.

Con lo anterior detallado, se colocarán los valores de la matriz. Comenzamos con el departamento de Concordia, uno de los distribuidores de dióxido de carbono se ubica ahí, pero no cuenta con proveedores de etanol, la más cerca se encuentra a 150 km aproximadamente. El valor en la matriz va a ser del 50% del puntaje.

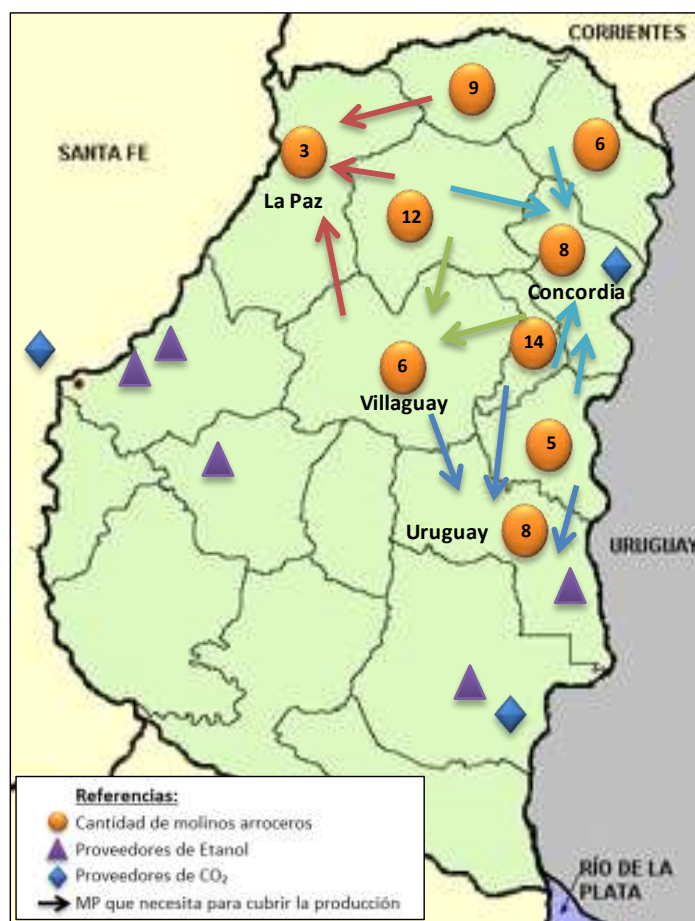
El departamento de Uruguay cuenta con un proveedor grande de etanol, no así del otro insumo. El proveedor de gas más cercano se encuentra en Gualeguaychú a 60 km de distancia. El valor en la matriz va a ser del 60% del puntaje.

El departamento de La Paz no cuenta con proveedores dentro del mismo, el distribuidor de etanol más cercano se encuentra en Paraná a 120 km aproximadamente y el proveedor de gas más cercano se encuentra en Rosario provincia de Santa Fe, a 160 km aproximadamente. El valor de la matriz va a ser del 30% del puntaje. Al igual que el anterior el departamento de Villaguay no posee proveedores. El proveedor de etanol más cercano se encuentra en Paraná a 130 km y el proveedor de gas más cercano se encuentra en Rosario a 170 km. El valor de la matriz va a ser del 20% del puntaje.

Logística

Recordemos que en este subfactor vamos a analizar la concentración de la ubicación de la materia prima e insumos. Se utilizará la información ya vista en la macroubicación junto con los movimientos de materia prima que requiere cada departamento seleccionado para cumplir con el requerimiento de planta.

Figura 4.17 – Parques y áreas industriales de la provincia



Departamento de La Paz: requiere abastecerse de tres departamentos limítrofes. Los kilómetros que debe recorrer la materia prima son: 80 km desde Feliciano, 73 km desde Federal y 120 km desde Villaguay. Al gasto de transporte anterior se le debe sumar el importe por el traslado de los insumos, ya que el distribuidor de etanol está a 120km y el de dióxido de carbono a 160 km. En total el gasto traslado sería de 553km.

Departamento de Concordia: requiere abastecerse de cuatro departamentos limítrofes. Los kilómetros que debe recorrer la materia prima son: 80 km desde Federal, 55 km desde Federación, 30 km desde San Salvador y 80 km desde Colón. Como cuenta con un proveedor de dióxido de carbono en concordia, solo se debe sumar al gasto el traslado de etanol, la planta más cercana se encuentra a 150 km. En total el gasto traslado sería de 395 km.

Departamento de Concepción del Uruguay: requiere abastecerse de tres departamentos limítrofes. Los kilómetros que debe recorrer la materia prima son: 100 km desde Villaguay, 90 km desde San Salvador y 23 km desde Colón. Uruguay cuenta con un proveedor de etanol, solo se debe sumar al gasto el traslado de dióxido de carbono, la planta más cercana se encuentra a 60 km. En total el gasto traslado sería de 273 km.

Departamento de Villaguay: requiere abastecerse de dos departamentos limítrofes. Los kilómetros que debe recorrer la materia prima son: 60 km desde San Salvador y 115 km desde Federal. Al gasto de transporte anterior se le debe sumar el importe por el traslado de los insumos, ya que el distribuidor de etanol está a 130 km y el de dióxido de carbono a 170 km. En total el gasto traslado sería de 475 km.

Para darle los valores en la matriz vamos a tener en cuenta el gasto de traslado que calculamos. Consideramos que a menor gasto mayor es el puntaje. Realizando un promedio ponderado los valores son los siguientes; La paz 60%, Concordia 80%, Concepción del Uruguay 90% y Villaguay 70%.

Servicios

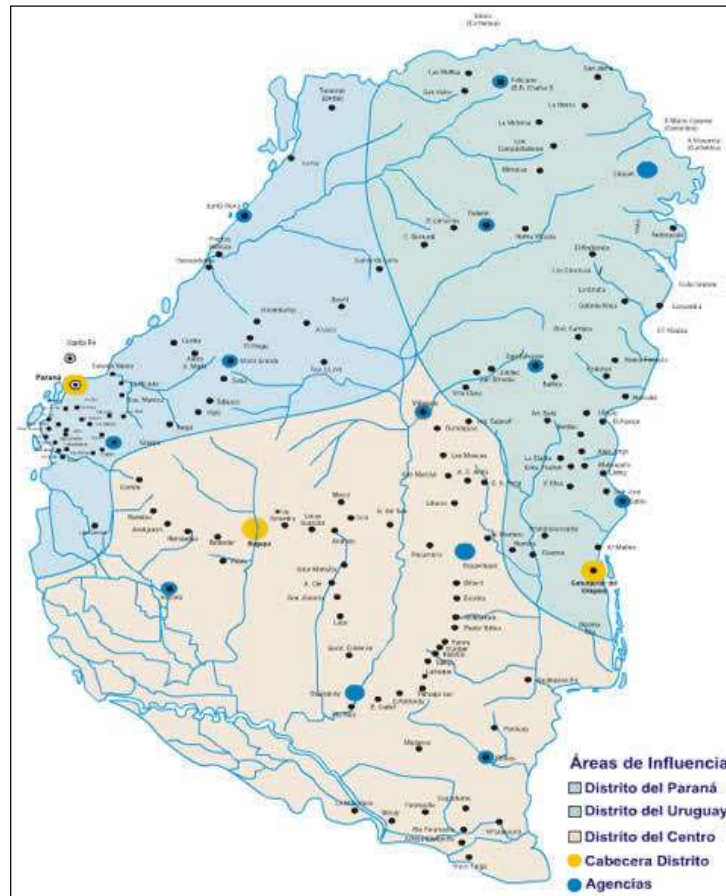
En este factor vamos a enumerar los servicios que tienen las provincias, será englobado todo lo relacionado con el suministro de energía y recursos hídricos. A su vez, también se analizará el acceso a la comunicación. Dividiremos el factor en seis subfactores: energía eléctrica, gas natural, agua potable, comunicación, desagües/drenaje y disposición de residuos.

Energía eléctrica

La energía eléctrica está a cargo de la empresa ENERSA. El suministro de energía es igual en toda la provincia. El objetivo principal según la secretaria de energía de la gobernación de Entre Ríos es potenciar el sistema energético provincial, eléctrico, gasífero y generar oportunidades incursionando en el ámbito de las energías alternativas.

En los últimos años se realizaron inversiones en áreas rurales con el propósito de garantizar la generación de energía equilibrada en todo el territorio. Según un reporte de la secretaria de energía en el año 2019 se finalizaron 21 obras, 21 están en ejecución y 7 están planificadas para ejecutar el año entrante.

Figura 4.18 - Mapa de la concesión de la empresa ENERSA



En la Figura 4.18 se puede observar el tendido eléctrico, las zonas cubiertas y cabeceras de distritos. Se destaca que la cabecera del distrito de Uruguay se encuentra en el departamento con dicho nombre, esto genera una ventaja con los demás departamentos debido a que en caso de algún inconveniente el tiempo de reconexión será menor. Debido a lo anteriormente mencionado el valor en la matriz será el máximo para el departamento de Uruguay, y del 80% del puntaje para los restantes, Villaguay, La Paz y Concordia.

Gas Natural

La distribución de gas en la zona del Noreste argentino está a cargo de la empresa Gas NEA. El proyecto de Desarrollo Gasífero en Entre Ríos integró a la provincia al Sistema Interconectado de Gasoductos del país a partir de la realización del Gasoducto Subfluvial que cruza el Río Paraná y continúa con el Gasoducto Troncal Entrerriano. El abastecimiento de gas, tiene su origen en los yacimientos de la Cuenca Neuquina y Noroeste, siendo transportado a través de los gasoductos Centro-Oeste y Norte hasta la zona de la ciudad de Aldao en la provincia de Santa Fe, donde nace el cruce subfluvial del río Paraná.

Con el fin de incentivar el desarrollo industrial del interior de la provincia, se encaró la construcción de ramales de aproximación a los parques industriales de distintas localidades. Estos ramales nacen en cada planta reguladora estando habilitados a una presión de operación de 14 kg/cm²³³. A continuación, se encuentra la Tabla 4.3 sacada de la página del ministerio de infraestructura de la Provincia de Entre Ríos, donde detalla la ubicación de los distintos ramales antes mencionados, el diámetro que poseen expresados en pulgadas y la longitud que hay desde la planta reguladora y los parques industriales. Los departamentos de Uruguay, La Paz y Villaguay se ven beneficiadas con esta mejora, sin embargo, el departamento de Concordia no posee ramal de esta característica.

En la Figura 4.19 podemos observar el Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural Entre Ríos. Los puntos rojos son las Ciudad abastecida con Gas Natural, la línea fucsia es el Gasoducto Regional y la línea verde es el gaseoducto de Importación / Exportación.

Tabla 4.3 - Ramales de aproximación a parques industriales

LOCALIDAD	DIAMETRO (PULG)	LONGITUD (M)
C. DEL URUGUAY	4	4.095
GUALEGUAY	6	5.381
VICTORIA	6	2.434
VILLAGUAY	6	4.145
"	4	7.584
LA PAZ	4	1.710
SANTA ELENA	6	4.416
CRESPO	4	2.056
NOGOYA	4	2.080
ROSARIO DEL TALA	4	2.101
CHAJARI	6	1.282
FEDERACION	4	6.145
MARIA GRANDE	4	724
VIALE	4	741
DIAMANTE	4	2.663

Se puede apreciar que los cuatro departamentos que estamos evaluando en la matriz son abastecidas con gas natural por gaseoductos de cuatro pulgadas. Se destaca que el departamento de Uruguay también es abastecido por el gaseoducto de importación y exportación. Otra cosa para tener en cuenta son los ramales de aproximación a parques industriales, que como se mencionó anteriormente, todos los departamentos tienen acceso salvo el de Concordia. Debido a esto vamos a evaluar al departamento de Uruguay con el mayor puntaje en la matriz, los departamentos de Villaguay y La Paz con el 90% del puntaje, y al departamento de concordia con 80% del puntaje.

³³ Información obtenida de la página del ministerio de infraestructura de la Provincia de Entre Ríos,

Figura 4.19 - Mapa de Concesión de ENARGAS



Agua Potable

La Federación de Cooperativas de Agua Potable de la Provincia de Entre Ríos es una cooperativa de segundo grado que tiene como principales objetivos ejercer la representación y fortalecer la integración de Cooperativas de Provisión de Agua Potable, para la defensa del sector y asistencia de sus problemáticas en ámbitos nacionales. La provincia cuenta con dieciséis plantas potabilizadoras, cinco están ubicadas sobre el Río Uruguay y las otras once se encuentran sobre el Río Paraná. Estas abastecen a 71 cooperativas distribuidas en los diecisiete departamentos de la provincia.

El departamento de Concordia cuenta con nueve cooperativas de distribución de suministro, abastecidas por la planta potabilizadora de agua de Concordia. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 94,9% de la población de Concordia cuenta con agua potable, siendo un total de 47.982 de hogares. El valor en la matriz será del máximo valor.

El departamento de La Paz cuenta con dos cooperativas de distribución de suministro, abastecidas por la planta potabilizadora Echeverría ubicada en Paraná. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 87,2% de la población de La Paz cuenta con agua potable, siendo un total de 18.305 de hogares. El valor en la matriz será del 80 % puntaje.

El departamento de Uruguay cuenta con once cooperativas de distribución de suministro, abastecidas por la planta potabilizadora de agua de Colón. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 87,8% de la población de Uruguay cuenta con agua potable, siendo un total de 32.573 de hogares. El valor en la matriz será del 90 % puntaje.

El departamento de Villaguay cuenta con cuatro cooperativas de distribución de suministro, abastecidas por la planta potabilizadora de agua de Colón. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 82,6% de la población de Villaguay cuenta con agua potable, siendo un total de 14.726 de hogares. El valor en la matriz será del 80 % puntaje.

Desagües/ Drenaje

La Secretaría de Servicios Sanitarios y Desagües Pluviales de Entre Ríos es la encargada de brindar el servicio de red de saneamiento de la provincia. La Provincia de Entre Ríos cuenta con una elevada cobertura de desagües cloacales los cuales son operados por un amplio conjunto de prestadores, que incluye a los estados municipales, a un conjunto de cooperativas y otros entes privados, así como al propio estado provincial.

El Ente Descentralizado de Obras Sanitarias (EDOS), tiene sede en el departamento de Concordia. Es el encargado de todas las obras de saneamiento de dicha ciudad. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 75,30% de la población de Concordia cuenta con desagüe cloacal. El valor en la matriz será del 70% del puntaje.

En el departamento de La Paz, los desagües cloacales son encausados al río Paraná previo a un tratamiento fisicoquímico. El Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, realizó una licitación para ejecutar una obra de disposición final de las aguas residuales de la ciudad de La Paz. La obra completa abarca, además del arreglo del colector, la ejecución de una planta de tratamientos de líquidos cloacales, trabajos que ya se encuentran en marcha y que son fundamentales para terminar con la contaminación del río Paraná. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 62% de la población de La Paz cuenta con desagüe cloacal. El valor en la matriz será del 60% del puntaje.

En el departamento de Uruguay se encuentra la planta de saneamiento de Concepción del Uruguay. El ministro del Interior, Obras Públicas y Vivienda, está llevando a cabo un proyecto el cual contempla la ejecución del sistema de abastecimiento de desagües cloacales con conexiones domiciliarias y desagües pluviales. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 76% de la población de Uruguay cuenta con desagüe cloacal. El valor en la matriz será del 80% del puntaje.

El departamento de Villaguay posee una planta depuradora donde se realizará el tratamiento primario y secundario y demás pasos del tratamiento de los residuos en la planta. Se debe recordar que es el único departamento analizado que no posee salida al río. Según los reportes publicados del Gobierno provincial de Entre Ríos, el 68% de la población de Villaguay cuenta con desagüe cloacal. El valor en la matriz será del 70% del puntaje.

Comunicación

Según se detalló anteriormente, el gobierno de Entre Ríos cuenta con áreas encargadas de desarrollar y mantener los sistemas de información transversales que alcanzan a los organismos de la administración pública provincial, entes autárquicos y/o descentralizados. Cuentan con políticas públicas de Inclusión Digital, las cuales incluyen proyectos que tienen la finalidad de mejorar la calidad de la conectividad de la población y su acceso a las tecnologías de la información y la comunicación.

De acuerdo con el último informe del Gobierno de Entre Ríos, el servicio de telecomunicaciones es similar en los cuatro departamentos que estamos comparando. A su vez, uno de los desarrollos más importante que tiene la provincia, es el de la red federal de fibra óptica. Por tal motivo será la que utilizaremos como método de comparación.

La fibra óptica es un medio de transmisión que se utiliza en redes de datos y telecomunicaciones. Consiste en un hilo muy fino de material transparente por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir, permitiendo enviar gran cantidad de datos a velocidades similares a las de la radio y superiores a las de un cable convencional. En la figura 4.20 observamos el mapa de fibra óptica de Entre Ríos, poseen 2.600 kilómetros de longitud. Actualmente se han instalado 133 nodos de los cuales 118 se encuentran conectados en la provincia.

El departamento de Concordia cuenta con cuatro nodos conectados ubicados en las localidades de La Criolla, Concordia, Osvaldo Magnasco y Los Charrúas. Esto genera que las diez localidades restantes no cuenten con acceso a la red de fibra óptica, sin embargo, estas localidades son zonas rurales con menos de nueve mil personas. Con

relación a la población, el 95% de los habitantes de Concordia cuentan con acceso a la conexión del servicio. Debido a esto consideramos clasificar con un 90% del puntaje en la matriz.

Figura 4.20 – Mapa de tendidos de fibra óptica de la provincia de Entre Ríos



El departamento de La Paz cuenta con siete nodos conectados ubicados en las localidades de El Solar, La Paz, San Gustavo, Las Garzas, Sir Leonard, Pueblo Arrua y Bovril, quedando solo dos localidades sin acceso a la red de fibra óptica. Con relación a la población, el 22% de los habitantes de La Paz cuentan con acceso a la conexión del servicio. Debido a esto consideramos clasificar con un 30% del puntaje en la matriz.

El departamento de Villaguay cuenta con siete nodos conectados ubicados en las localidades de Villa Clara, Villa Domínguez, Villaguay, Jubileo, Estación Raíces, Ingeniero Miguel Sajaroff y Paso de la Laguna. En cuanto a la población, el 80% de los habitantes de Villaguay cuentan con acceso a la conexión del servicio. Debido a esto consideramos clasificar con un 80% del puntaje en la matriz.

El departamento de Uruguay cuenta con catorce nodos conectados ubicados en las localidades de Villa Mantero, Villa San Justo, Villa San Marcial, Basavilbaso, Caseros, Concepción del Uruguay, Estancia San Pedro, Herrera, Las Moscas, Libaros, Rocamora y Santa Anita, quedando solo dos localidades sin acceso a la red de fibra óptica. Con relación a la población, el 93% de los habitantes de Uruguay cuentan con acceso a la conexión del servicio. Debido a esto consideramos clasificar con un 90% del puntaje en la matriz.

Disposición de residuos

En la macroubicación se detalló el marco legal en el que se rige toda la provincia con relación a la disposición de residuos tanto domiciliarios, como peligrosos y patógenos. Los cuatro departamentos que estamos analizando rigen bajo las mismas leyes. Con relación a la generación de residuos sólidos per cápita, dichos departamentos, generan alrededor de 0,6 kilogramos por habitantes por día. Debido a lo anterior mencionado vamos a eliminar este subfactor de la matriz ya que la puntuación para todos los departamentos sería la misma.

Condiciones Naturales - Clima

En este factor se desarrolla el análisis de las condiciones naturales y climáticas de los departamentos que incluimos en la matriz. Como condición importante debemos recordar que la materia prima utilizada necesita ciertas condiciones de almacenamiento. Las condiciones ambientales adecuadas de almacenamiento dentro de los silos son una temperatura de 10 °C y 70% de humedad relativa.

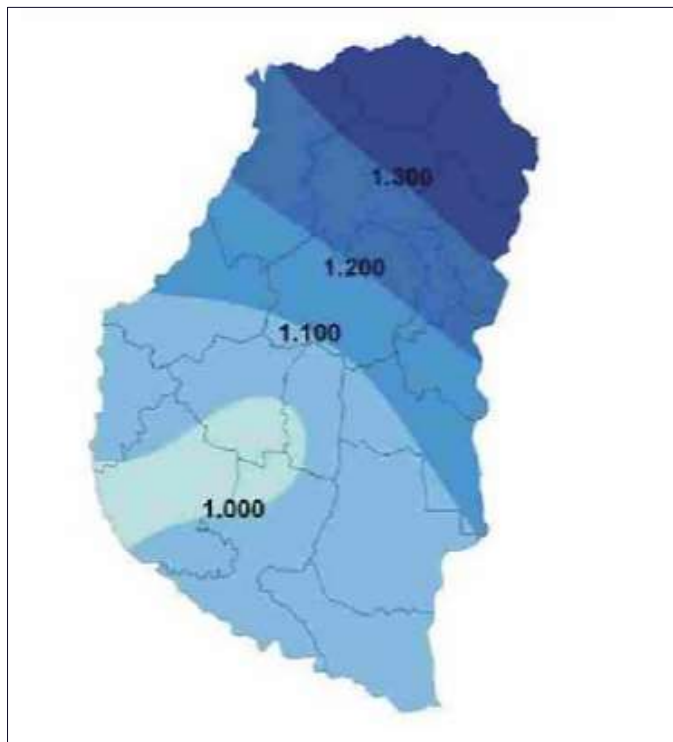
Dividiremos el factor en cinco subfactores: Precipitaciones, Temperatura, Humedad e Inundaciones.

Por su situación geográfica en Entre Ríos la temperatura disminuye de norte a sur. Dado esto podemos encontrar dos regiones climáticas: una subtropical sin estación seca y otra cálida. La primera afecta a los departamentos de Federación, Feliciano, Federal y norte de La Paz. Los inviernos son suaves y los veranos con temperaturas promedio superiores a los 26°C. La temperatura media anual es de 20°C. Las precipitaciones superan los 1.000 milímetros anuales y predominan los vientos norte, este y noreste. La segunda región climática, que corresponde al resto del territorio, presenta inviernos cuya temperatura media oscila entre los 7° C y 10° C., y en verano, entre los 19°C y 23°C. La amplitud media varía entre los 10°C y 16°C. En esta zona se encuentran presentes vientos del sur, sureste, noreste y pampero. Las precipitaciones, en promedio, son inferiores a los 1.000 milímetros anuales.

Precipitaciones

En la figura 4.21 Se detalla el mapa de precipitación media anual medida en milímetros. Dicha información fue obtenida del Observatorio Meteorológico de la Estación Experimental del instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Figura 4.21 - Precipitación media anual (milímetros)



El departamento de La Paz tiene una precipitación media anual de 1.300 a 1.200 milímetros, por lo cual se evaluará con el 70% del puntaje de la matriz.

El departamento de Villaguay tiene una precipitación media anual de 1.200 a 1.100 milímetros, por lo cual se evaluará con el 80% del puntaje de la matriz.

El departamento de Uruguay tiene una precipitación media anual de 1.100 a 1.000 milímetros, por lo cual se evaluará con el 90% del puntaje de la matriz.

El departamento de Concordia tiene una precipitación media anual de 1.300 a 1.200 milímetros, por lo cual se evaluará con el 70% del puntaje de la matriz.

Temperatura

En la figura 4.22 se detalla la temperatura media anual en grados centígrados. Dicha información fue obtenida del Observatorio Meteorológico de la Estación Experimental del instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- El departamento de La Paz tiene una temperatura media anual de 19°C a 18,5°C, por lo cual se evaluará con el 60% del puntaje de la matriz.
- El departamento de Villaguay tiene una temperatura media anual de 18,5°C, por lo cual se evaluará con el 70% del puntaje de la matriz.
- El departamento de Uruguay tiene una temperatura media anual de 18°C a 17,5°C, por lo cual se evaluará con el 80% del puntaje de la matriz.
- El departamento de Concordia tiene una temperatura media anual de 18,5°C, por lo cual se evaluará con el 70% del puntaje de la matriz.

Figura 4.22 – Temperatura media anual (°C)

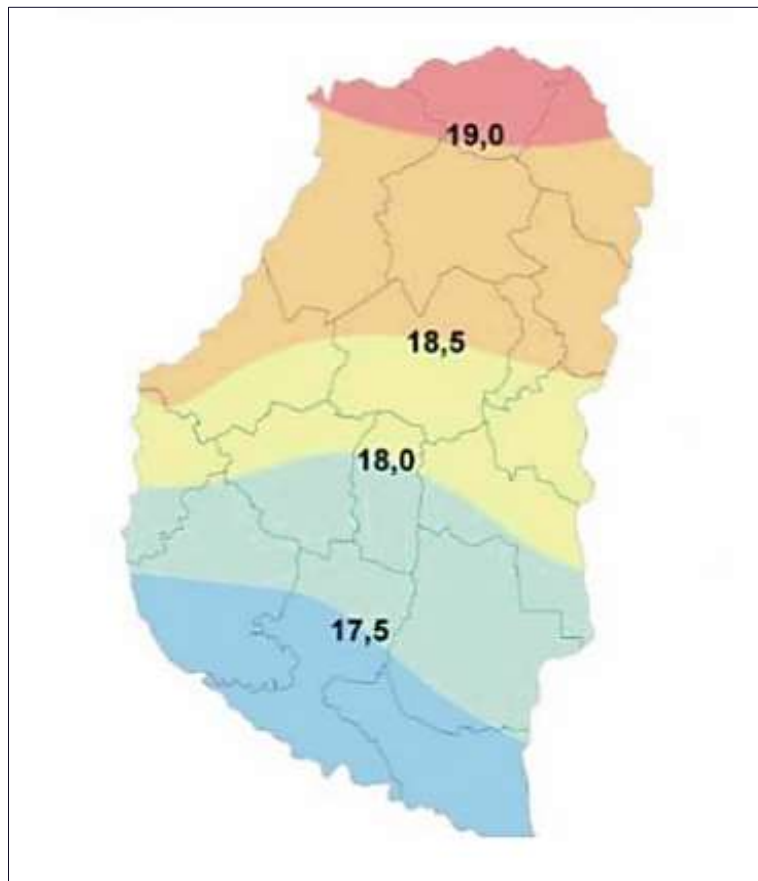


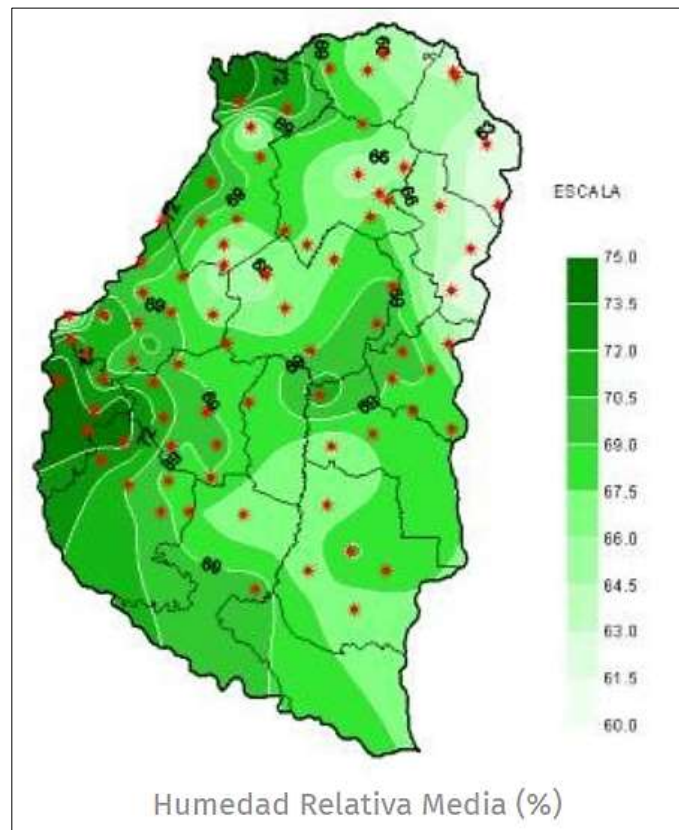
Figura 4.23 – Mapa de climas de la Provincia de Entre Ríos



Humedad

En la figura 4.24 Se detalla el porcentaje de humedad relativa media. La información fue obtenida de la página del instituto geográfico nacional. A continuación, se analizan los 4 departamentos:

- El departamento de La Paz tiene una humedad relativa media de 72%, por lo cual se valorará la matriz con un 60% del puntaje.
- El departamento de Villaguay tiene una humedad relativa media de 69%, por lo cual se valorará la matriz con un 70% del puntaje.
- El departamento de Uruguay tiene una humedad relativa media de 70,5%, por lo cual se valorará la matriz con un 70% del puntaje.
- El departamento de Concordia tiene una humedad relativa media de 63%, por lo cual se valorará la matriz con un 90% del puntaje.

Figura 4.24 – Humedad relativa media de la Provincia de Entre Ríos

Inundaciones

Como se vio en el estudio de macroubicación, Entre Ríos posee varias zonas inundables por el tipo de relieve que tiene y la cantidad de ríos que recorren la provincia. Las zonas más expuestas son las limítrofes con el río Paraná. Por otro lado, las zonas limítrofes al río Uruguay son más elevadas por lo que no son inundables.

De los departamentos que analizamos el más inundable es La Paz por estar pegado al río Paraná, valorándolo en la matriz con un 60% del puntaje. Los departamentos de Concordia y Uruguay están limitando el río Uruguay y con terreno elevado por lo cual vamos a valorar la matriz con un 70% del puntaje. El departamento de Villaguay es el menos afectado con las inundaciones por lo cual vamos a valorar la matriz con un 80% del puntaje.

Vías de comunicación

Se analizarán las vías de comunicación que posee cada una de las localidades que estamos evaluando en la matriz.

El factor se dividirá en tres subfactores: marítima, terrestre por rutas y terrestre por ferrocarril.

Marítima

Como se detalló anteriormente, la provincia de Entre Ríos posee cuatro puertos comerciales. De los cuatro departamentos que estamos comparando solo dos de estos poseen puertos comerciales.

El departamento de Villaguay no tiene salida al río y los puertos más cercanos son el de Concepción del Uruguay y el puerto Diamante. El departamento de Concordia tiene salida al río, pero el puerto más cercano es el de Concepción del Uruguay. Debido a esto, ambos departamentos tendrán la menor puntuación en la matriz.

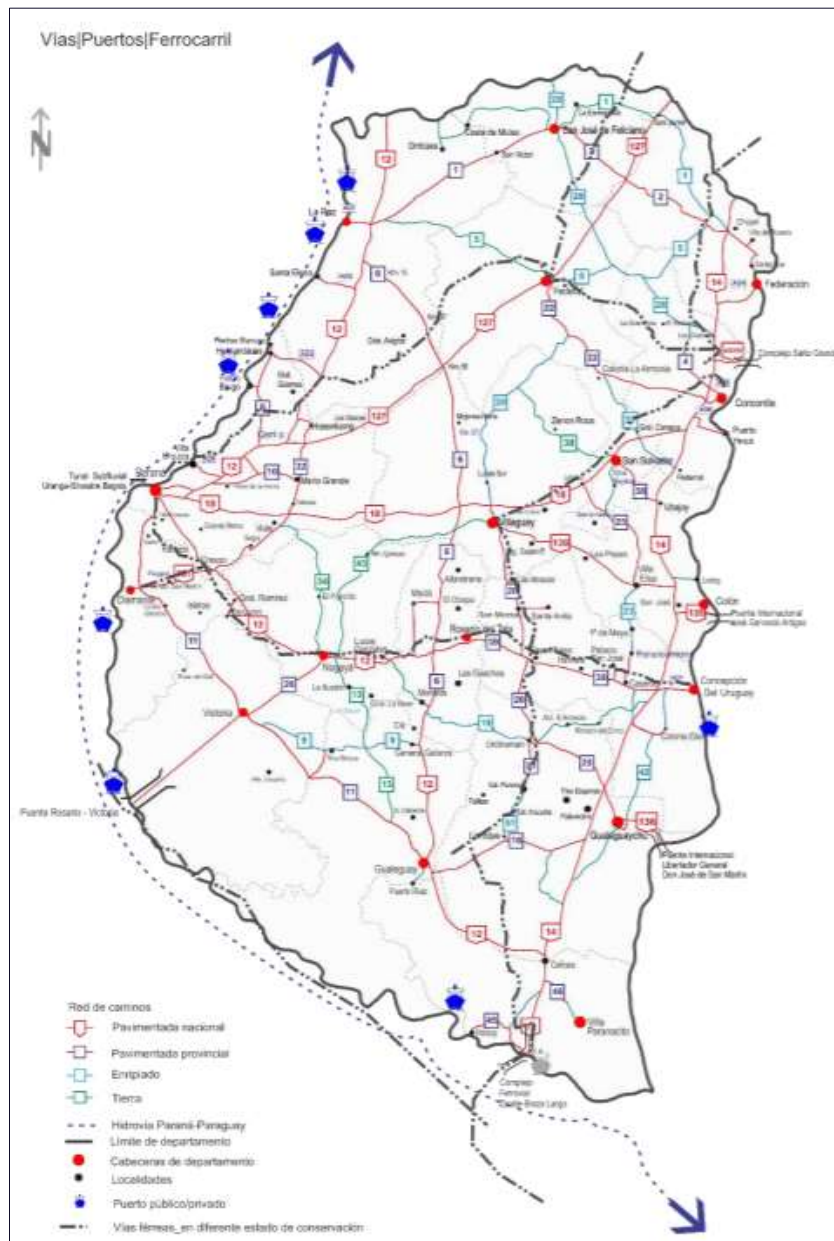
El departamento de La Paz posee su propio puerto, ubicado en el norte de la Provincia de Entre Ríos, sobre el margen del río Paraná, a la Altura de la boya 757 Puerto La Paz y boya 758 Puerto Márquez. Se encuentra a aproximadamente 550 kilómetros del puerto de Buenos Aires. Vamos a puntuar con un 80% del puntaje de la matriz.

El departamento de Uruguay, posee su propio puerto, ubicado en el kilómetro 183 sobre el río Uruguay, se encuentra a estrecha distancia de las zonas de producción de la región y a 320 kilómetros del puerto de Buenos Aires. Ocupa una superficie de más de 18 hectáreas. Cuenta con acceso por ruta, fluvial y férrea. Vamos a puntuar con un 80% del puntaje de la matriz.

Terrestre

Como vimos anteriormente la provincia posee un amplio acceso por rutas nacionales y provinciales. La provincia de Entre Ríos posee 2491 kilómetros de ruta pavimentada, siendo las principales rutas las rutas nacionales 12, 14, 18 y 127 y las provinciales 11, 6 y 39. El ferrocarril, estrechamente ligado a la historia y al progreso de Entre Ríos, actualmente ha disminuido notablemente su importancia y presta servicios en forma muy limitada, sólo transporte de cargas. El ramal que corre por la provincia corresponde al ferrocarril mesopotámico general Urquiza y comunica a Entre Ríos con Corrientes y Uruguay. Cuenta con servicio de carga en toda la Mesopotamia concesionado a operadores privados. El total de vías instaladas asciende a 2.000 km. y es de trocha media.

Figura 4.25 – Vías de comunicación de la provincia de Entre Ríos



En la figura 4.25 Podemos ver las distintas vías terrestres de comunicación que posee la provincia de Entre Ríos. Rutas Nacionales, Provinciales, accesos pavimentados y Vías Férreas.

El departamento de La Paz, posee acceso por ruta nacional N°12, y las rutas provinciales N°1 y N°6, todas pavimentadas. También hay acceso por ruta provincial N°5, pero la misma no está pavimentada. No cuenta con acceso por vía Férrea. Debido a esto vamos a evaluar la matriz con un valor mínimo en el ítem de acceso por ferrocarril y con un valor del 70% del puntaje en el ítem de acceso por rutas.

El departamento de Villaguay, posee acceso por ruta Nacional N°18, y las rutas provinciales N°6 y N°20, todas pavimentadas. También hay acceso por ruta provincial N°43 y N°38, pero las mismas no están pavimentadas. Cuenta con un solo acceso por vía férrea. Debido a esto vamos a evaluar la matriz con un valor de 50% de puntaje en el ítem de acceso por ferrocarril y con un valor del 80% del puntaje en el ítem de acceso por rutas.

El departamento de Uruguay, posee acceso por ruta Nacional N°14, y las rutas provinciales N°39 y N°20, todas pavimentadas. También hay acceso por ruta provincial N°42, N°19 y N°23, pero las mismas no están pavimentadas. Cuenta con un solo acceso por vía férrea. Debido a esto vamos a evaluar la matriz con un valor de 50% de puntaje en el ítem de acceso por ferrocarril y con un valor del 80% del puntaje en el ítem de acceso por rutas.

El departamento de Concordia, posee acceso por ruta Nacional N°14, y las rutas provinciales N°4, N°18 y N°22, todas pavimentadas. También hay acceso por ruta provincial N°28 y N°37, pero las mismas no están pavimentadas. Cuenta con tres accesos por vía férrea. Debido a esto vamos a evaluar la matriz con un valor de 70% de puntaje en el ítem de acceso por ferrocarril y con un valor del 90% del puntaje en el ítem de acceso por rutas.

Parques Industriales

En este apartado se analizarán los parques industriales de la provincia. Los subfactores a analizar serán cantidad de parques y áreas industriales, disponibilidad y costo de lotes, accesos y promoción industrial.

Cantidad de parques y áreas industriales

Como se vio en la figura 4.16, los departamentos analizados cuentan con 1 parque industrial cada uno. Sin embargo, los departamentos de Concepción y La Paz cuentan con 1 área industrial cada una.

De esta manera, se asignará el 70% del puntaje para Villaguay y Concordia, y el 80% para Concepción y La Paz.

Disponibilidad de lotes

Según el listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI (año 2019), existe disponibilidad de lotes en los parques industriales de Concepción y Concordia. Por otro lado, la disponibilidad es limitada en Villaguay y La Paz. De esta manera, se asignará el 90% del puntaje a las primeras 2 provincias y el 60% a las últimas.

Transporte - Accesos

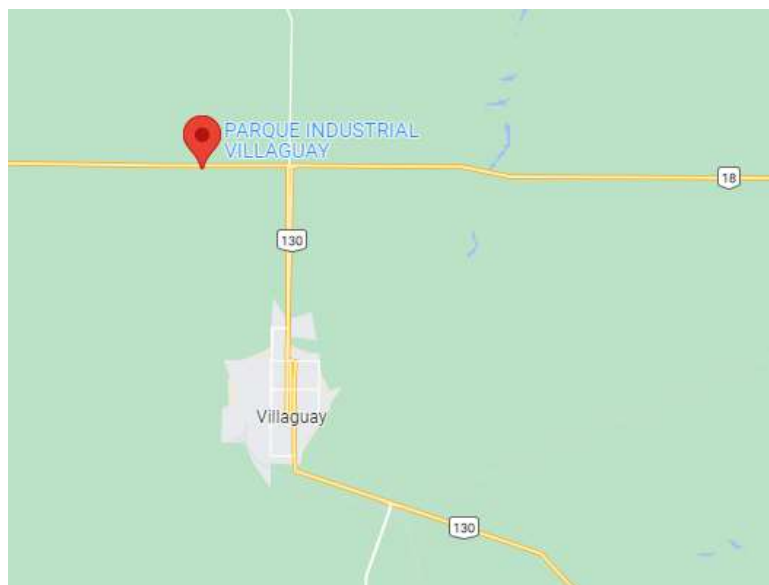
Departamento de La Paz: Se accede por Av. Artigas a partir de la Ruta Nacional N° 12. La avenida se encuentra asfaltada y en buenas condiciones. Sin embargo, es incómodo para los camiones el acceso dado que es una avenida angosta. Además, no existen demasiadas alternativas para el ingreso al parque.

Figura 4.26 – Accesos Parque Industrial La Paz



Departamento de Villaguay: Se ingresa a partir de la ruta nacional 18. La misma se encuentra en obra, la cual se está ampliando para convertirla en una ruta de circulación tipo autopista. Si bien el acceso es adecuado, el hecho de que la obra se esté ejecutando puede provocar demoras en el ingreso al parque. La ruta nacional 130 que conecta con Villaguay está en buen estado y es tipo autovía.

Figura 4.27 – Accesos Parque Industrial Villaguay



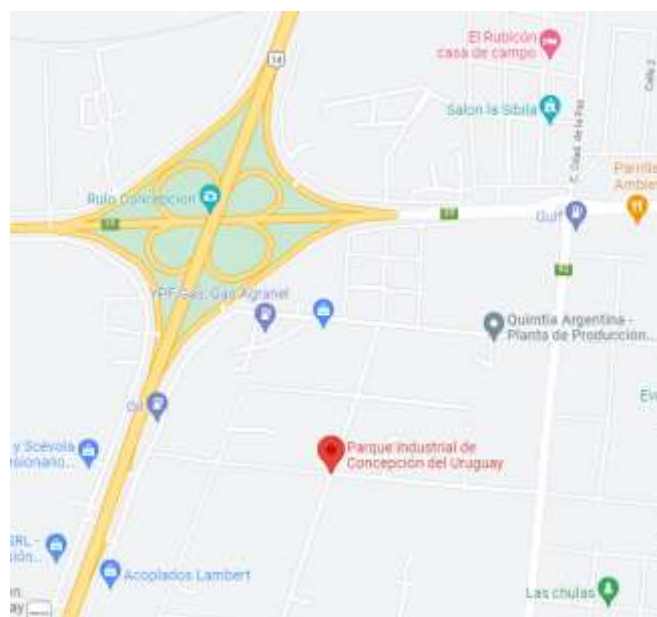
Departamento de Concordia: Se accede desde la ruta nacional 14. La misma es tipo autovía y se encuentra en buen estado. Además, el parque cuenta con otras alternativas de ingreso, como la ruta provincial 22. También tiene excelentes accesos desde la ciudad de Concordia.

Figura 4.28 – Accesos Parque Industrial Concordia



Departamento de Concepción del Uruguay: Se accede desde la ruta nacional 14. La misma es tipo autovía y se encuentra en buen estado. Se puede acceder, también, a través de la ruta provincial 42 desde la RP 39. El acceso a este parque industrial es considerado de los mejores de la provincia, con cercanía a ciudades importantes y fáciles conexiones con Uruguay. En función del estudio correspondiente, se asignará un 60% del puntaje a los departamentos de La Paz y Villaguay, y un 80% del puntaje a Concordia y Concepción del Uruguay.

Figura 4.29 – Accesos Parque Industrial Concepción del Uruguay



Costo de los lotes

El costo de los lotes varía en función del tamaño y ubicación de los parques industriales. De esta manera, se encontró que los lotes más económicos pertenecen a los parques industriales de La Paz y Villaguay (aproximadamente 8 U\$S el metro cuadrado), mientras que los más caros (cercanos a 20-30 U\$S por metro cuadrado) se encuentran en Concordia y Concepción (a un precio levemente menor que en Concordia). De esta manera, se asignará el 90% del puntaje a La Paz y Villaguay, el 70% a Concepción y el 60% a Concordia.

Promoción industrial

Se analizan los regímenes de promoción industrial para los parques en consideración:

Parque industrial Villaguay: exención de impuestos y tasas municipales para todas las empresas industriales que se radiquen en el Parque Industrial de Villaguay, de acuerdo con la siguiente escala: 100% para los primeros 5 años a partir de su puesta en marcha, 80 % por el 6º y 7º año y 60 % por lo años restantes.

Parque industrial La Paz: Exención del impuesto inmobiliario, tasa de higiene e impuesto sobre la energía.

Parque industrial Concordia: Exención de las tasas y tributos municipales por un período de 10 años a partir del inicio de las actividades del proyecto promovido y de acuerdo con la siguiente escala:

Años	Tasa de desgravación
De 1 a 4 años	100%
5 años	85%
6 años	70%
7 años	55%
8 años	40%
9 años	25%
10 años	10%

Parque industrial Concepción del Uruguay: Eximición de las tasas y tributos municipales, por un período mínimo de 10 años y máximo de 20 años, en función del cumplimiento de los compromisos asumidos al formalizar el convenio de radicación.

Con lo expuesto previamente, se le asignará el 80% del puntaje a Concepción y Villaguay, y el 70% a Concordia y La Paz.

Mercado

Industria Cosmética

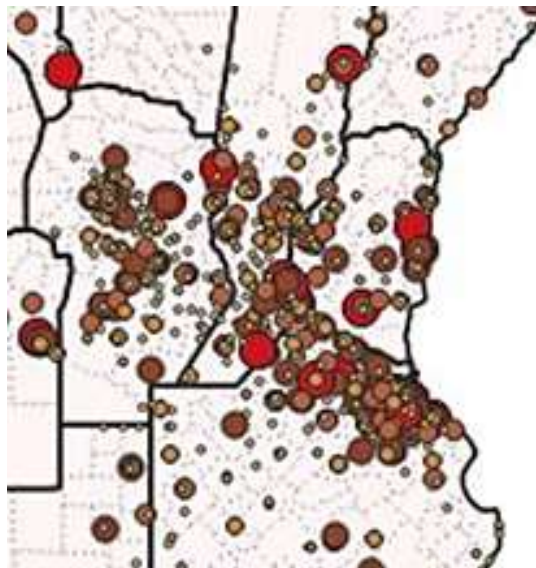
Como se mencionó en el estudio de macroubicación, en Entre Ríos se registran 4 empresas cosméticas (2 en Colón, 1 en Concordia y 1 en Paraná). Por el lado de Santa Fe, una de las provincia más cercanas e importantes, se registraron 12 empresas, ubicadas 5 de ellas en Rosario. El resto se encuentra en ciudades como San José del Rincón, Chabas, Avellaneda, Rafaela, Soldini, Esperanza y Villa Gobernador Gálvez. El resto de la industria cosmética se ubica, principalmente, en la ciudad y provincia de Buenos Aires.

De esta manera se le otorgara el 90% del puntaje a Concepción del Uruguay, dada su cercanía a las industrias de la provincia de Entre Ríos, Santa Fe y, principalmente, Buenos Aires. A Villaguay se le otorgará el 80%, a La Paz el 70% y a Concordia el 60% dado lo alejada que se encuentra la ciudad de las empresas analizadas.

Industria Alimenticia

Observando la distribución de industrias alimenticias de la figura 4.30, se puede observar fácilmente que en Entre Ríos y alrededores se encuentra la mayor concentración principalmente en la zona de Rosario, Santa Fe, Concepción, y Buenos Aires. En función de la cercanía, se le otorgara el 80% del puntaje a Villaguay, el 90% a La Paz y a Concepción y el 70% a Concordia.

Figura 4.30 – Concentración de industrias alimenticias entorno cercano Industrial



Factor sociocultural

Urbanización

Según el censo del año 2010, las poblaciones de los departamentos estudiados son las siguientes:

Departamento	Población
Concordia	170.033
Concepcion del Uruguay	100.728
La Paz	66.903
Villaguay	48.965

De esta manera, se asignará el 90% del puntaje a Concordia y Concepción ya que tienen más de 100.000 habitantes. Se asigna el 80% a La Paz porque supera los 50.000 habitantes y el 70% a Villaguay.

Ciudades cercanas

En cuanto a las ciudades cercanas, se destacan las más importantes: Rosario, Buenos Aires, Paraná, Ciudad de Santa Fe, Salto (Uruguay) y, un poco más alejado, la ciudad de Corrientes. De acuerdo con la cercanía de las 4 ciudades estudiadas, se determina que el puntaje mayor será para Concepción del Uruguay (cercanía con Rosario, Bueno Aires y Paraná), 80% del puntaje para La Paz por su cercanía con las ciudades importantes de Santa Fe, 60% del puntaje para Villaguay y 80% del puntaje para Concordia, por su conexión internacional con Uruguay y cercanía a Corrientes.

Escuelas técnicas y formación profesional

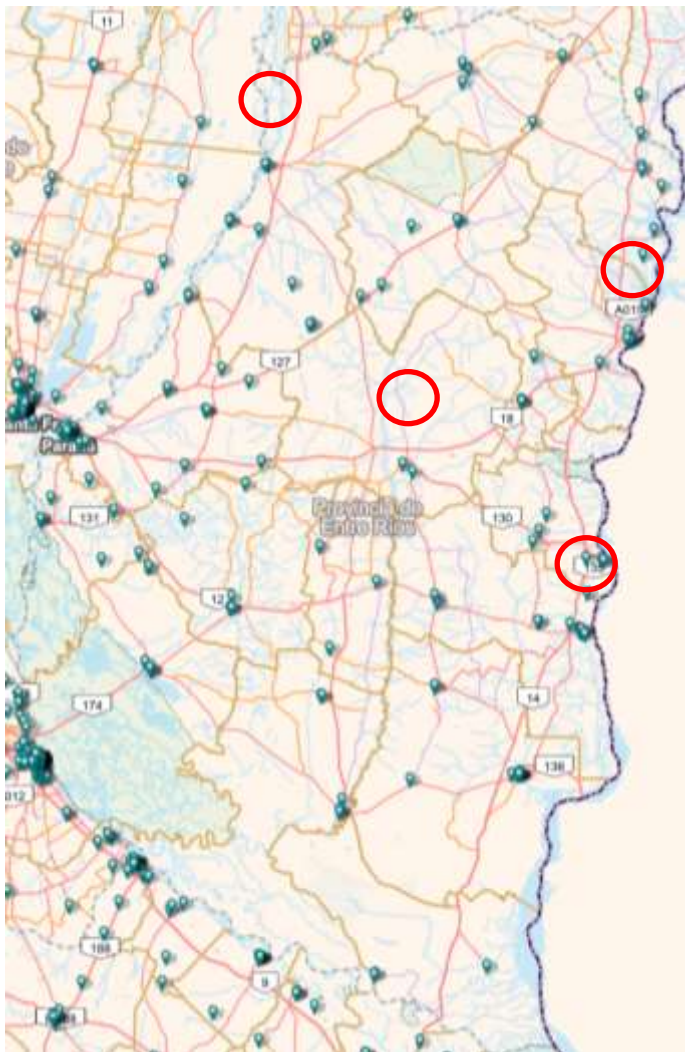
En la figura 4.31 se observan los mapas de escuelas técnicas y de formación profesional de la provincia de Entre Ríos.

Como se puede ver, la mayor cantidad de escuelas técnicas están en Concordia y Concepción, seguido de Villaguay y por ultimo La Paz. Se asignará el 90% del puntaje para las para las primeras, mientras que para las segundas el 60%.

Con respecto a los centros de formación profesional, la mayoría se encuentran en Concordia. De esta manera se le asignará el 90% del puntaje a Concordia, el 80% del puntaje para Concepción (dado que en las zonas aledañas existe una mayor cantidad), y el 60% para el resto de las ciudades dada la poca oferta tanto en la ciudad como en sus alrededores.

Figura 4.31 – Mapa de escuelas técnicas

Figura 4.31 – Mapa de centros de formación prof.



Niveles salariales

De acuerdo con el informe de diagnóstico laboral de la provincia de Entre Ríos correspondiente al año 2018 (tabla 4.4), el salario promedio más bajo corresponde al departamento de Villaguay y el más alto a Concepción del Uruguay.

Por el lado de Concordia, el salario promedio se encuentra entre ambos extremos. Dado que no se encontraron datos para el departamento de La Paz, se le asignara en la matriz el mismo valor que a Villaguay, dado el tamaño de la población y su cercanía.

De esta manera, se le asignara el 90% del puntaje a los departamentos de La Paz y Villaguay, el 70% a Concordia y el 60% a Concepción del Uruguay.

Tabla 4.4 – Salarios promedio de la provincia de Entre Ríos (2015)

AEL de la Provincia. Empleo registrado, empresas, remuneraciones promedio y perfil sectorial.

Región/AEL	Empleo registrado privado 2015	Empresas privadas 2014 (1)	Densidad del empleo formal (2)	Densidad empresaria (3)	Estructura del empleo registrado (%)					Evolución del empleo 2014/2015		Salario promedio 2015 (5)
					Agro	Industria	Turismo	Femenino	Jóvenes	Puestos	%	
CENTRO	1.064.944	138.116	152,0	19,7	4,9	22,7	3,5	31,8	9,5	13.282	1,3	13.495
SANTA FE - PARANA	144.624	19.524	126,9	16,9	3,8	20,1	3,3	32,7	6,3	2.641	1,9	13.047
CONCORDIA	20.358	3.017	90,4	14,7	23,6	13,2	2,8	27,1	11,0	-359	-1,7	10.536
CONCEPCION DEL URUGUAY	16.839	2.743	126,5	16,6	11,8	18,6	4,9	28,7	10,2	373	2,0	12.338
GUALEGUAYCHU	13.559	2.010	111,5	16,6	8,5	31,8	3,9	26,0	6,1	241	1,8	13.382
CHAJARI	7.373	1.972	93,5	19,9	23,7	20,6	5,7	26,6	9,7	-16	-0,2	8.806
VILLAGUAY	4.233	1.143	98,6	18,8	26,6	14,0	2,1	25,0	6,4	41	1,0	10.397
GUALEGUAY	6.364	1.136	103,3	16,4	17,7	29,3	1,6	20,7	10,7	9	0,1	12.382
TOTAL NACIONAL	6.373.376	603.597	147,8	14,0	4,9	19,9	4,1	31,6	10,2	118.270	1,9	15.277

Notas (1) Salarios a precios constantes de 2015 (2) Empleo registrado privado cada 1000 habitantes (3) Empresas privadas cada 1000 habitantes(4) Evolución a partir de promedios anuales (5) Salario a precios corrientes de 2015.

Marco Legal

Tarifas municipales

Villaguay: Se cobra una tasa del 0,6% correspondiente a la tasa por inspección sanitaria, higiene, profilaxis y seguridad. Esta tasa aplica a industrias en general, radicadas en la jurisdicción municipal más un cargo administrativo por inscripción de la industria. Además, se debe tener en cuenta una contribución especial para la promoción del parque industrial. Por último, se debe realizar un pago de un quince por ciento (15%) sobre el valor básico de kW para el consumo eléctrico industrial.

Concordia: Se debe pagar una tasa general inmobiliaria, además de la tasa por servicios sanitarios y una tasa por edificación. Además de estas tasas, se deben sumar la de inspecciones, disposición de residuos, mediciones de DBO y DQO, etc. La cantidad de tasas del municipio de Concordia es sumamente superior al del resto de los departamentos. Se adjunta el artículo 2º de la resolución correspondiente. Para edificaciones industriales, la categoría correspondiente es la D.

ARTÍCULO 2º.- Por las propiedades ubicadas en las zonas definidas en el artículo 3º, se establecerán alícuotas diferenciales mensuales sobre los avalúos determinados de acuerdo a sistema de cálculos reglamentado por Ordenanza N° 35.932, las que se consignan en el siguiente detalle:

a) Inmuebles con Superficies Edificadas

Avalúos		A	B	C	D1	D2	D3
Desde	Hasta						
0,01	13.500,00	0,000510	0,000480	0,000450	0,000390	0,000330	0,000300
13.500,01	40.000,00	0,000540	0,000510	0,000480	0,000450	0,000360	0,000330
40.000,01	94.500,00	0,000570	0,000540	0,000510	0,000480	0,000390	0,000360
94.500,01	9.999.999,99	0,000600	0,000570	0,000540	0,000510	0,000420	0,000390

2.-Mínimos para

- inmuebles con superficie de Mejoras menor a 100 m²
- inmuebles con categoría de construcción mayor a 3.
- inmuebles bauleras y cocheras.

a) Propiedades ubicadas en la zona A.	\$ 4.337,00
b) Propiedades ubicadas en la zona B.	\$ 2.168,00
c) Propiedades ubicadas en la zona C.	\$ 1.279,00
d) Propiedades ubicadas fuera de las zonas mencionadas identificadas como: D1, D2 y D3.	\$ 1.279,00

La Paz: las empresas radicadas en el Parque, gozan de beneficios tributarios municipales (exención de impuesto inmobiliario, tasa de higiene, impuesto sobre la energía) y provinciales, bajo el régimen de Promoción Industrial (Ley 6726 del 25/03/81, Decreto Reglamentario General N° 2254/90 M.E.H.). En este marco, las empresas que queden comprendidas dentro del régimen son exceptuadas durante los primeros 4 años de los siguientes impuestos provinciales: Inmobiliario, Sellos, Automotores de carga y utilitarios e Impuesto sobre los Ingresos Brutos. A partir del quinto año y hasta el décimo año estos impuestos se tributan, pero en una proporción que va del 15% para el quinto año hasta llegar el 90% durante el último año. Adicionalmente, las empresas instaladas en parques industriales están exentas de los impuestos y tasas municipales durante los 5 primeros años, tributando solo el 50% de los mismos en los 5 años subsiguientes.

Concepción del Uruguay: se aplica una escala progresiva de pago en la Tasa de Higiene, Profilaxis y Seguridad. Además, se debe pagar una tasa por fondo municipal según el siguiente cronograma: Primeros seis meses tributarán el 25% de la tasa determinada manteniendo una exención del 75%; segundos seis meses tributarán el 50% de la tasa determinada con una exención del 50%; terceros seis meses tributarán el 75% de la tasa determinada con una exención del 25%. Cumplido los 18 meses desde la fecha de aplicación de la presente Ordenanza, tributarán el 100% de las tasas vigentes. La misma progresividad se aplicará en el Fondo de Desarrollo establecido por Ordenanza N° 2980 Art. 84, que será equivalente al 10% de la tasa efectivamente pagada por la empresa en cada periodo correspondiente. Por último, se deben abonar expensas mensuales por un monto equivalente a 200 litros de nafta súper precio YPF Concepción del Uruguay por cada hectárea de la propiedad. Las expensas se comenzarán a pagar en forma similar a la progresividad dispuesta para el pago de las tasas municipales, según el siguiente cronograma: Primeros seis meses pagarán el 25% de las expensas dispuestas (50 litros de nafta súper); segundos seis meses tributarán el 50% (100 litros de nafta súper); terceros seis meses tributarán el 75% (150 litros de nafta súper). Cumplido el plazo, pagarán el 100% de las expensas (200 litros de nafta súper).

Del análisis de la normativa vigente, se establecerán los puntajes de la matriz de microubicación de la siguiente manera: Concordia 60%, La Paz 90%, Villaguay 80%, Concepción del Uruguay 70%.

Leyes y normas

Lógicamente, todos los departamentos siguen las legislaciones correspondientes de la provincia de Entre Ríos, como la Ley 7957 - Régimen de creación de los Parques Industriales, el Decreto 7358 correspondiente a Parques Industriales y la resolución N° 0894. Aparte, se destacan algunas ordenanzas/decretos pertenecientes a cada departamento:

Concepción: Cuenta con las ordenanzas ordenanza N° 2598 (Promoción industrial) modificada por ordenanza N° 2921, la ordenanza N° 4096 y la ordenanza N° 8061. Además, se deben cumplir las leyes y ordenanzas de medioambiente como Ley Provincial N° 6260, ordenanza N° 3126 y ordenanza N° 6495. Para radicar las industrias, se debe respetar el reglamento del Parque Industrial y elaborar una solicitud de radiación.

Villaguay: se destaca únicamente la ordenanza 1250, la cual hace referencia a la creación de un microbanco municipal para el desarrollo de industrias que tiene por objeto contribuir al proceso de desarrollo económico social de la ciudad, en concordancia con las directivas, planes y programas que en materia económica y financiera dicte el departamento ejecutivo y el concejo deliberante mediante la promoción, orientación, participación y financiamiento del consumo, el desarrollo de Pymes industriales y agropecuarias, a través de programas y proyectos que contribuyan a la creación de puestos de trabajo.

Concordia: El decreto N° 5837/1991, el cual reglamenta la ley provincial N° 6260, la cual dispone -entre otros- los lineamientos de la ley en lo que hace a obligaciones como a procedimientos a que deberán adecuarse todos los establecimientos industriales a instalarse y los ya instalados en la provincia de Entre Ríos, con el fin de prevenir y controlar la contaminación ambiental.

La Paz: No cuenta con decretos o reglamentaciones más que las provinciales. De esta manera se le asignara el mayor puntaje en la matriz.

En conclusión, se le asignará el 90% del puntaje a La Paz, el 90% a Villaguay, el 80% a Concordia y el 70% a Concepción del Uruguay.

Matriz final de Microubicación

Luego de analizar todos los factores y construir la matriz de microubicación, se observa que el departamento de Concepción del Uruguay obtuvo el mayor puntaje, por lo que se determina que la locación de la planta será en este departamento.

FACTOR GENERAL	PESO	SUBFACTORES	PESO PONDERADO	LA PAZ		VILLAGUAY		CONCEPCIÓN		CONCORDIA	
				PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.	PUNTOS	CALIFIC.
MATERIA PRIMA	20	Abastecimiento	10	2	20	6	60	1	10	1	10
		Disponibilidad	6	3	18	2	12	6	36	5	30
		Logística	4	6	24	7	28	9	36	8	32
			20		62		100		82		72
SERVICIOS	15	Energía eléctrica	5	8	40	8	40	10	50	8	40
		Gas Natural	3	9	27	9	27	10	30	8	24
		Agua Potable	3	8	24	8	24	9	27	10	30
		Desagües/Drenaje	2	6	12	7	14	8	16	7	14
		Comunicación	2	3	6	8	16	9	18	9	18
			15		109		121		141		126
CONDICIONES NATURALES	10	Precipitaciones	3	7	21	8	24	9	27	7	21
		Temperatura	2	6	12	7	14	8	16	7	14
		Humedad	2	6	12	7	14	7	14	9	18
		Inundaciones	3	6	18	8	24	7	21	7	21
			10		63		76		78		74
VÍAS DE COMUNICACIÓN	10	Marítima	3	8	24	1	3	8	24	1	3
		Rutas	4	7	28	5	20	5	20	7	28
		Ferrocarril	3	1	3	8	24	8	24	9	27
			10		55		47		68		58
PARQUES INDUSTRIALES	15	Cantidad de parques	2	8	16	7	14	8	16	7	14
		Disponibilidad de lotes	4	6	24	6	24	9	36	9	36
		Transporte - Accesos	2	6	12	6	12	8	16	8	16
		Costo de los lotes	4	9	36	9	36	7	28	6	24
		Promoción Industrial	3	7	21	8	24	7	21	7	21
			15		109		110		117		111
MERCADO	15	Industrias alimenticias	8	8	64	9	72	9	72	7	56
		Industrias cosméticas	7	7	49	8	56	9	63	6	42
			15		113		128		135		98
SOCIO - CULTURAL	10	Urbanización	2	7	14	7	14	9	18	9	18
		Ciudades Cercanas	2	8	16	6	12	10	20	8	16
		Escuelas técnicas	2	6	12	6	12	9	18	9	18
		Formación profesional	3	6	18	6	18	8	24	10	30
		Niveles salariales	1	9	9	9	9	6	6	7	7
			10		69		65		86		89
MARCO LEGAL	5	Tarifas municipales	3	9	27	8	24	7	21	6	18
		Leyes y Normas	2	9	18	9	18	7	14	8	16
			5		45		42		35		34
TOTAL	100		100		625		689		742		662

Parque industrial seleccionado

Finalmente, el parque industrial seleccionado será el parque industrial Concepción del Uruguay (COMPICU).

Ubicación geográfica

El Parque Industrial de la ciudad de Concepción del Uruguay, se localiza en el cordón industrial de la costa del Río Uruguay. Su localización resulta estratégica respecto al eje del Mercosur, sobre la confluencia de la Ruta Nacional 14 (Autovía Mesopotámica) y la Ruta Prov. 39, que atraviesa transversalmente la Provincia de Entre Ríos, vía de comunicación con el Puente Rosario-Victoria.

Su posición es equidistante respecto a grandes centros de producción y consumo, como la ciudad de Buenos Aires y Conurbano bonaerense, el eje Paraná-Santa Fe y la ciudad de Rosario; y a nivel internacional con Montevideo y el Sur de Brasil.

El predio del Parque es lindero a la Zona Franca de Concepción del Uruguay, y se encuentra a 7 Km. del Puerto de Ultramar de Concepción del Uruguay, lo cual le otorga ventajas para el transporte multimodal de materias primas y productos industrializados, a nivel nacional e internacional.

Entorno productivo

El Parque Industrial se encuentra en un entramado productivo local en el que se desarrollan diversas actividades, entre las que se destacan: frigoríficos avícolas y vacunos, agroindustria (procesamiento de arroz y cereales), metalúrgica y metalmecánica, medicamentos e insumos de uso veterinario, complejos para nutrición animal, tableros melamínicos y tratamiento de madera y desarrollo de software.

Estas actividades industriales complementan y otorgan valor agregado a la producción primaria de la zona, consistente principalmente en cereales y oleaginosas, avicultura, ganado vacuno y porcino, y apicultura. Asimismo, Concepción del Uruguay cuenta con un sector comercial y de servicios acorde a las necesidades de desarrollo de estas producciones.

Infraestructura y servicios

Energía eléctrica: Existen líneas de 132 Kv, 33 Kv, y 13,2 Kv; siendo el suministro de energía ilimitado y confiable dado que la línea de 132 Kv se alimenta directamente del anillo del Sistema Interconectado argentino-uruguayo de 500 Kv originado en la

Represa de Salto Grande. En la facturación de la energía eléctrica consumida se obtienen las exenciones de los impuestos municipales y provinciales.

Gas natural: El Parque Industrial cuenta con una red troncal de distribución de gas natural que permite el acceso a la mayoría de los terrenos.

INTI: En el predio del Parque Industrial se encuentra la sede del INTI Entre Ríos, que brinda servicios analíticos, asistencia técnica, y metrología de primer nivel a las empresas radicadas en la zona.

SUM: Cuenta con sala de usos múltiples ubicada en el predio del INTI equipada para el desarrollo de capacitaciones y otras actividades que requieran las empresas radicadas.

Figura 4.32 – Parque industrial Concepción del Uruguay



Ventajas impositivas

Los radicados en el Parque gozan de exenciones impositivas del 100% para todas las tasas municipales por 10 años como mínimo, que en ciertos casos pueden llegar a 20 años.

Realizando las gestiones correspondientes ante el Registro Industrial, dependiente de la Subsecretaría de Industria de la Provincia, es posible contar con alícuota cero % en el impuesto a Ingresos Brutos – Ventas Mayoristas y beneficios de subsidios al consumo de energía eléctrica. Los costos de las parcelas son mínimos, dadas las características promocionales del Parque.

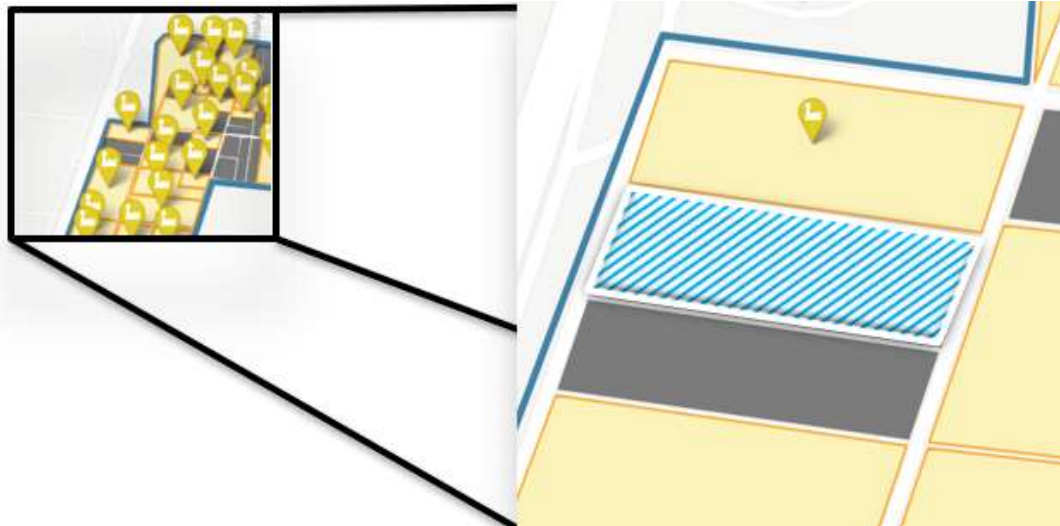
Empresas radicadas

- A.M. ROPELATO (Premoldeados de hormigón)
- ARENERA DON ANTONIO S.A. (Procesamiento de arena, hormigón y canto rodado)
- AVEC S.R.L. (Metalúrgica)*
- BIONET S.R.L. (Elaboración de coadyuvantes y fertilizantes)
- CARNES DEL LITORAL S.A. (Frigorífico bovino)
- CELINSKI HNOS. (Metalúrgica – Fabricación de prensas peletizadoras)
- COOP. APÍCOLA RÍO DE LOS PÁJAROS (Planta de extracción y fraccionamiento de Miel)
- CHICCHITTI PABLO ROBERTO (Fabricación de subproductos ganaderos)
- DYNCORP S.A. (Impregnación de postes de madera)
- EMBOLSAR S.A. (Fabricación de bolsas de polietileno)
- ENTRECOR S.A. (Fabricación de cartón corrugado y complementos)
- ERYM S.R.L. (Fabricación de implementos para minicargadoras)*
- HÉCTOR RETAMAL (Premoldeados de hormigón)
- INDUSTRIAS PLÁSTICAS R.P. (Fabricación de deflectores aerodinámicos)
- QUIMTIA (Producción de productos químicos para nutrición)
- INSUMA (Fabricación de subproductos ganaderos)
- L.P. PIETROBONI S.A. (Planta asfáltica para construcción de obras civiles y viales)
- LA SAMPEDRINA S.A. (Fabricación de láminas de cartón asfálticas)
- LAMBERT HNOS. S.H. (Fabricación de acoplados y remolques)
- LIN CAR (Fabricación de carrocerías)
- LONGUE VIE S.R.L. (Impregnación de postes de madera)
- MAGNUS LAB S.R.L. (Fabricación de productos veterinarios)
- ONNER SERVICIOS S.R.L. (Fabricación de columnas para iluminación)*
- PACLAMAR S.R.L. (Metalúrgica)
- PROYECTOS S.R.L. (Fabricación de muebles de madera)
- QUEMIDUR S.A. (Procesamiento de propóleos)*
- TERCEC S.R.L. (Fabricación de productos metálicos para uso estructural)*
- TRIMADERAS S.R.L. (Impregnación de postes de madera)
- TRIMES S.A. (Fabricación de muebles y aberturas de madera)
- YPF GAS S.A. (Fraccionamiento y comercialización de GLP)

* En proceso de radicación

Lote seleccionado

De acuerdo con el mapa provisto por el parque industrial con los lotes ocupados y disponibles, se seleccionó el siguiente lote:



Finalmente, sus medidas aproximadas son 50 metros de frente por 150 de profundidad, estableciendo una superficie aproximada de 7500 m²

Medidas Lote		
Oeste	1	50
Norte	2	150
Este	3	50
Sur	4	150
Total perímetro		400
Superficie total: 7,656.07 m ²		
Distancia total: 400.75 m		

Bibliografía

- CIPEC - Diagnóstico productivo del municipio de La Paz, Entre Ríos, Documento N° 39, 2010.
- Análisis de parques industriales de la provincia Entre Ríos, Blanc Rafael Lujan; Hegglin Daniel; Rodríguez Alejandra
- Mapa de cadenas agroalimentarias de Argentina, Agustín Lódola, Rafael Brigo y Fernando Morra
- Las escuelas técnicas secundarias en la Argentina, características institucionales y rendimiento educativo. Ministerio de Educación (<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL006360.pdf>)
- Listado de establecimientos elaboradores/importadores-exportadores de productos cosméticos y de higiene personal, Ministerio de Salud. (http://www.anmat.gov.ar/listados/Listado_laboratorios_cosmeticos_al_19-12-17.pdf)
- Ley 3190 – Provincia de Corrientes
- Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI ACTUALIZADO AL 1-04-2019, Ministerio de Producción y trabajo
- Relevamiento de Parques y Áreas Industriales, Unión de industriales de Entre Ríos (<https://uier.org.ar/wp-content/uploads/2019/09/UIER-PyAI-1.pdf>)
- Régimen de Promoción Industrial Ley 8478, Provincia de Santa Fe (<https://fecoi.org.ar/wp-content/uploads/2022/08/SANTA-FE-Re%CC%81gimen-de-Promocio%CC%81n-Industrial-Ley-8478.pdf>)
- PARQUES Y ÁREAS INDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS - UBICACIÓN GEOGRÁFICA, Secretaría de Producción de Entre Ríos
- Parques industriales Entre Ríos Total (<http://www.entrierostotal.com.ar/industria/parque-industriales.htm>)
- Mapas climáticos – Geografía infinita (<https://www.geografiainfinita.com>)
- ARSAT - (<https://www.arsat.com.ar>)
- ENARGAS

- Censo Nacional de población y vivienda, 2010
- Sueldos por provincias, TN.
(<https://tn.com.ar/economia/2022/08/15/radiografia-del-empleo-en-la-argentina-los-sectores-que-mejor-pagan-y-el-promedio-salarial-de-cada-provincia/>)
- Líneas para industrias y servicios, Gobierno de la provincia de Santa Fe
([https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/238451/\(subtema\)/234948](https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/238451/(subtema)/234948))
- Parque industrial COMPICU – (<https://produccioncdelu.wordpress.com/parque-industrial>)
- Mapa del Parque Industrial Concepción del Uruguay
(<https://www.cdeluruguay.gob.ar/produccion/mapa/?show=company>)

CAPITULO 5

Proceso

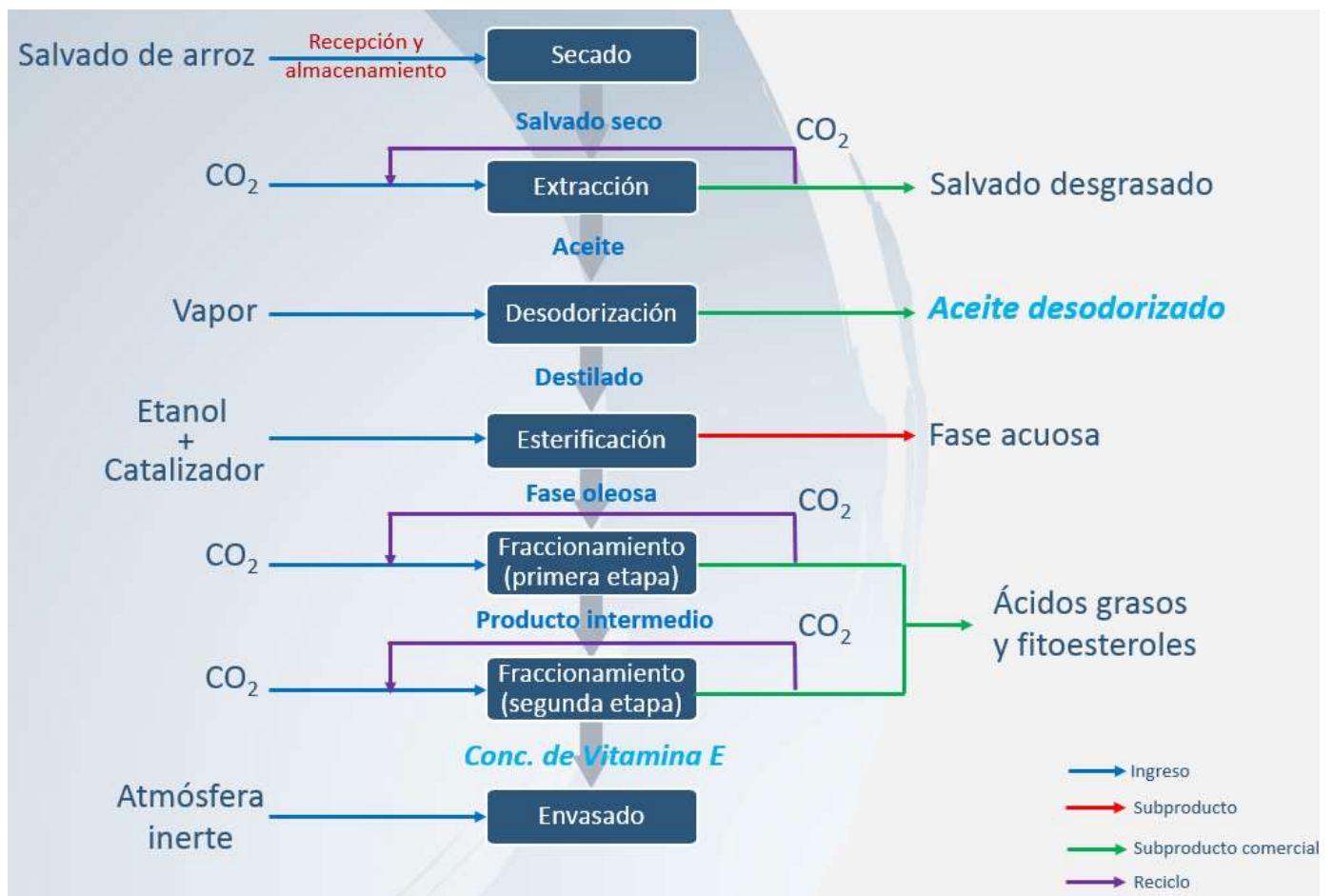
Introducción

El presente capítulo trata específicamente acerca del proceso de obtención del aceite de salvado de arroz y el concentrado de vitamina E. De esta manera, se fijarán criterios para determinar las condiciones más beneficiosas para el proyecto.

En principio, se desarrolla brevemente el método más común de extracción, para luego explicitar por qué el método de extracción mediante dióxido de carbono supercrítico ofrece mejores rendimientos, a partir del cual se establecerán las condiciones de operación óptimas para cada subproceso.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques del proceso:

Figura 5.0 – Diagrama de bloques del proceso



Métodos de extracción convencionales

Para lograr obtener el concentrado de vitamina E (tocoferoles, tocotrienoles, fitoesteroles), la principal fuente es el destilado del aceite desodorizado, considerado un subproducto del refinado de los aceites vegetales.

Esta mezcla es una composición compleja de tocoferoles y tocotrienoles, ácidos grasos libres (AGL), esteroides, aldehídos y cetonas, glicéridos y otros compuestos volátiles. La recuperación de los esteroides y tocoferoles a partir de esta mezcla compleja requiere de una serie de transformaciones físicas y químicas tales como la extracción líquido-líquido, destilación, saponificación, entre otras.

Para separar los ácidos grasos libres del destilado desodorizado se recurre normalmente a la conversión de los ésteres en alcoholes de bajo peso molecular catalizada por algún ácido. El etanol es un ejemplo de este tipo de alcoholes y el ácido clorhídrico es utilizado normalmente como catalizador. Sin embargo, posteriormente se debe realizar una neutralización y una separación de las sales formadas producto de esta reacción.

Una alternativa más moderna a esta metodología es la esterificación catalizada por enzimas, más comúnmente llamada biocatálisis. La biocatálisis se define como: “la disciplina en la cual se utilizan enzimas aisladas o células enteras, que reciben el nombre de biocatalizadores, para la transformación química de compuestos orgánicos. Los compuestos que son transformados reciben el nombre de sustratos”³⁴

Previamente a la esterificación, el destilado es normalmente saponificado y acidificado con el objetivo de eliminar los triglicéridos y obtener de esta manera una mezcla de ácidos grasos libres, tocoferoles y esteroides. Como desventaja, la utilización de cantidades importantes de álcali para hidrolizar y saponificar el destilado reduce de manera considerable la cantidad de tocoferoles y tocotrienoles extraídos, ya que estos compuestos son frágiles ante la presencia de compuestos fuertemente alcalinos.

Finalmente, luego de la esterificación, los ácidos grasos libres esterificados (considerados la fracción volátil) pueden separarse de la mezcla de tocoferoles, tocotrienoles y esteroides mediante una destilación fraccionada o al vacío.

En términos de eficiencia, la destilación presenta un mayor rendimiento que la extracción y la cristalización debido a que las condiciones fijadas (alto vacío, bajas temperaturas) mantienen estables a los tocoferoles y evitan su destrucción y/o

³⁴ Lipasas como biocatalizadores en la síntesis de derivados de ácidos biliares, fenilacéticos sustituidos y glicirretínico, María Antonela Zígolo, Universidad de Buenos Aires, 2017

degradación. La principal desventaja de este método es, principalmente, el costo de los equipos a utilizar. Por otro lado, los ácidos grasos libres esterificados también pueden separarse de los tocoferoles, tocotrienoles y esteroides mediante una cristalización. Así, estos se convierten en sales alcalinas de metales en un solvente orgánico como acetona o acetato de etilo, los cuales no disuelven a las sales formadas.

Método de extracción seleccionado

Como se mencionó en el capítulo introductorio, se utilizará dióxido de carbono en estado supercrítico para lograr la obtención de la mezcla de vitamina E y el concentrado de ácidos grasos libres y fitoesteroides. El desarrollo mediante este método, tanto de la extracción como del fraccionamiento, ha crecido sustancialmente en los últimos 20 años como alternativa a los métodos y procesos convencionales. Dado que la eficiencia de los métodos tradicionales es bastante baja dada la degradación de la vitamina E, se determina apropiado la adopción de este solvente para el proceso utilizado.

La utilización de dióxido de carbono supercrítico en el presente proyecto ofrece numerosas ventajas en la operación respecto a los métodos tradicionales, entre ellos:

- La operación se realiza a bajas temperaturas
- La operación se realiza en ausencia de oxígeno
- La vitamina E no se degrada en comparación a métodos tradicionales
- El producto final es fácilmente recuperable
- El producto final no posee residuos

Con respecto al CO₂, la utilización de este solvente es muy favorable dado que posee determinadas características, tanto físicas como económicas. Como ejemplo, se puede mencionar:

- Es un solvente no tóxico
- Es un solvente no inflamable
- No es contaminante
- Es relativamente económico
- Es fácilmente eliminable por descompresión

- Su poder solvente es manipulable variando las condiciones de P y T
- En la temperatura utilizada, no altera las propiedades del producto final

Por las razones expuestas, se elige para la extracción del aceite y su posterior fraccionamiento el uso de dióxido de carbono supercrítico. Además, se agregan operaciones auxiliares tales como una destilación al vacío por arrastre con vapor y la esterificación del destilado. Estas operaciones serán utilizadas para acondicionar tanto el salvado de arroz para la extracción, como el destilado de la desodorización del aceite para su posterior fraccionamiento.

Descripción del proceso

El proceso de producción puede detallarse en 7 etapas principales:

1. Recepción y almacenamiento del salvado de arroz
2. Secado del salvado de arroz
3. Extracción del aceite de salvado
4. Desodorización del aceite
5. Esterificación del destilado de desodorización
6. Fraccionamiento del destilado esterificado en dos etapas
7. Envasado

Recepción y almacenamiento del salvado de arroz

Como se mencionó en el capítulo relacionado a la materia prima, el salvado de arroz se deteriora rápidamente una vez separado del resto del grano. Por esta causa, la materia prima no puede almacenarse manejando un stock de seguridad, sino que debe ser procesada lo más rápido posible una vez salida del molino.

Dado que muchos molinos tratan previamente el salvado para su comercialización, se considera y adopta como criterio que:

1. La mayoría de los molinos proveedores poseen o poseerán un sistema de inactivación de lipasas por vapor. Este sistema asegura que el principio activo se mantendrá en condiciones aceptables hasta el momento de la extracción.

2. El salvado de arroz ingresa a la planta libre de impurezas inorgánicas como, por ejemplo, restos ferrosos que se hayan incorporado a la materia prima durante la molienda.

El salvado de arroz es recibido en planta a granel, en camiones tolva que poseen una capacidad de 25 toneladas. Se estima que deben ingresar diariamente 69 toneladas de salvado. Luego de realizada la descarga, se realiza el correspondiente control de calidad para verificar que la materia prima cumpla con los estándares establecidos.

Luego del control de calidad pertinente, la materia prima se dispone para su almacenaje en silos. Es importante tener en cuenta los factores climáticos que pueden afectar a la materia prima y, en consecuencia, a la calidad obtenida del producto final. Además, controlando estos parámetros se evita la proliferación de microorganismos, insectos y roedores. Los parámetros más importantes que deben ser controlados son:

- Humedad
- Temperatura

Por otro lado, el tiempo de almacenamiento es otra de las variables que se debe tener en cuenta para evitar la degradación de la materia prima.

Humedad de conservación

El control de la humedad en el ambiente es una de las variables importantes a controlar durante el almacenamiento de la materia prima, debido a que su exitosa conservación se logra al evitar el desarrollo de hongos y levaduras. Los hongos son la microflora más importante presente, las cuales se desarrollan con humedades relativas ambiente muy por debajo de las necesarias para otros microorganismos. Así, se establece que el nivel máximo de humedad relativa para almacenar de manera eficaz el salvado oscila entre un 10% y un 13% dado que a partir de 14% comienzan a desarrollarse los hongos.

Con una humedad relativa ambiente del 75% las esporas germinan, pero sin crecimiento microbiano. Normalmente, este fenómeno ocurre generalmente con una humedad relativa del 90%.

Las especies más comunes de hongos que atacan el salvado son de la familia *Aspergillus* y eventualmente de la familia *Penicillium*. Los hongos *Aspergillus* genera una familia de toxinas llamada Aflatoxinas (la cual se define como sustancias químicas producidas por cepas toxígenas de hongos, principalmente *Aspergillus Flavus* y *Aspergillus Parasiticus*) que pueden causar enfermedad y muerte tanto en animales

como en seres humanos. Por este motivo, es importante la conservación del salvado ya que las malas condiciones de almacenamiento favorecen el crecimiento de mohos por calor y humedad y pueden incrementar la contaminación a niveles muy superiores a los encontrados al momento de la cosecha.

Además, la humedad es de vital importancia para controlar los insectos. Como estos dependen del abastecimiento de agua, es decir, de la humedad del salvado, se necesita una humedad de 9% o menores para evitar su desarrollo. Por último, aunque la materia prima se almacene con valores de humedad seguros para el desarrollo microbiano (12-13%), el salvado puede recalentarse por la metabolización producida por los insectos. A causa del aumento de la temperatura, se generan migraciones de humedad que producen un aumento del contenido de agua en zonas determinadas y como consecuencia ocurre el rápido desarrollo de microorganismos.

Temperatura de conservación

El control de la temperatura es fundamental para impedir que insectos se desarrollen y ataquen la materia prima. Estos insectos, normalmente son de origen tropical por lo que pueden limitarse utilizando bajas temperaturas. El descenso de la temperatura deja inactivos a los insectos de tal forma que no se alimentan. Generalmente una temperatura menor a 10 °C restringe el crecimiento y proliferación de la mayoría de los insectos que se nutren del salvado. Todos estos controles generan más seguridad y evitan problemas no solo de insectos sino también de roedores, quienes son vectores de enfermedades, por lo que deben controlarse tanto en el ingreso de la materia prima como durante su almacenamiento.

Condiciones de almacenamiento

Por los motivos detallados previamente, se determina y adopta que las condiciones ambientales (humedad y temperatura) ideales dentro del silo para la correcta conservación y prevención de la degradación de la materia prima por factores tales como hongos y plagas, serán de 10 °C y 70% de humedad relativa, considerando que la materia prima al momento de ingresar a la planta posee una humedad en los rangos del 10% al 15% y que el molino realiza la inactivación de las lipasas mediante un procedimiento con vapor. Durante este proceso de inactivación de las lipasas, el salvado alcanza una temperatura en torno a los 93 °C y disminuye su humedad entre un 3% y un 4%. Por este tratamiento previo, estas condiciones son consideradas como menos favorables, ya que es probable que la humedad del salvado sea menor al rango establecido.

Acondicionamiento del salvado

Esta etapa previa al secado consiste en preparar la materia prima para la óptima extracción del aceite y minimizar el nivel de impurezas que este pudiera contener, tales como restos de cascara, arroz partido, etc.

Como suponemos que la materia prima ingresa libre de impurezas o bien, ingresa con una cantidad de impurezas menor o igual al 5% en peso, se desestima el uso de un tamiz para separar la fracción utilizable. De esta manera, la materia prima podría pasar directamente a la operación de secado desestimando una operación de tamizado previa.

Secado del salvado de arroz

El secado de sólidos se define como una operación unitaria que consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor que se considere bajo. En el caso particular de este proyecto, el objetivo de esta operación es lograr que la materia prima tenga una cantidad de humedad igual o menor al 5%. Para lograrlo, el secado con aire caliente es el método más adecuado por lo que se propone utilizar un secadero de lecho fluidizado con movimiento vibratorio.

Cuando el aire caliente se pone en contacto con el salvado húmedo, se eleva la temperatura en su superficie y el flujo de energía térmica es utilizado como calor latente de evaporación, por lo que el agua contenida tenderá a pasar a fase gaseosa. El vapor generado atraviesa por difusión la capa de aire que está en contacto con el salvado, para luego ser arrastrado por la corriente de aire libre formándose una zona de baja presión y generando, entre el aire y el salvado, un gradiente de presión de vapor. Este gradiente de presión de vapor es considerado la fuerza impulsora que permite eliminar el agua del sólido.

Cuando se incorpora la materia prima al secador, el primer periodo transcurrido corresponde a la estabilización del salvado que luego, más cerca de la finalización del proceso, alcanza su temperatura de bulbo húmedo. En los gráficos 5.1 y 5.2, se puede apreciar este fenómeno en el segmento AB (BA en el segundo gráfico). Se asume que durante el secado la humedad y temperatura del aire no varía. Además, la transmisión de calor a la superficie del salvado se realiza íntegramente por convección.

A continuación, comienza el secado propiamente dicho. Si el agua se mueve hacia la superficie a la misma velocidad que la evaporación se mantiene la humedad. Este periodo de transición es conocido como periodo de velocidad constante y se mantiene hasta alcanzar la humedad crítica (segmento BC), la cual se podría definir como el valor

de humedad que separa el periodo de velocidad de secado constante del periodo de velocidad de secado decreciente.

Posteriormente, el contenido de agua de la materia prima cae por debajo de la humedad crítica y la velocidad de secado se hace gradualmente más lenta acercándose a un valor nulo al alcanzar el contenido de agua en equilibrio (X_{cr} en el gráfico 5.2). Este período se denomina período de velocidad decreciente (CD en los gráficos) y determina que la velocidad a la que el agua se desplaza desde el interior del salvado hasta la superficie es menor que la velocidad de evaporación. En este momento, el salvado de arroz comienza a evaporar la humedad contenida, por lo que este tramo del secado es el de mayor duración.

Gráfico 5.1 - Curva de velocidad de secado (Strumillo y Kudra, 1986)

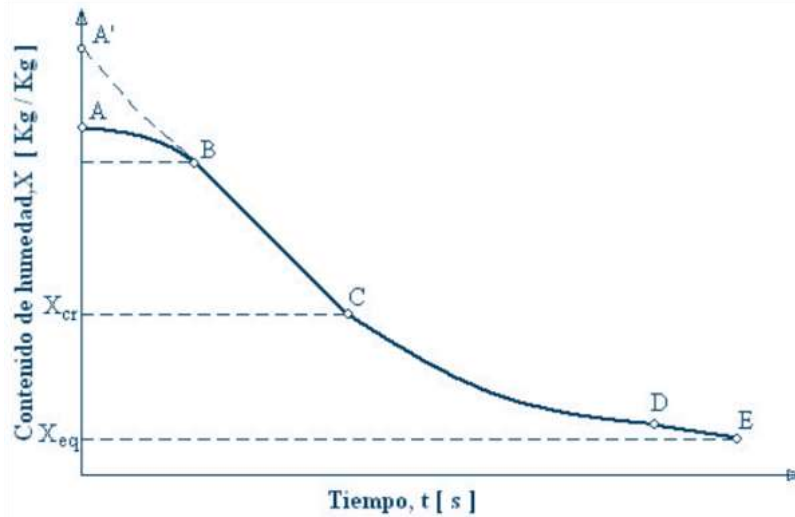
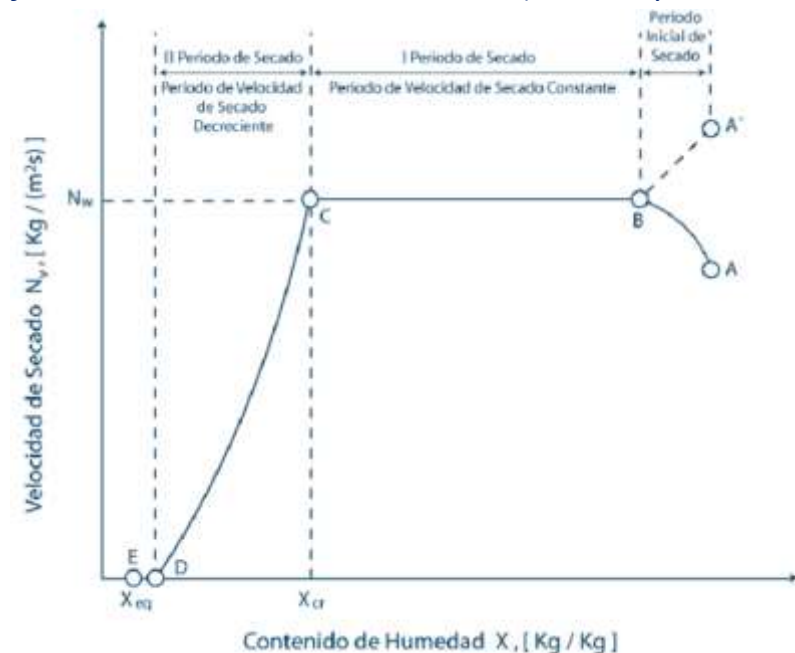


Gráfico 5.2 - Curva de velocidad de secado (Strumillo y Kudra, 1986)



La elección de un secadero que posea vibración está basada en que al utilizar un depósito estacionario parte del material no fluidizable podría caer a la base del lecho bloqueando el distribuidor de aire. De esta manera, es conveniente utilizar un secador que posea un medio mecánico de vibración. Las ventajas de utilizar este sistema son:

- Este sistema permite manejar fracciones no fluidizables. A pesar de que parte del material puede caer hacia el fondo del equipo, la vibración en la dirección del flujo hace que la materia prima se descargue por el extremo opuesto al ingreso. Otorga bajas caídas de presión.
- El efecto de la vibración, combinado con una corriente de aire de secado ascendente y frontal a través de la base perforada, otorga condiciones de procesamiento y de transporte ideales para polvos finos.
- El arrastre de partículas es prácticamente nulo.
- Los flujos de aire son relativamente uniformes y la eliminación de la humedad se da de manera gradual.
- Es un equipo de fácil mantenimiento y larga vida útil
- Diseño compacto, eficiente energéticamente.
- Se puede utilizar tanto para operaciones discontinuas como continuas.

Mecanismo de fluidización y condiciones de secado

El tipo estándar de secador vibratorio fluidizado consiste en un transportador de bandeja vibratoria donde los gases calientes de la cámara fluyen a través de los orificios dentro de la bandeja y entran en contacto con los materiales a secar.

Al ingresar el lecho de sólidos sobre la placa porosa, se hace circular aire a bajas velocidades desde el fondo de la bandeja, fluyendo ascendentemente a través del salvado que se encuentra en movimiento ayudado por el mecanismo de vibración. El área de la bandeja es lo suficientemente grande como para soportar un flujo constante de material a través del lecho, generando una baja altura de los sólidos a secar. Las vibraciones en la componente vertical ayudan en la fluidización del salvado, mientras que el componente horizontal de la vibración ayuda en el transporte de los materiales a lo largo de la bandeja.

Por otro lado, una de las ventajas del lecho fluidizado vibratorio es su baja caída de presión. Es importante tener en cuenta que, si la vibración disminuye por el aumento de la amplitud y la disminución de la frecuencia, se dará una caída de presión que tendrá

un gran impacto en la transferencia de calor y masa. En resumen, el parámetro de vibración del equipo será importante para la eficiencia del secado.

Finalmente, las condiciones que se adoptan para el proceso de secado serán las siguientes:

- La temperatura del aire ingresante debe ser igual o menor a 65 °C, esto es debido a que los tocoferoles y tocotrienoles se destruyen fácilmente por encima de este valor
- La humedad relativa del aire acondicionado estará en un rango del 5-10%

El aire por utilizar, entonces, se prepara a partir del aire a temperatura y humedad ambiente. El mismo ingresará al interior de tubos calentados con vapor. Se considerarán las condiciones ambientales promedio del departamento de Uruguay, es decir, temperatura media entre 17,5 y 18 °C y humedad relativa media de 70,5%. Estas condiciones, determinan una temperatura de bulbo húmedo de 14,7 °C.

Extracción del aceite de salvado de arroz

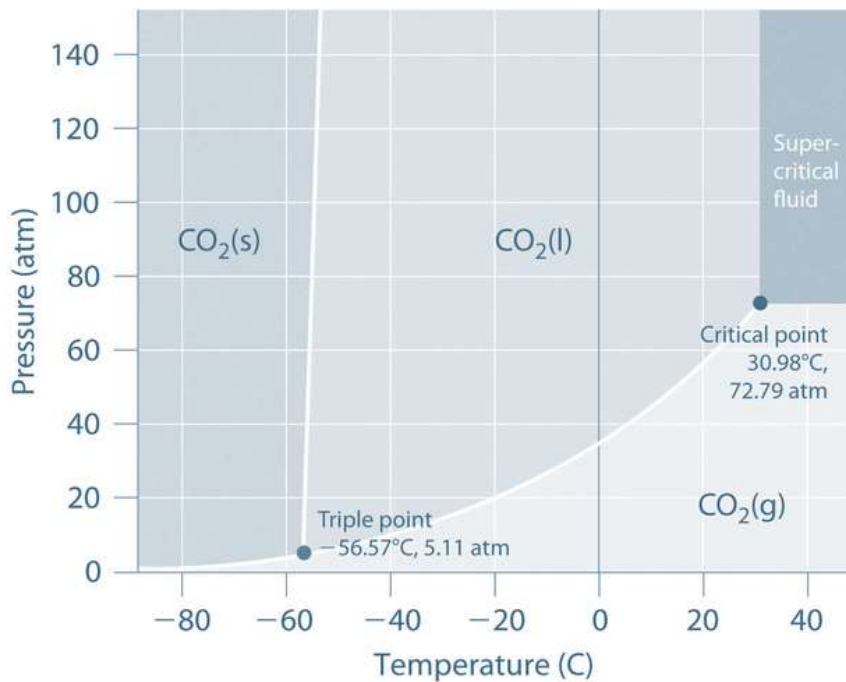
El objetivo de esta parte del proceso es extraer el aceite contenido en el salvado de arroz. La extracción se realizará con CO₂ supercrítico, el cual posee varias ventajas, entre ellas:

- No es tóxico, inflamable ni corrosivo
- Su precio accesible
- Fácil separación del extracto
- Es afín con componentes lipofílicos
- Las condiciones críticas son moderadas

Como se mencionó anteriormente, un fluido supercrítico es aquel que se encuentre en condiciones de presión y temperatura por encima del punto crítico. Este valor de temperatura, llamada temperatura crítica (T_c) puede definirse como la temperatura límite por encima de la cual un gas miscible no puede ser licuado por compresión. Por encima de esta temperatura no es posible condensar un gas aumentando la presión. Por otro lado, la presión crítica (P_c) se define como la máxima presión a la que un líquido puede ser convertido en gas mediante un aumento de la temperatura del líquido. En el gráfico siguiente, se puede observar un diagrama de fases del dióxido de carbono. Para este compuesto, los valores asociados a presión crítica y

temperatura crítica son 72.79 atm y 30.98 °C respectivamente. Para el presente proyecto se considerará $P_c = 7.37$ MPa y $T_c = 31$ °C. Estas condiciones (sobre todo en referencia a la temperatura crítica) lo convierten en un solvente adecuado para la extracción de compuestos termosensibles como los tocoferoles y tocotrienoles.

Gráfico 5.3 – Diagrama de fases correspondiente al CO_2



Al no estar delimitada por curvas de equilibrio bifásico, el paso del fluido supercrítico a fase gaseosa o líquida, o bien, el pasaje de líquidos o gases a la región supercrítica no involucra el intercambio de calor latente.

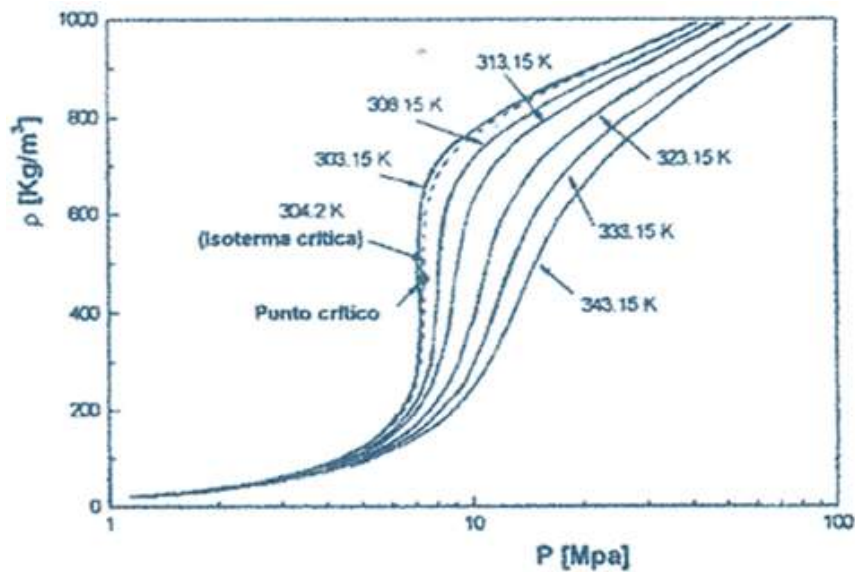
Las propiedades fisicoquímicas de los fluidos supercríticos se enlistan en la tabla 5.1 se podrían considerar intermedias en comparación a los líquidos y gases. Por otro lado, la transferencia de masa en presencia de supercríticos es veloz. Tanto las viscosidades como las difusividades son similares a las de los gases mientras que las densidades se asemejan más a la de los líquidos. La viscosidad y la difusividad aumentan con la presión. La viscosidad, a diferencia de lo que ocurre con los gases, disminuye con el aumento de la temperatura, aunque esta dependencia vale solo para la región de trabajo: $T_r > 1$ y $1 < P_r < 2$, con $T_r =$ temperatura reducida $= T/T_c$ y $P_r =$ presión reducida $= P/P_c$. El comportamiento normal indica que la viscosidad disminuye con la temperatura hasta un mínimo y que luego de este, el fluido se comporta como un gas, aumentando su viscosidad con la temperatura.

Tabla 5.1 – Densidad y propiedades de transporte del CO₂ en diferentes fases.
 Fuente: Perry, 7° edición.

State	ρ (g/cm ³)	μ (g/cm-s)	D (cm ² /s)
Gas, 1 bar	10 ⁻³	10 ⁻⁴	0.2
SCF (T_c, P_c)	0.3	10 ⁻⁴	10 ⁻³
Liquid	1	10 ⁻²	10 ⁻⁵

En cuanto a la densidad, se puede apreciar en el grafico 5.4 las importantes variaciones en la zona cercana al punto crítico y también que, lejos de este punto, posteriores aumentos de presión no conllevan necesariamente a un gran crecimiento de su densidad. Dado que esta densidad está íntimamente relacionada con su poder solvente, la posibilidad de variar estos valores mediante ajustes tanto de temperatura como de presión hace que el dióxido de carbono supercrítico pueda ser altamente selectivo. Esto quiere decir que el solvente tendrá la capacidad de disolver un soluto en mayor proporción que el resto de los componentes de la solución, por lo que este tipo de fluidos son una gran opción para extracciones, separaciones y fraccionamientos.

Gráfico 5.3 – Densidad del CO₂ vs presión

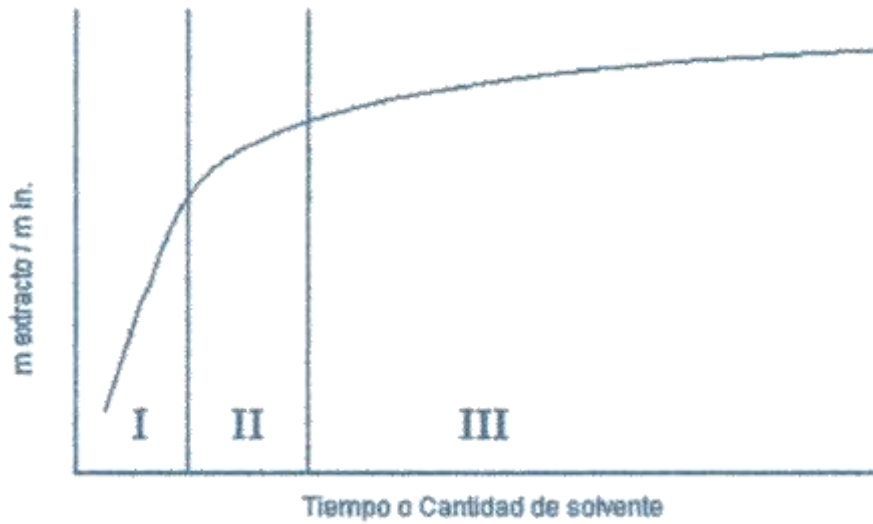


Cinética de la extracción

Las extracciones con fluidos supercríticos se pueden dividir en tres etapas (gráfico 5.4). Analizando el gráfico de rendimiento de extracción en función del solvente por gramo de salvado, se observa que en la primera etapa la velocidad de extracción es controlada por la solubilidad, indicando que el aceite libre en la superficie del sólido o cercano a la superficie es disuelto en el solvente. La segunda fase es un período transitorio controlado por la transferencia de masa. Por último, la tercera etapa el

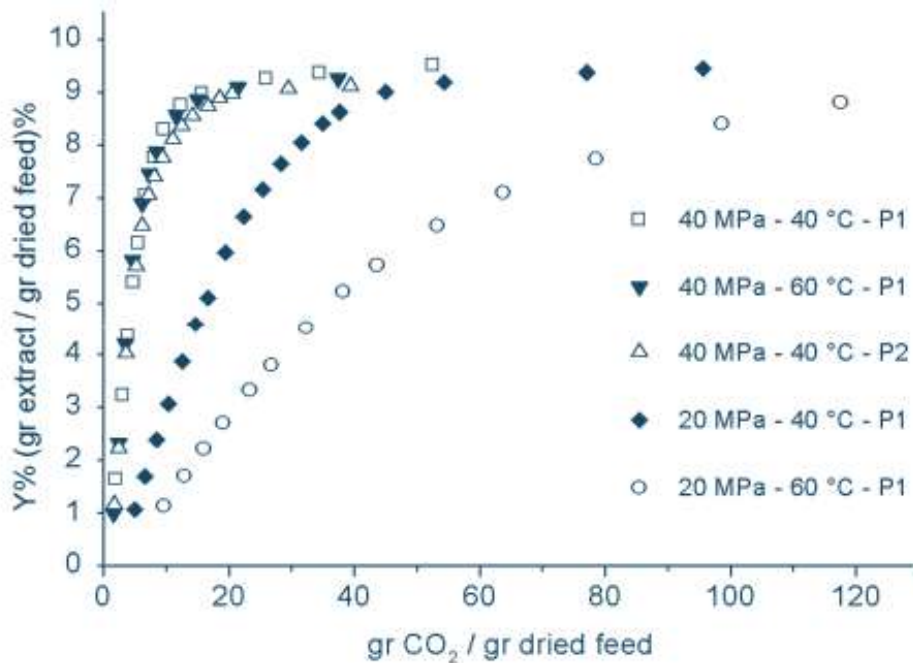
proceso es controlado por la difusión, siendo esta etapa la más lenta de todas dado que el solvente debe extraer el soluto del interior de la matriz.

Gráfico 5.4 – Extracción generalizada con fluido supercrítico



En el gráfico 5.5, se pueden observar las cinéticas de extracción en diferentes condiciones de presión y temperatura correspondientes al CO₂.

Gráfico 5.5 – Cinética de extracción con CO₂ supercrítico en diferentes estados de P y T



Parámetros intervinientes de la extracción

Los parámetros intervinientes en la extracción con fluido supercrítico son los siguientes:

- Granulometría del sólido
- Contenido de humedad
- Solubilidad del soluto en CO₂ supercrítico
- Presión y temperatura de extracción
- Presión y temperatura de separación
- Caudal del solvente

Granulometría del salvado

Se analiza la influencia de la granulometría del salvado de arroz para el proceso de obtención del aceite. En este caso, según diferentes estudios³⁵, el tamaño de partícula del salvado oscila entre 0.20 y 0.28 mm y el rendimiento máximo del proceso se da en 0.25 mm. Sin embargo, más de la mitad de las partículas poseen una granulometría alrededor de 0.75 mm. A pesar de esto, los rendimientos obtenidos con partículas visiblemente mayores al valor óptimo arrojaron rendimientos 1% menores al de las partículas óptimas. De esta manera, se desestima la instalación de un molino para reducir el tamaño del salvado al tamaño ideal.

Contenido de humedad

El contenido de humedad del salvado es importante cuando lo relacionamos con el rendimiento de la extracción. A pesar de que la cinética no se ve afectada, es una variable para tener en cuenta dado que al extraer el aceite también se estaría extrayendo agua por lo que, consecuentemente, la cantidad de aceite extraído por unidad de masa de CO₂ sería menor. Es decir, si bien obtendríamos mayor cantidad de extracto esto sería a causa de la elevada cantidad de agua.

De esta manera, se define para la extracción del aceite que la matriz vegetal debe contener 5% p/p o menos de humedad base seca.

³⁵ Supercritical fluid extraction (SFE) of rice bran oil to obtain fractions enriched with tocopherols and tocotrienols, C. M. P. Sarmento, S. R. S. Ferreira and H. Hense

Solubilidad

La solubilidad de los componentes grasos en CO₂ supercrítico depende de distintos factores. Si bien las ecuaciones de estado son importantes para determinar solubilidades de solutos en solventes supercríticos, esta aproximación no es fácil de aplicar ya que requiere la evaluación de parámetros críticos del soluto y parámetros de interacción soluto-solvente además de que se debe recurrir a datos experimentales de equilibrio. De esta manera, para relacionar la solubilidad con condiciones de operación se suelen utilizar modelos y correlaciones. Entre las más utilizadas están las correlaciones de Chrastil (1982), del Valle y Aguilera (1988) y Adachi y Lu (1983).

Para el caso del aceite de salvado de arroz, las diferencias de polaridad y las interacciones entre las distintas moléculas involucradas influyen en la solubilidad independientemente de que posean presiones de vapor y pesos moleculares similares.

Solubilidad del aceite de salvado de arroz

Para los aceites vegetales, la solubilidad puede predecirse según distintos modelos matemáticos. Para el presente proyecto, se utiliza la solubilidad definida en el libro Functional Food Ingredients and Nutraceuticals Processing Technologies de John Shi, Ph.D. La fórmula correspondiente al modelo es:

$$c = \rho_f^{10.724} \exp\left(-18708/T + 40.361 + 2186840/T^2\right) \pm 2.7$$

Siendo:

c = solubilidad, [kg/m³]

ρ = densidad del CO₂ puro, [kg/L] o [kg/dm³]

T = temperatura, [K]

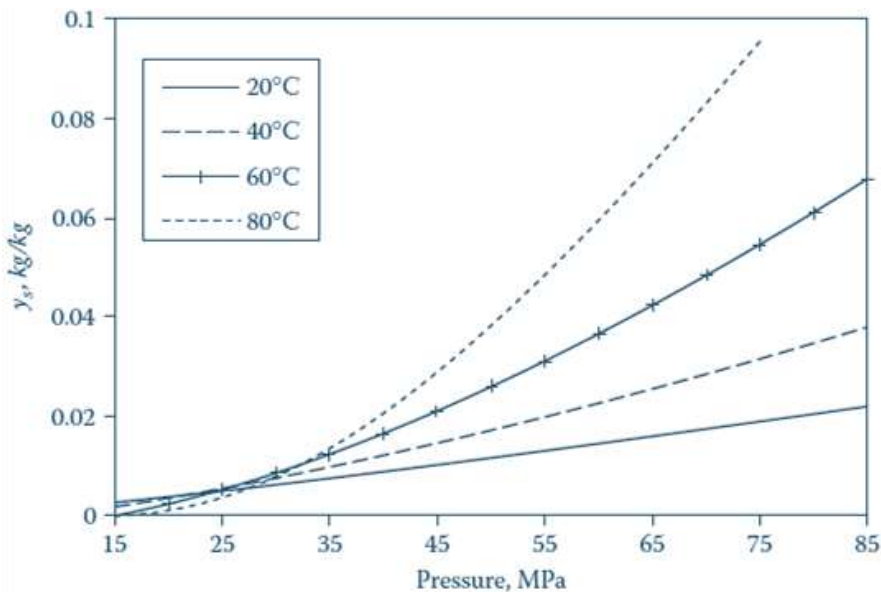
Esta ecuación se ha utilizado con éxito a muchos aceites vegetales ricos en ácidos grasos libres (como lo es el aceite de salvado de arroz) y está basada en datos de solubilidad para aceite de soja, aceite de girasol, aceite de semillas de algodón y aceite de maíz y fue validada para temperaturas que oscilan entre 20 °C y 80 °C, presiones entre 15 y 89 MPa y solubilidades por debajo de 100 kg/m³.

En el gráfico 5.6 se representan varias isotermas de solubilidad en términos de fracción de masa de soluto respecto del solvente ($y_s = c/\rho_f$) calculadas de acuerdo con la ecuación previamente expuesta. Así, puede observarse que la solubilidad aumenta junto con la densidad del solvente y que también, a densidad constante del solvente, también aumenta junto con el aumento de temperatura. A bajas presiones, se da una región de

cruce (crossover) donde los valores de solubilidad disminuyen a presión constante con el aumento de la temperatura. Este fenómeno es el resultado de una caída rápida en la densidad del solvente al aumentar la temperatura cerca del punto crítico y debe tenerse en cuenta para seleccionar las condiciones operativas del proceso de extracción.

Para el rango de temperaturas de 40 a 80 °C, la región de cruce para el aceite de salvado de arroz se encuentra entre 30 MPa y 35 MPa, evidenciando un comportamiento similar al de otros aceites vegetales.

Gráfico 5.6 – Solubilidad aparente del aceite de salvado en CO₂ supercrítico



Solubilidad de tocoferoles y tocotrienoles

Dado que los tocoferoles y tocotrienoles poseen características similares (similares pesos moleculares y propiedades físicas y químicas similares), se deduce que el comportamiento de ambos será similar. Se utilizará un modelo matemático para determinar la solubilidad del α -tocoferol que luego se hará extensivo a todos los tocoferoles y tocotrienoles.

Como se mencionó previamente, el modelo de Chrastil es uno de los más utilizados para la determinación de solubilidad de sólidos y líquidos en fluidos supercríticos. Está basado en la formación de un complejo solvato entre las moléculas de soluto y solvente y establece una correlación lineal entre el logaritmo de la solubilidad y el logaritmo de la densidad, expresada de la siguiente manera:

$$\ln c = k \cdot \ln d + \frac{a}{T} + b$$

Donde:

c = solubilidad del soluto en el solvente supercrítico, [g/L]

d = densidad del solvente puro, [g/L]

k = número de asociación, número de moléculas en el complejo solvato

a = parámetro que depende del calor de reacción

b = parámetro dependiente del peso molecular del soluto y el solvente

El parámetro k (número de asociación) es la pendiente de la isoterma de solubilidad. Este parámetro muestra la dependencia de la solubilidad con la densidad. Por otro lado, el parámetro a mide la dependencia de la solubilidad con la temperatura a densidad constante (es la pendiente del gráfico $\ln c$ vs. $1/T$). Si la temperatura se mantiene constante, la ecuación anterior puede escribirse:

$$\ln c = k' \cdot \ln d + b'$$

Se presentan dos tablas con distinta información. En la tabla 5.2 se muestran los parámetros empíricos a , b y k para el α -tocoferol. Estos parámetros tienen validez para cualquier valor de temperatura. Por otro lado, en la tabla 5.3, se presentan los parámetros k' y b' para distintas temperaturas. Por último, se exhibe el comportamiento de solubilidad del α -tocoferol en el gráfico 5.7.

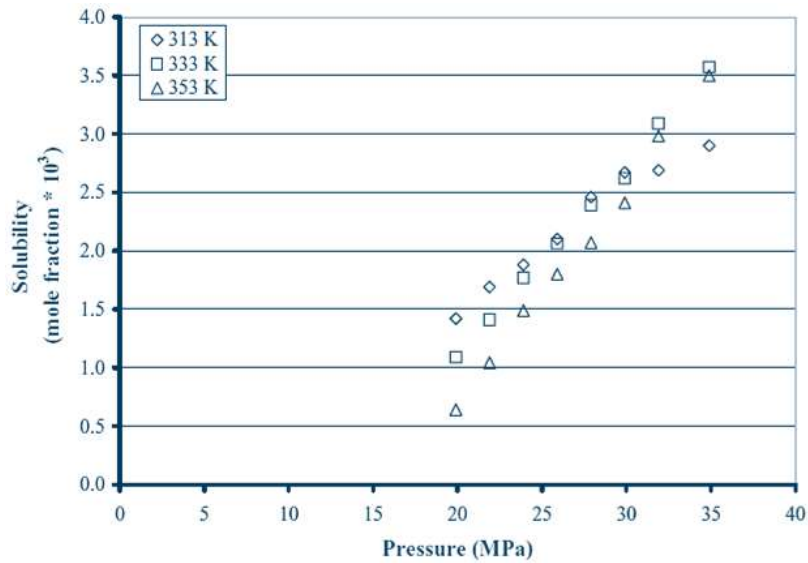
Tabla 5.2 – Solubilidad del α -tocoferol. Parámetros.

Solute	$k \pm$ standard error	$a \pm$ standard error	$b \pm$ standard error	R^2
α -Tocopherol	5.7 ± 0.3	-3687.4 ± 381.6	-24.2 ± 1.6	0.8102

Tabla 5.3 – Solubilidad del α -tocoferol. Parámetros a distintas temperaturas.

Solute	T (K)	$k' \pm$ standard error	$b' \pm$ standard error	R^2
α -Tocopherol	306	7.0 ± 0.7	-45.4 ± 4.9	0.9320
α -Tocopherol	313	8.9 ± 0.6	-58.0 ± 3.7	0.8508
α -Tocopherol	323	4.5 ± 0.5	-27.8 ± 3.0	0.8686
α -Tocopherol	333	5.0 ± 0.4	-31.3 ± 2.6	0.8600
α -Tocopherol	343	9.6 ± 1.9	-61.3 ± 12.9	0.9254
α -Tocopherol	353	5.6 ± 0.4	-34.1 ± 2.6	0.9460

Gráfico 5.7 – Solubilidad del α -tocoferol. Isotermas.



Presión y temperatura de extracción

Se presentan los gráficos correspondientes a las curvas de extracción y porcentajes de recuperación para la mezcla de Vitamina E (tanto para tocoferoles como para tocotrienoles) y para el aceite en distintas condiciones de operación.

En el grafico 5.8 se observa la curva de extracción para una presión y temperatura de extracción de 25 MPa y 40 °C, mientras que en el grafico 5.9 la curva es la correspondiente a la presión y temperatura de extracción de 25 MPa y 80 °C.

Analizando estos gráficos, se puede observar que es posible lograr una recuperación del 60 % de la vitamina E y del 90% del aceite disponible para la primera condición, mientras que para la segunda situación se podría recuperar hasta el 70% de la vitamina E y 90% del total de aceite.

Gráfico 5.8 – Extracción a 25 MPa y 40 °C

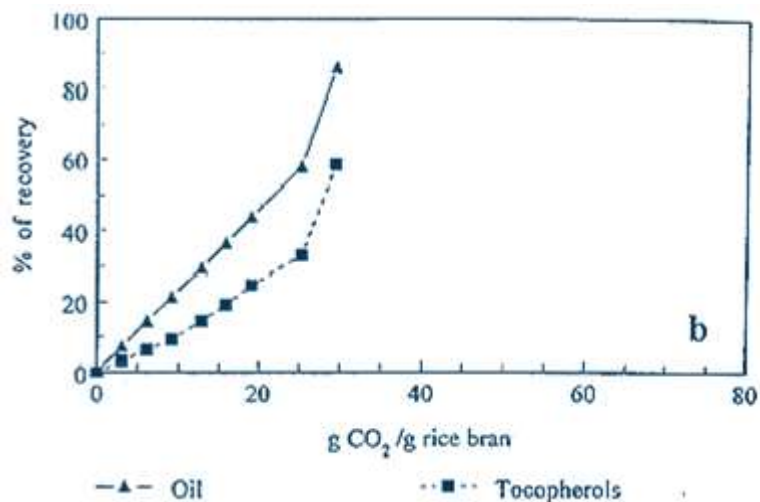
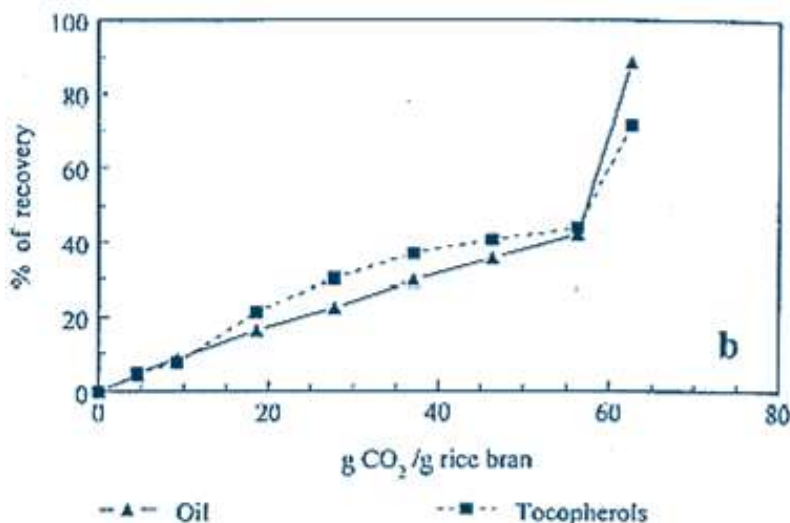
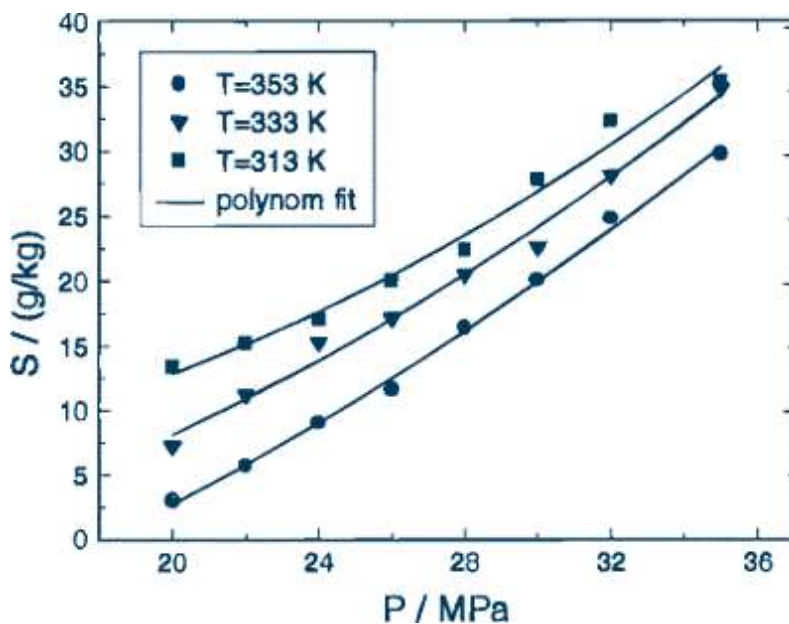


Gráfico 5.9 – Extracción a 25 MPa y 80 °C



Diferentes estudios han propuesto distintas condiciones de presión y temperatura para una óptima extracción, pero se puede concluir que la mayoría de ellos adopta un rango de temperaturas entre 40 y 80 °C y que la presión varía entre 20 y 30 MPa. Dado que tenemos los gráficos de porcentaje de recuperación de aceite y vitamina E, se adopta para la extracción 80 °C y 25 MPa. Por otro lado, según puede apreciarse en el gráfico 5.10, la solubilidad de tocoferoles y tocotrienoles bajo estas condiciones es de 16 g/kg. Finalmente, se considerará que la extracción llegó a su fin cuando se alcance una relación g CO₂/g salvado de arroz de 60. Cuando la relación g solvente/g salvado de arroz alcanza el valor de 60, se modifica la presión a 70 MPa para facilitar la recuperación de todo el aceite, dado que en ese punto empieza a dificultarse la extracción.

Gráfico 5.10 – Solubilidad de tocoferoles a 25 MPa y 80 °C



Presión y temperatura de separación

En este caso, la ventaja de la técnica utilizada es que al disminuir la presión del CO₂ por debajo de la presión crítica se produce la rápida separación del solvente. La presión fijada para que se evapore todo el solvente es de 6 MPa. Esto sucede porque el CO₂ pasa a fase gaseosa perdiendo toda capacidad de retener el producto.

Caudal del solvente

Para que el caudal de solvente controle la velocidad de extracción, el factor de resistencia debe estar dado por las condiciones de equilibrio externas, es decir, por la solubilidad del extracto en el CO₂. En este caso, como el control viene dado por la resistencia interna a la transferencia de masa, el caudal de solvente no tiene una influencia apreciable sobre la velocidad de extracción.

Funcionamiento de la extracción

Durante el proceso de extracción el solvente puede ser reciclado y reutilizado. Para lograrlo, existen dos posibles configuraciones:

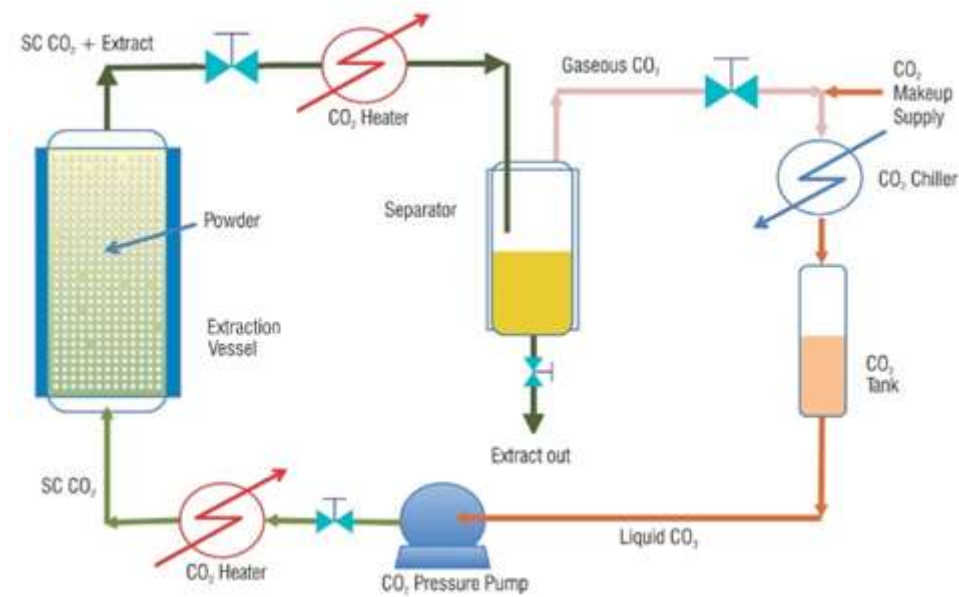
- Reciclo con solvente líquido
- Reciclo con solvente gaseoso

A continuación, se compararán ambos ciclos y se seleccionará el más conveniente para este proyecto.

Ciclo de recirculación líquida utilizando una bomba

En la figura 5.1 se presenta un esquema frecuente de este ciclo. El mismo consta de cuatro etapas principales, las cuales son:

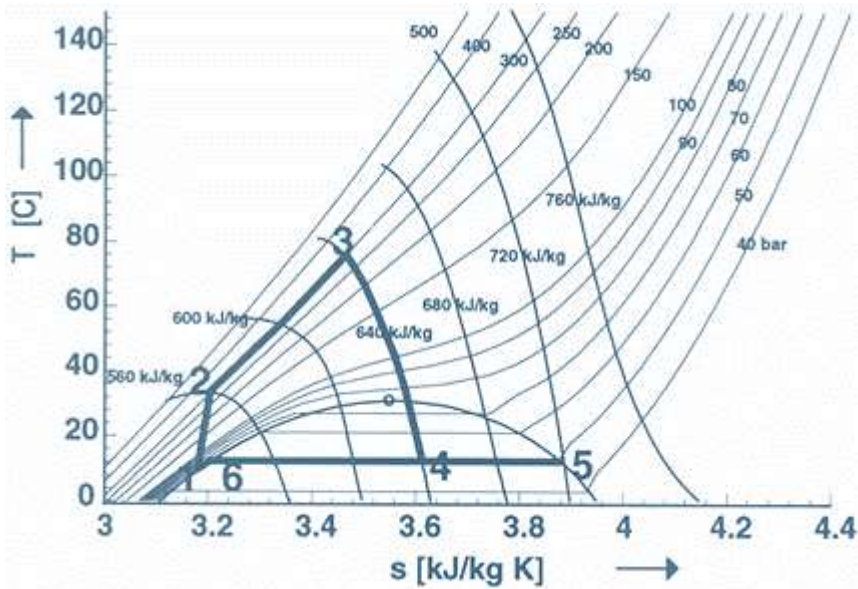
1. Extracción
2. Expansión
3. Separación
4. Acondicionamiento del solvente

Figura 5.1 – Diagrama del proceso utilizando una bomba

Por otro lado, los cuatro componentes necesarios para la extracción son el extractor donde el salvado acondicionado es contenido, válvulas, un separador de donde se obtiene el extracto y una bomba. Además, este proceso cuenta con equipos adicionales como intercambiadores de calor y un tanque pulmón para el CO₂.

Durante este proceso, el CO₂ es tomado desde un tanque pulmón y luego es comprimido mediante una bomba de diafragma. Posteriormente, el solvente es calentado en un intercambiador de calor hasta lograr las condiciones supercríticas requeridas para la extracción. Luego, el CO₂ ingresa al extractor donde se encuentra alojado el salvado de arroz. El solvente retiene los componentes de interés y la mezcla soluto-solvente es descomprimida en una válvula reductora de presión hasta la presión de separación y finalmente un intercambiador de calor completa la evaporación del solvente. De esta manera, el extracto es recuperado y el solvente se condensa mediante otro intercambiador de calor para luego acumularse en el tanque pulmón y ser recirculado. En el gráfico 5.11 queda representado este ciclo, donde el área delimitada representa el trabajo termodinámico necesario para la recirculación del solvente.

Gráfico 5.11 – Ciclo utilizando una bomba

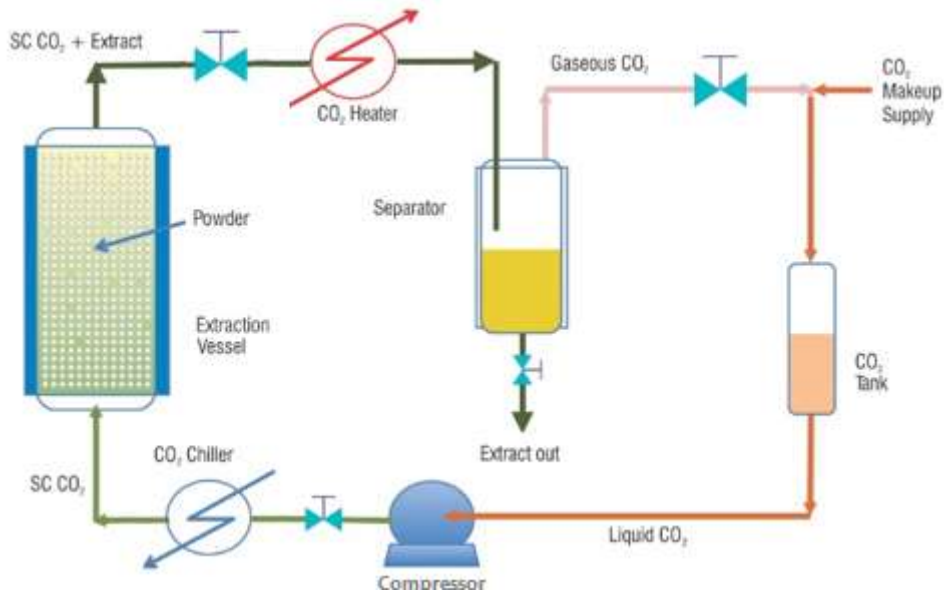


En el tramo 1-2, que representa el paso del solvente a través de la bomba, el fluido se comprime prácticamente de manera isoentrópicamente hasta lograr la presión de extracción, aumentando su temperatura. Luego de calentarse en el intercambiador de calor, se llega al punto 3 donde se alcanzan las condiciones para lograr la extracción. Luego de la extracción la mezcla se descomprime adiabáticamente y por el efecto Joule-Thompson la temperatura desciende hasta el punto 4 donde ocurre una evaporación parcial del solvente. Finalmente, la evaporación se completa en el punto 5, es decir, en el separador. Por último, en el tramo 5-6 se enfría el solvente para condensarlo y poder utilizarlo nuevamente en el ciclo.

Ciclo de recirculación líquida utilizando un compresor

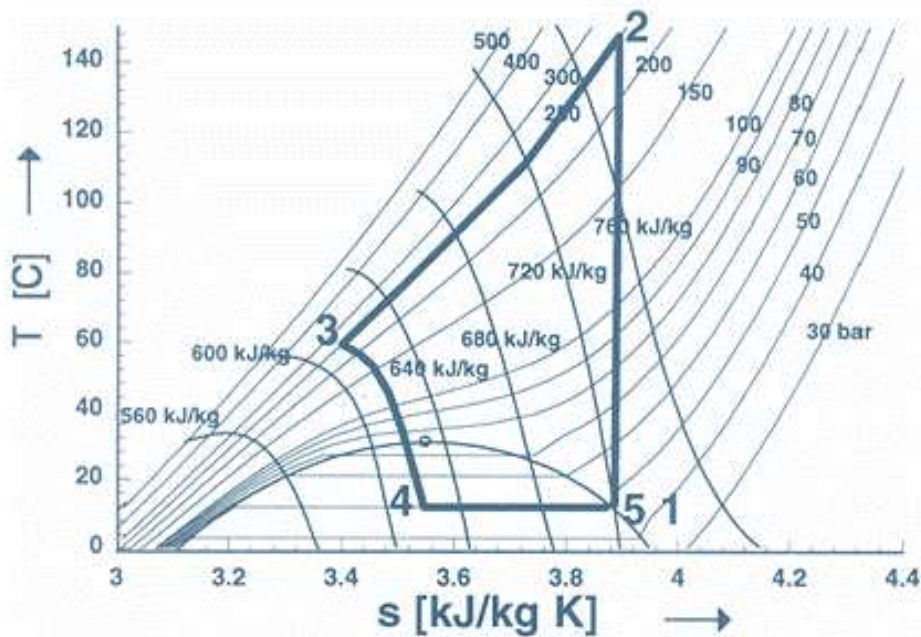
En la figura 5.2 se presenta un esquema de este ciclo. La principal diferencia respecto a la utilización de la bomba es que el aumento de presión del CO₂ hasta las condiciones de extracción se realiza mediante un compresor que comprime CO₂ en estado gaseoso a diferencia del estado líquido, correspondiente a la utilización de una bomba.

Figura 5.2 – Diagrama del proceso utilizando un compresor



Según el ciclo presentado en el gráfico 5.12, en el tramo 1-2 el fluido se comprime isoentrópicamente hasta lograr la presión de extracción. Entre 2 y 3, pasa por un intercambiador de calor que disminuye su temperatura para lograr las condiciones de extracción. Luego de la extracción, la mezcla se descomprime adiabáticamente y por el efecto Joule-Thomson su temperatura disminuye hasta el punto 4 logrando la evaporación parcial del solvente. La evaporación se completa en el punto 5, que representa las condiciones del separador.

Gráfico 5.12 – Ciclo utilizando un compresor



Comparación entre compresor y bomba

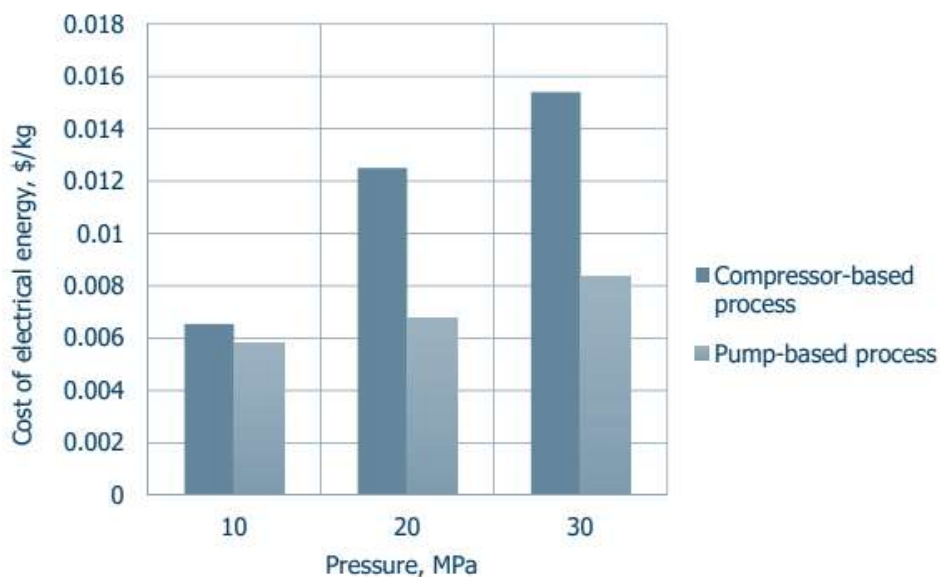
Dado que el proceso puede ser planteado de dos maneras distintas, se procede a armar una tabla comparativa (tabla 5.4) entre la bomba y el compresor:

Tabla 5.4 – Comparativa entre bomba y compresor

	Ventajas	Desventajas
Bomba	Menor costo de inversion	Se necesita un intercambiador de calor adicional
	Adecuado control de flujo masico	Consumo adicional de energia para bajas presiones
	Menor consumo de energia en presiones superiores a 30 MPa	-
Compresor	Se necesita un intercambiador de calor menos	Dificultad en el control del caudal
	Bajo consumo de energia para calentar el fluido	Elevado consumo de energia

Si se tiene en cuenta que la presión de extracción para el proceso será menor a 30 MPa, el uso de una bomba generará un mayor gasto energético. Por otro lado, en términos de costos, normalmente la utilización de una bomba genera un menor costo de energía eléctrica, el cual se puede apreciar en el grafico 5.13. Por último, dado que el control del flujo másico del solvente es sumamente importante para obtener buenos rendimientos de extracción y teniendo en cuenta el menor costo de inversión inicial, se opta por utilizar una bomba.

Gráfico 5.13 – Comparativa entre presiones y costo de energía



Desodorización del aceite de salvado de arroz

Dado que la concentración de tocoferoles y tocotrienoles en el aceite crudo extraído es menor al valor propuesto, un fraccionamiento con CO₂ no permitiría elevar su concentración hasta el valor propuesto de 30%. Para evitar esto, se incluye en el proceso una etapa de refinamiento que aumenta estas concentraciones y así asegurar que el fraccionamiento dará un producto final que cumpla con la concentración especificada.

De esta manera, se incorpora una etapa de desodorización del aceite a través de una destilación al vacío con arrastre de vapor. Durante la desodorización o el refinado físico, se eliminan los compuestos volátiles del aceite tales como los tocoferoles y tocotrienoles, mediante la combinación de altas temperaturas, bajas presiones y arrastre con vapor. El grado de eliminación depende de las propiedades físicas de los componentes y de la temperatura y volumen de vapor que se hace pasar a través del aceite. Algunas pérdidas físicas son muy convenientes, como la eliminación de los malos olores, plaguicidas y compuestos aromáticos policíclicos pero las pérdidas de compuestos con valor nutritivo, como tocoferoles y esteroides, son potencialmente indeseables.

Es inevitable que se produzcan algunas pérdidas por evaporación de tocoferoles y esteroides durante la desodorización y refinado físico a alta temperatura. Sin embargo, si se eligen bien las condiciones de elaboración, las pérdidas de tocoferoles y esteroides no tienen por qué ser severas.

Fundamento del arrastre con vapor

La destilación por arrastre con vapor es una técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla, como resinas o sales inorgánicas, u otros compuestos orgánicos no arrastrables. En general, esta técnica se utiliza cuando los compuestos cumplen con las condiciones de ser volátiles, inmiscibles en agua, tener presión de vapor baja y punto de ebullición alto.

Como las moléculas de agua y aceite no presentan afinidad mutua, la presión de vapor de cualquiera de los componentes no puede ser modificada por la presencia del otro. Cuando la suma de las presiones es igual a la presión total, la mezcla entra en ebullición. Mientras los dos líquidos estén presentes, la mezcla estará en ebullición a igual temperatura y producirá un vapor de composición constante, la cual podrá calcularse aplicando la ley de las presiones parciales:

$$p_A + p_B = p_T$$

$$y = p_A/p_T$$

Donde:

p_A = presión parcial del compuesto A (aceite) a la temperatura del sistema

p_B = presión parcial del compuesto B (agua) a la temperatura del sistema

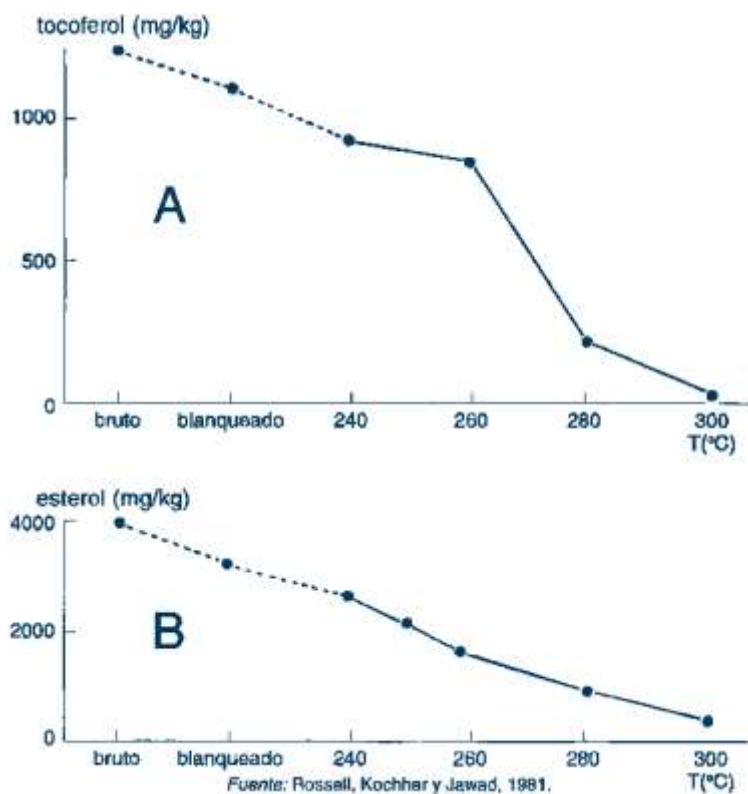
p_T = presión total

y = fracción del compuesto A en la mezcla de vapor destilado

De esta manera, en los equipos para la desodorización nos encontraremos con una fase líquida (el aceite) la cual se mantendrá a temperatura y volumen constante y se pondrá en contacto con un vapor. Como el volumen que el vapor ocupa es mucho más grande que la fase líquida, es importante distribuir el líquido uniformemente para lograr el mayor contacto entre las fases.

Condiciones de operación

La desodorización es una operación normalmente utilizada en el refinamiento de aceites. Esta operación es, fundamentalmente, un proceso de destilación con vapor que se lleva a cabo a bajas presiones (comúnmente menores a 10 mm Hg, pero para el caso de este proyecto presiones entre 5 y 6 mm Hg) y elevadas temperaturas (180-240 °C). El objetivo primario es eliminar del aceite crudo los compuestos volátiles tales como aldehídos y cetonas. Dado que el presente proyecto no busca obtener un aceite de alta calidad para el rubro gastronómico, sino que se busca concentrar el destilado que contiene la vitamina E, se somete al aceite crudo a una temperatura de 300 °C durante 2 horas. De esta manera, si bien existe una pérdida física inevitable, se logra una recuperación del 95% (gramos de vitamina E en el destilado/gramos de vitamina E de aceite bruto) de los tocoferoles presentes en el aceite. En otras condiciones, como por ejemplo 240 °C y 2 horas, solo se logra una recuperación del 20%. En el gráfico 5.14 se observa la recuperación de tocoferoles para el aceite de soja.

Gráfico 5.14 – Desodorización - Eliminación de tocoferol y esterol en aceite de soja

Composición del destilado

Luego de obtenerse el destilado, se analiza su composición. Principalmente, el destilado está compuesto por esteroides (el cual contiene los tocoferoles, tocotrienoles y fitoesteroides) y ácidos grasos libres. También, se considera que el aceite crudo está libre de pesticidas organoclorados ya que de lo contrario estos aparecerían en el producto final.

En la tabla 5.5 se muestra la composición teórica del destilado (es teórica porque fue obtenida de bibliografía y se considera que el destilado tiene esteroides y ácidos grasos libres). Para estimar la cantidad de cada componente se consideró que se la recuperación en la extracción es del 70% en la extracción y 95% en la destilación por arrastre con vapor. Por último, la tabla 5.6 presenta un resumen porcentual del destilado.

Tabla 5.5 – Composición del destilado de la desodorización

Componente	Cantidad
Tocoferoles, mg	191,30
α-tocoferol	56,3
β-tocoferol	8,3
γ-tocoferol	60,9
δ-tocoferol	65,8
Tocotrienoles, mg	150,80
α-tocotrienol	15,10
γ-tocotrienol, mg	121,1
δ-tocotrienol, mg	14,6
Fitoesteroles, g	0,60
γ-orizanol, mg	150,25
Tocoferoles/tocotrienoles, mg	49,48
β-sitosterol, mg	300,52
Stigmasterol, mg	54,09
Campesterol, mg	46,67
Ácidos grasos libres, g	0,84
Linoleico, mg	252,00
Oleico, mg	294,00
Palmítico, mg	294,00
Total, mg	1782,10

Tabla 5.6 – Composición porcentual del destilado

Componente	Cantidad (%)
Vitamina E	19,19
Fitoesteroles, g	33,67
Ácidos grasos libres, g	47,14
Total	100

Descripción del proceso

El aceite obtenido durante la extracción ingresa a un precalentador mediante una bomba de alimentación y alcanza una temperatura entre 90 y 100 °C. Posteriormente, la mezcla ingresa a la torre de destilación y es vaporizada mientras el vapor de agua efectúa el arrastre de los componentes de interés. La temperatura de la torre es regulada mediante un encamisado por el que circula vapor.

Por otro lado, el vapor generado dentro de la torre es conducido hasta el condensador logrando el enfriamiento con agua. Debido a que toda la línea trabaja con un alto vacío (6 mm Hg), es necesario disponer de un separador de gotas a la salida del

condensador ya que el vapor del soluto que condensa tiende a formar una fina niebla que en caso de no ser retenida pasa al equipo de vacío, afectando el rendimiento de la operación. En el separador, el agua y el destilado se separan por efecto de la gravedad debido a la diferencia de densidades y luego de transcurrido el tiempo necesario para lograr la separación de las fases los componentes de interés se extraen por gravedad. El agua finalmente se bombea hacia la sección de efluentes.

Esterificación del destilado

Se define a la esterificación como el proceso de combinar un ácido carboxílico (RCOOH) con un alcohol (ROH) para formar un éster (RCOOR) y agua. También puede definirse como una reacción química que da como resultado la formación de esteres en al menos un producto. En el destilado de la desodorización, existen ácidos grasos libres los cuales poseen valores de solubilidad en CO₂ supercríticos similares a la mezcla de tocoles. Estos valores de solubilidad deben ser modificados para mejorar la separación de los componentes en el paso posterior, ya que la mayor volatilidad de los ácidos grasos esterificados concentra los tocoferoles en el material remanente de la columna de fraccionamiento.

La reacción de esterificación entonces es:



Esta reacción, al ser endotérmica, requiere de calentamiento y agitación durante su desarrollo. La reacción finaliza cuando llega al equilibrio. Luego de cierto tiempo, se debe llevar a cabo una operación de separación para obtener una fase acuosa (la cual contiene al etanol remanente) y una fase oleosa que contiene al destilado esterificado.

Se utiliza ácido sulfúrico para catalizar la reacción. La utilización de otro ácido fuerte (como por ejemplo el ácido nítrico) produce pequeñas cantidades de nitroglicerina el cual es altamente explosivo. La pureza del ácido sulfúrico y del etanol deben ser al menos 95% y 99.5% respectivamente ya que el destilado debe estar ausente de agua. De lo contrario, la reacción no se desarrolla completamente. Por último, como norma de seguridad, el etanol y el ácido sulfúrico no deben mezclarse antes de ingresar al reactor dada la violenta reacción entre ellos, además de existir la posibilidad de formar dietiléter, el cual es un gas incoloro y explosivo.

Condiciones de operación

Las condiciones óptimas de operación para obtener las tasas de conversión más altas de ácidos grasos libres en ésteres, manteniendo los tocoferoles son:

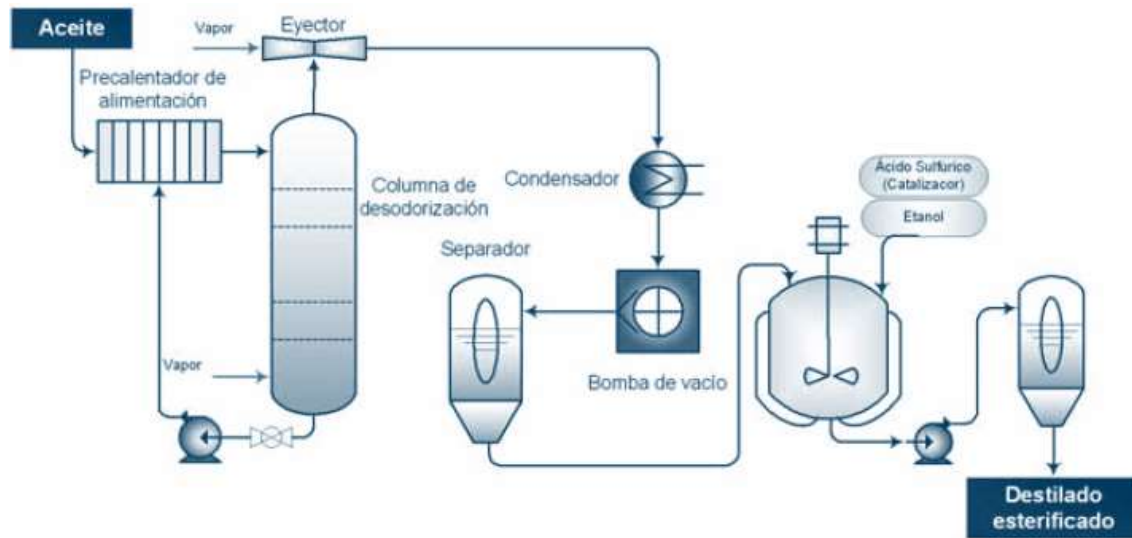
- Relación molar etanol/ácidos grasos entre 6.5 y 11 a 1
- Catalizador (ácido sulfúrico): entre 0,5% y 1% (en peso)
- Tiempo de reacción: entre 1.5 y 2.5 h. Se adopta 2 horas como tiempo de reacción.

En estas condiciones, se obtienen tasas de conversión mayores que 95% y no se observan pérdidas significativas de tocoferoles durante el proceso

Para el presente proyecto, se adopta una relación molar etanol/ácidos grasos de 8, una concentración de catalizador en peso de 1% y un tiempo de reacción de 2 horas. La temperatura de reacción deberá estar en el rango de los 65-70 °C y la agitación no deberá superar las 500-600 rpm.

Funcionamiento del proceso

Esta reacción se llevará a cabo en un reactor batch. El destilado ingresará al reactor y se calentará hasta la temperatura de reacción. Cuando alcance esta temperatura, se agrega etanol y se agita durante cinco minutos. La reacción entre el etanol (sustancia polar) y el destilado (no polar) produce una emulsión, la cual se vislumbra por la turbidez de la mezcla. En ese momento se agrega el ácido sulfúrico para catalizar la reacción y se mantiene la agitación y el calentamiento hasta alcanzar la mitad del tiempo de reacción. Posteriormente se continúa con la agitación y se suspende el flujo de calor hasta alcanzar el equilibrio. Por último, el destilado ya esterificado se bombea hacia una centrifuga tubular (separador) por un periodo de 1 hora para separar las fases. En la figura 5.3 se presenta un esquema de equipos en las operaciones desodorización-esterificación.

Figura 5.3 – Esquema de equipos desodorización-esterificación

Fraccionamiento del destilado esterificado

Se utiliza una columna de fraccionamiento con CO₂ supercrítico para elevar la concentración de la vitamina E en torno al 30%.

La temperatura y la presión de operación tienen una gran influencia sobre la eficiencia de la separación. Trabajando a bajas presiones, la solubilidad de los triglicéridos y los fitoesteroles es baja, por lo que durante el fraccionamiento estos componentes se estarán concentrando en el residuo de la columna. Por otro lado, los ácidos grasos esterificados son eliminados del extracto debido a su alta solubilidad en CO₂ supercrítico a bajas presiones. En cuanto a la temperatura, se comprobó que la volatilidad de los ácidos grasos esterificados se incrementa.

Funcionamiento del proceso

El proceso se llevará a cabo en dos etapas. Se utilizará una columna de fraccionamiento empacada que consta de cuatro zonas bien diferenciadas, las cuales alcanzan diferentes temperaturas. Cada zona de la columna se precalienta a la temperatura deseada (40-90 °C) y se mantiene durante todo el fraccionamiento. La columna debe llenarse con CO₂ antes de ingresar la alimentación. Debido a que la alimentación es demasiado viscosa a temperatura ambiente, se precalienta a 40-45 °C antes de bombearse dentro de la columna.

Mediante una bomba, la alimentación ingresa a la primera zona de la columna. Luego la columna es presurizada hasta que se alcance el equilibrio y las temperaturas de cada zona sean constantes. El fraccionamiento se realiza de modo semicontinuo, donde el CO₂ se introduce en forma continua en la columna para fraccionar una cantidad fija de destilado esterificado. El tiempo de operación es de 3 horas. Pasado ese tiempo, el extracto es recolectado desde la parte superior. Posteriormente la columna se despresuriza y el residuo es drenado por el fondo de la columna. Finalmente, se limpia la columna haciendo circular CO₂ a 34 MPa y 90 °C durante 1 hora.

El funcionamiento del proceso es idéntico al utilizado para la extracción del aceite, con la salvedad de que aquí no se utiliza un extractor sino una columna rellena. El proceso requiere los mismos equipos y el solvente se recircula utilizando nuevamente una bomba.

Condiciones de operación

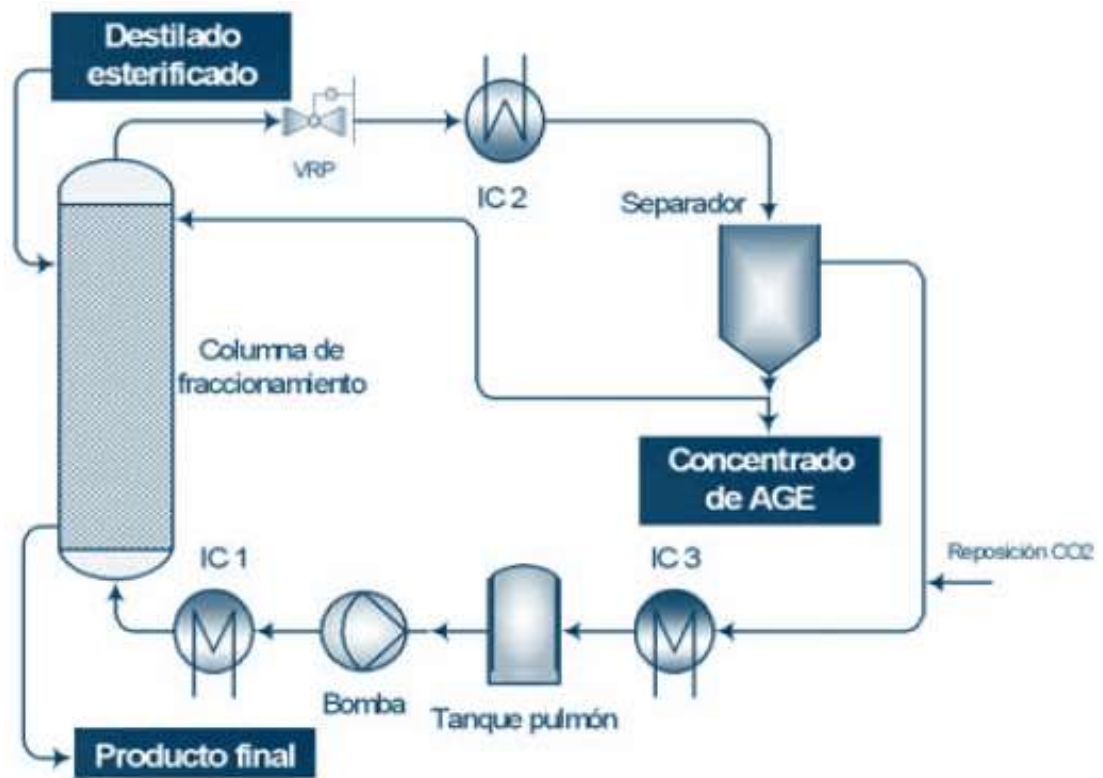
La primera parte del fraccionamiento tiene como objetivo eliminar los ácidos grasos esterificados. Para esta etapa, se trabaja a 13,6 MPa y 45 °C, es decir, condiciones de baja presión y temperatura. Así se logra reducir la concentración de los ácidos grasos esterificados en el residuo de la columna a menos del 10%.

La segunda etapa del fraccionamiento permite recoger el residuo de la columna altamente concentrado en tocoferoles y tocotrienoles trabajando a altas presiones y temperaturas. Para esta parte, el fraccionamiento se hará a 20,4 MPa y 80 °C. El producto obtenido contiene entre 5 y 8% de ácidos grasos. En caso de querer disminuir estos valores, podría aumentarse la cantidad de CO₂ supercrítico que se hace circular por la columna durante la primera etapa del fraccionamiento.

Composición del extracto y residuo de la columna

Se considera que la composición del residuo de la columna posee un 30% de vitamina E, un 5 % de ácidos grasos esterificados y un 65% de fitoesteroles. Por otro lado, el extracto está compuesto principalmente por fitoesteroles y ácidos grasos esterificados (43 y 57% respectivamente) y una cantidad muy pequeña de vitamina E que no es posible separar. De todas formas, esta cantidad es menor al 0.01 %. Estos números se trabajarán más detalladamente con los balances de masa. Por último, en la figura 5.4 se presenta un esquema del fraccionamiento del destilado esterificado.

Figura 5.4 – Fraccionamiento - Esquema de equipos



Envasado

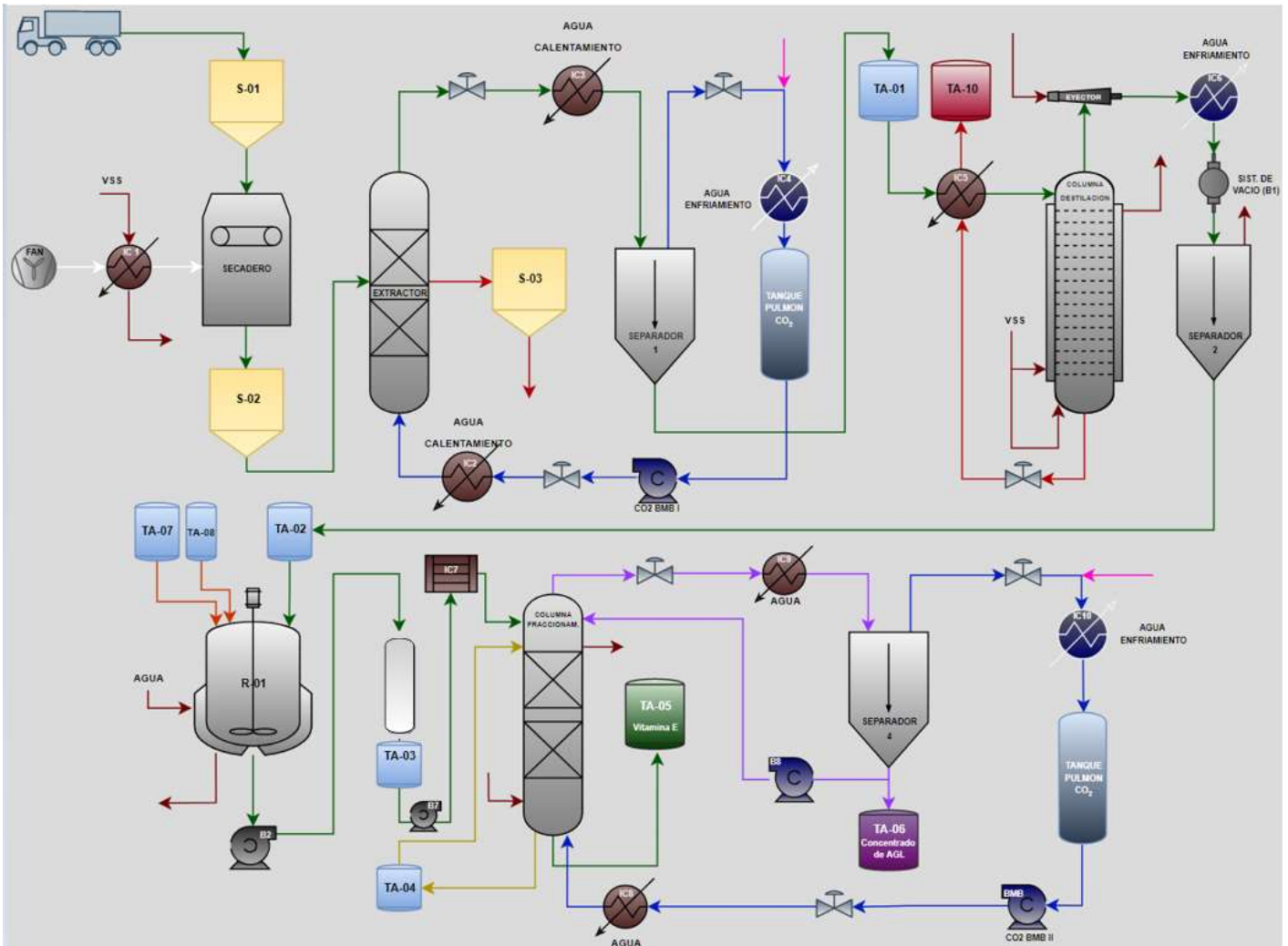
La cantidad de oxígeno presente en el aire puede deteriorar la calidad de la vitamina, por lo que es necesario realizar el envasado bajo atmósfera inerte. Para esto, se debe sobresaturar la vitamina E con nitrógeno gaseoso de manera que el exceso de gas difunda hacia el espacio libre una vez que se cierra el envase. De esta forma se evita el deterioro de la vitamina por el oxígeno, ya que la proporción de oxígeno que rodea al producto se reduce a valores muy bajos.

El envasado consiste en hacer pasar pequeñas burbujas de gas nitrógeno por un caudal determinado de producto. El nitrógeno arrastrará el oxígeno disuelto difundándolo hacia su fase gaseosa, por lo que éste es extraído en conjunto con el nitrógeno una vez que el producto pasa a un recipiente donde tiene lugar la desgasificación. El rendimiento de esta operación de arrastre depende de la superficie de transferencia de masa, de las burbujas de nitrógeno, de la distribución uniforme de las burbujas a través del producto y del tiempo de contacto entre las burbujas y el oxígeno que se debe arrastrar.

Diagrama final de proceso

Finalmente, y con la información expuesta hasta ahora, se construye el diagrama de proceso correspondiente con los principales equipos involucrados. En la figura 5.5 se adjunta el diagrama final.

Figura 5.5 – Diagrama de proceso



Bibliografía

- Modelado de los fluidos supercríticos – Reinaldo Velasco y Héctor S. Villada
- Extracción con fluidos supercríticos: Aplicaciones de interés farmacéutico – Universidad de Sevilla – Facultad de Farmacia - José Reyes Vargas
- Supercritical CO2 extraction of wheat bran oils, Luis Perez Berrocal
- Estabilización del salvado de arroz: Tratamiento térmico por extrusión para inactivación enzimática (lipasas) - Beatriz Guevara Guerrero, Alejandro Fernández Quintero - Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Santiago de Cali, Colombia
- Functional Food Ingredients and Nutraceuticals Processing Technologies, John Shi, Ph.D.
- Supercritical CO2 Extraction of Rice Bran M.S. Kuk and M.K. Dowd SRRC, ARS, USDA, New Orleans, Louisiana
- Experimental Data and Modelling of the Solubility of High-Carotenoid Paprika Extract in Supercritical Carbon Dioxide - Dorota Kostrzewa, Agnieszka Dobrzyńska-Inger, August Turczyn.
- Extraction/Fractionation and deacidification of wheat germ oil using supercritical carbon dioxide - P. Zacchi, J. Daghero, P. Jaeger and R. Eggers.
- Tesis - Optimización del proceso de estabilización del salvado de arroz para mantener sus características funcionales, Daniel Caballero Torres
- Correlating the solubility behavior of minor lipid components in supercritical carbon dioxide - Özlem Güçlü-Üstündağ, Feral Temelli - Department of Agricultural Food and Nutritional Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada
- Supercritical Carbon Dioxide Extraction, Antioxidant Activity, and Fatty Acid Composition of Bran Oil from Rice Varieties Cultivated in Portugal
- A simple method for purification of deodorizer distillate from Indian rice (*Oryza Sativa*) bran oil and preparation of phytosterols.
(https://www.researchgate.net/publication/277677483_A_simple_method_for

[purification of deodorizer distillate from Indian rice Oryza Sativa bran oil and preparation of phytosterols](#)

- Tocol composition of the fraction isolated from rice bran oil deodorizer distillate. https://www.researchgate.net/figure/Tocol-composition-of-the-fraction-isolated-from-rice-bran-oil-deodorizer-distillate_tbl1_282834943
- Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration. (https://www.academia.edu/24283334/Extraction_of_rice_bran_oil_by_supercritical_carbon_dioxide_and_solubility_consideration)
- Supercritical fluid extraction of evening primrose oil kinetic and mass transfer effects (https://www.researchgate.net/publication/43276359_Supercritical_fluid_extraction_of_evening_primrose_oil_kinetic_and_mass_transfer_effects)
- Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Phenolics and Tocopherols Enriched Oil from Wheat Bran - Kyung-Tae Kwon, Md. Salim Uddin, Go-Woon Jung, Jeong-Eun Sim, and Byung-Soo Chun
- Optimization of direct acid esterification process of soybean oil deodorizer distillate By Nara Lúcia Facioli and Daniel Barrera-Arellano
- Deacidification of High-Acid Rice Bran Oil by re esterification with Monoglyceride - B.K. De and D.K. Bhattacharyya
- Tocotrienols: Occurrence, Chemistry and Functions in Food Youssef, M.M., Magda, S. Sharara & Sharihan, F. Ahmed- Food Science and Technology Dept., Fac. of Agric., El-Shatby, Alexandria Univ., 21545, Alexandria, Egypt
- Phytosterol-enriched triglyceride fractions from vegetable oil deodorizer distillates utilizing supercritical fluid fractionation technology - Jerry W. King and Nurhan T. Dunford
- Fractional Extraction of Rice Bran Oil with Supercritical Carbon Dioxide Weiqi Zhao, Akihiro Shishkura, Kenshiro Fujimoto, Kunio Arai & Shozaburo Saito
- Production of Tocopherol Concentrates by Supercritical Fluid Extraction and Chromatography – Jerry W. King, Fabio Favati, Scott L. Taylor
- Physicochemical Characteristics of Rice Bran M.N. Lavanya, N. Venkatachalapathy, and Annamalai Manickavasagan

- Supercritical carbon dioxide extraction and deacidification of rice bran oil Chao-Rui Chena, Chih-Hung Wang a, Ling-Ya Wang a, Zih-Hao Honga, Shuo-Hsiu Chenb, Wai-Jane Hoc, Chieh-Ming J. Changa
- Supercritical Fluid Extraction (SFE) of rice bran oil to obtain fractions enriched with tocopherols and tocotrienols - C. M. P. Sarmento¹, S. R. S. Ferreira² and H. Hense^{2*}
- Extracción de Vitamina E a partir de Salvado de Arroz, Ing. Melisa Paola Bertero
- Scale-up Issues for Supercritical Fluid Processing in compliance with GMP Jean-Yves CLAVIER, Michel PERRUT LAVIPHARM, East-Windsor NJ 08250 USA and SEPAREX 5, Rue Jacques Monod F-54250 Champigneulles France
- Patent US 6677469 B1 - Supercritical fluid fractionation process for phytosterol ester enrichment vegetable oils
- Patent US005908940A- Processes for recovering tocotrienols, tocopherols and tocotrienol-like compounds.
- Patent US6395915B1- Method for producing purified tocotrienols and tocopherols using liquid chromatography.
- Patent US006838104B2- Process for the production of tocotrienols.
- Patent WO1991017985A1- Processes for Recovering tocotrienols, tocopherols and compounds similar to tocotrienols

CAPITULO 6

Balances de masa

Introducción

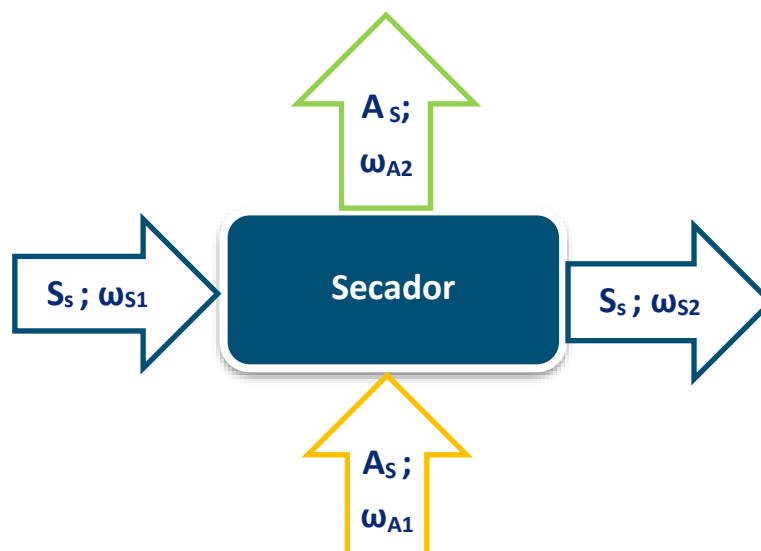
En el presente capítulo se plantean los balances de masa para cada una de las operaciones unitarias involucradas. Los mismos se utilizarán para el diseño de equipos. Como se mencionó en el capítulo de estudio de mercado, los balances de masa se plantean para una cantidad total de salvado a procesar de 69 toneladas diarias, lo que da una cantidad de 2875 kg/h trabajando las 24 horas. Para los balances de masa se consideró estado estacionario.

Balances de masa

I - Secado del salvado de arroz

Como se mencionó previamente, el contenido de humedad del salvado antes de secarse esta en torno al 10%, valor que se utilizara para realizar los cálculos. Para secar el salvado se utilizará aire caliente mediante el secador de lecho vibro fluidizado. El aire caliente entra en contacto directo con el salvado evaporando parte del agua que contiene. El valor de humedad que deberá tener el salvado a la salida del equipo será de 5% o menor. El balance de masa, entonces, resulta:

Figura 6.0 – Balance de masa para secado



En primer lugar, se calculará el caudal másico de salvado seco por hora (S_s). Dado que consideramos que posee un 10% de humedad, el caudal S_1 resulta:

2875 kg salvado húmedo/hora · 90% = $S_s = 2587,50$ kg salvado seco/hora

De esta manera, el balance de masa resulta:

$$S_s \cdot \omega_{S1} + A_s \cdot \omega_{A1} = S_s \cdot \omega_{S2} + A_s \cdot \omega_{A2}$$

Donde:

S_s = caudal másico de salvado seco [kg salvado seco/h]

ω_{S1} = humedad del salvado a la entrada del secador [kg H₂O/kg salvado seco]

A_s = caudal másico de aire [kg aire seco/h]

ω_{A1} = humedad del aire al ingreso del equipo [kg H₂O/kg aire seco]

ω_{S2} = humedad del salvado a la salida del secador [kg H₂O/kg salvado seco]

ω_{A2} = humedad del aire a la salida del equipo [kg H₂O/ kg aire seco]

Analizando cada una de las variables, podemos observar que:

$$S_s = 2587.50 \text{ kg salvado seco/hora}$$

$$\omega_{S1} = 0.10 \text{ kg H}_2\text{O/kg salvado seco}$$

$$\omega_{S2} = 0.05 \text{ kg H}_2\text{O/kg salvado seco}$$

Se debe recordar que la temperatura media del aire ambiente es de 18 °C y su humedad relativa 70.5%, por lo que habrá que elevar su temperatura hasta 65 °C para lograr secar el salvado hasta el valor propuesto. Este valor fue definido en el capítulo 5 ya que temperaturas superiores degradarían la vitamina E.

Por otro lado, no será necesario acondicionar la humedad del aire dado que al aumentar su temperatura también aumentará su capacidad para contener mayor cantidad de agua. Todas estas transformaciones se dan a presión atmosférica. Bajo estas condiciones (18 °C y 70,5% HR), se obtiene del diagrama psicrométrico que la humedad media absoluta del aire ambiente es $\omega_{ambiente} = 0,0091$ kg de H₂O/kg aire seco. Además, al ser solo un calentamiento de aire, la humedad media absoluta condiciones de operación (65 °C y 6% HR) será la misma, por lo tanto, $\omega_{A1} = 0,0091$ kg de H₂O/kg aire seco.

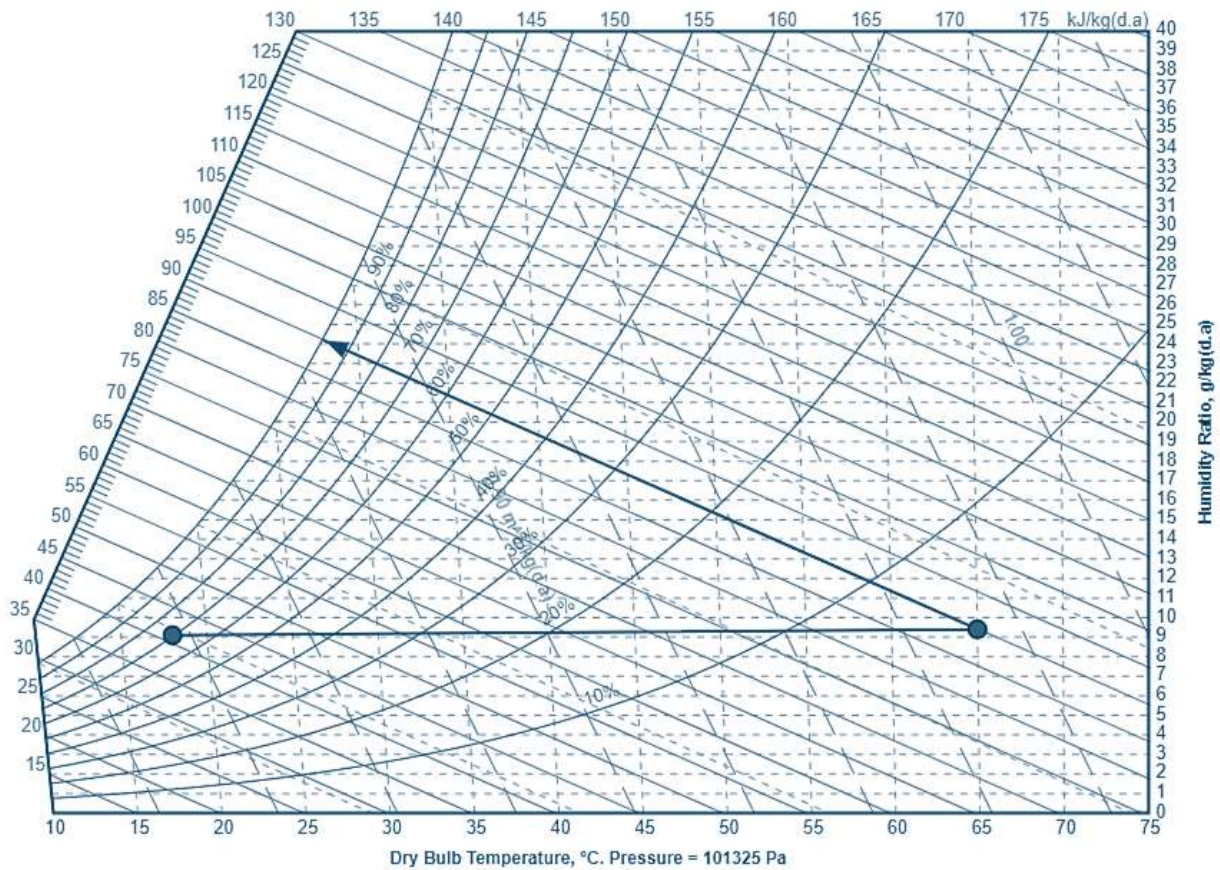
A continuación, se adjunta una tabla con las condiciones del aire en cada punto del proceso y posteriormente el diagrama psicrométrico correspondiente.

Por último, con los valores obtenidos se despeja del balance de masa el valor correspondiente a la masa de aire a la salida del secador.

Tabla 6.0 – Condiciones del aire

Secadero			
Variable	Aire ambiente	Aire ingreso secadero	Aire salida secadero
Temperatura bulbo seco (°C)	18	65	28.34
Humedad relativa	70.50%	6%	100%
Humedad absoluta (kg agua/kg as)	0.0091	0.0091	0.025
Temperatura bulbo humedo (°C)	14.7	28.34	28.34
Entalpia (kJ/kg)	41.16	89.98	89.98

Figura 6.1 – Diagrama psicrométrico para la operación de secado



De esta manera, la masa de aire resulta:

$$A_s (\omega_{A1} - \omega_{A2}) = S_s (\omega_{S2} - \omega_{S1})$$

$$A_s = 8137 \text{ kg aire seco/h}$$

A modo de resumen, en la tabla 6.1 se adjuntan los valores de cada corriente obtenidas del balance de masa:

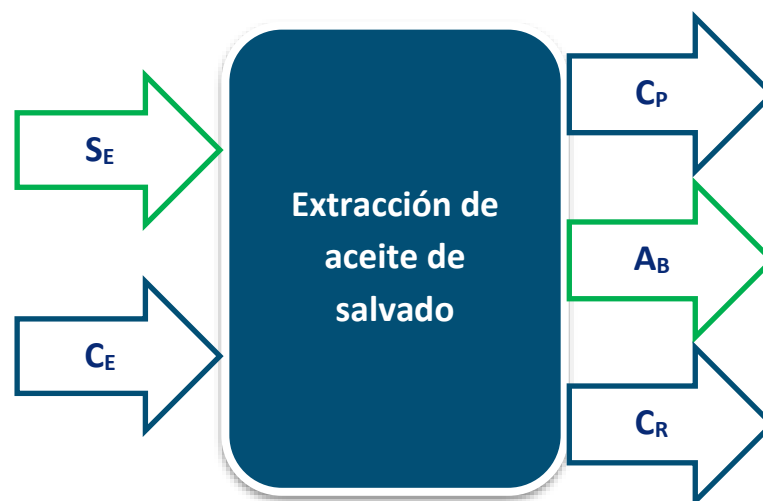
Tabla 6.1 – Balance de masa - Caudales - Secador

Corrientes involucradas - Secador
$S_s = 2587,50$ kg salvado seco/h
$\omega_{s1} = 0,10$ kg H ₂ O/kg salvado seco
$\omega_{s2} = 0,05$ kg H ₂ O/kg salvado seco
$A_s = 8137$ kg aire seco/h
$\omega_{A1} = 0,0091$ kg H ₂ O/kg aire seco
$\omega_{A2} = 0,025$ kg H ₂ O/kg aire seco

II – Extracción del aceite de salvado

A continuación, se presenta el balance para la extracción del aceite bruto de salvado de arroz. Es importante aclarar que la operación de extracción se realiza de manera semicontinua: mientras que el solvente circula de manera continua, el salvado es cargado y descargado de los extractores después de cada extracción. Se colocarán dos extractores en paralelo de manera tal que mientras el primer extractor está funcionando, el segundo es despresurizado, cargado y nuevamente presurizado. El balance de masa correspondiente a la extracción se muestra en la figura 6.2:

Figura 6.2 – Balance de masa para la extracción



Donde:

S_E = masa de salvado a extraer en el extractor [kg]

C_E = caudal másico de CO_2 para la extracción [kg/h]

A_B = masa de aceite bruto extraído [kg]

C_R = caudal másico de CO_2 a recircular [kg/h]

C_P = caudal másico de CO_2 de reposición [kg/h]

Además, se definen algunos parámetros necesarios para completar el balance de masa, siendo estos:

t_e = tiempo de extracción [h]

S_A = salvado agotado que se retira del extractor [kg]

Ya definidos estos valores, el balance de masa resulta:

$$S_E + C_E \cdot t_e = A_B + C_R \cdot t_e + C_P \cdot t_e + S_A$$

$$S_E + C_E \cdot t_e = A_B + (C_R + C_P) \cdot t_e + S_A$$

Para obtener los valores correspondientes a las corrientes de dióxido de carbono, se elige el método de Clavier³⁶, el cual propone la creación de dos coeficientes que deben mantenerse constante para extrapolar datos de laboratorio a escala industrial. Estos coeficientes son:

1. $F = U_S/M_F$ siendo:

- U_S , caudal másico de solvente, [kg/h]
- M_F , cantidad de materia prima a colocar en el extractor, [kg]

2. $M = M_S/M_F$ con M_S la masa de solvente necesario para la extracción, [kg]

De esta manera, podemos obtener el valor de estos coeficientes a partir de los estudios experimentales. El valor de F se obtiene a partir de estudios realizados (Sarmiento-Ferreira, 2006), donde se determinó que la extracción óptima para 40 gramos de salvado requiere un caudal másico de solvente de 0,0756 kg/h. Así, el valor de F que se obtiene es:

$$F = 0,0756 \text{ kg h}^{-1}/(0,04 \text{ kg})$$

³⁶ Scale-up Issues for Supercritical Fluid Processing in compliance with GMP, Jean-Yves Clavier

$$F = 1,89$$

Por otro lado, el valor de M es dato (se adopta un valor de 60) y se obtiene de la curva de extracción del capítulo de proceso (grafico 5.9). Se puede observar que cuando la relación másica solvente-materia prima es de 60 la curva cambia su comportamiento. Esto indica que la transferencia de los componentes gobernados por el fenómeno de solubilidad ha finalizado. Se estima que este evento ocurre a las 2.5 horas de comenzada la extracción. Pasado este punto, necesitaríamos más cantidad de solvente para aumentar la cantidad de aceite, ya que la cinética entra en un régimen de transición gobernado por la difusión siendo más difícil obtener los compuestos de interés. Al fijar el tiempo de extracción $t_e = 2.5$ h, se puede determinar la cantidad de salvado seco que necesitamos para realizar la extracción. Dado que de la operación anterior se obtienen 2587,5 kg salvado seco/h, la masa de salvado en el extractor (SE) será de:

$$S_E = S_S \cdot t_e$$

$$S_E = 2587,5 \text{ kg salvado seco/h} \cdot 2,5 \text{ h}$$

$$S_E = 6468,75 \text{ kg salvado seco}$$

A partir de este valor obtenido y de los coeficientes M y F calculados anteriormente, se puede estimar el caudal másico de solvente necesario para la extracción:

$$F = U_S/M_F = 1,89 = U_S/6468,75 \text{ kg salvado seco}$$

$$U_S = C_E = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h}$$

Se estima una pérdida del 2% del solvente durante el proceso. De esta manera se obtienen los valores de las corrientes de reposición y reciclo:

$$C_P = C_E \cdot 2\%$$

$$C_P = 244,52 \text{ kg CO}_2/\text{h}$$

En consecuencia, la corriente de reciclo resulta:

$$C_R = 11981,42 \text{ kg CO}_2/\text{h}$$

Por último, el aceite crudo representa un 25% del salvado cargado en el extractor. De esta manera, podremos obtener las corrientes correspondientes al aceite bruto y al salvado agotado:

$$A_B = 25\% S_S$$

$$A_B = 0,25 \cdot 6468,75 \text{ kg}$$

$$A_B = 1617,19 \text{ kg aceite bruto}$$

Para el salvado agotado en el extractor:

$$S_A = S_S - A_B$$

$$S_A = 4851,56 \text{ kg salvado agotado}$$

A modo de resumen, los valores de cada corriente obtenidas del balance de masa se muestran en la tabla 6.2:

Tabla 6.2 – Balance de masa - Caudales - Extracción

Corrientes involucradas - Extractor
$S_E = 6468,75 \text{ kg salvado seco}$
$C_E = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
$A_B = 1617,20 \text{ kg aceite bruto} = 646,88 \text{ kg/h}$
$S_A = 4851,56 \text{ kg salvado agotado} = 1940,62 \text{ kg/h}$
$C_R = 11981,42 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
$C_P = 244,52 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
$t_e = 2,5 \text{ h}$

III – Desodorización del aceite bruto

En esta sección, se realiza el balance de masa de la etapa de desodorización. La misma se realiza como una destilación al vacío con arrastre de vapor. De esta manera, el balance resulta:

Figura 6.3 – Balance de masa para la desodorización



Donde:

A_B = caudal másico de aceite bruto [kg/h]

V_S = caudal másico de vapor saturado [kg/h]

D_B = caudal másico de destilado bruto [kg/h]

R = caudal másico de residuo de la destilación [kg/h]

Definidos estos valores, el balance de masa resulta:

$$A_B + V_S = D_B + R$$

Como se definió anteriormente, alrededor del 5% en peso pertenece al destilado. De esta manera, queda evidenciado que:

$$D_B = 5\% A_B \text{ siendo } A_B = 1617,20 \text{ kg aceite bruto}/2,5 \text{ h} = 646,88 \text{ kg aceite bruto}/\text{h}$$

$$D_B = 32,35 \text{ kg destilado}/\text{h}$$

Por último, para obtener estas corrientes necesitamos calcular el caudal másico de vapor saturado. Teóricamente, la cantidad de vapor a circular debería ser igual al volumen de los vapores formados (es decir, vapores de tocoferoles, fitoesteroles, ácidos grasos libres, etc.). En la práctica se utilizan cantidades mayores a las requeridas, generalmente en una relación que va desde 3-4 a 1. Ahora bien, considerando una densidad aproximada de $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ para los compuestos que se separan por el tope, el caudal volumétrico del destilado es:

$$D_B \cdot \rho_D = 32,35 \text{ kg destilado}/\text{h} (900 \text{ kg destilado}/\text{m}^3)^{-1}$$

$$D_B \cdot \rho_D = 0,036 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tomando una relación de 4 a 1, el volumen de vapor que debe circular por hora será:

$$4 \cdot D_B \cdot \rho_D = 0,036 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 4$$

$$4 \cdot D_B \cdot \rho_D = 0,144 \text{ m}^3/\text{h}$$

Resta obtener la densidad del vapor a la presión mínima de operación ($100 \text{ kg}/\text{cm}^2$). Para alcanzar la temperatura necesaria para arrastrar los componentes de interés, el vapor suministrado debe tener una presión mínima de 100 bar. La densidad

del vapor saturado bajo estas condiciones (100 bar, 300 °C) es de 55,43 kg/m³. De esta manera se calcula la masa de vapor a utilizar:

$$V_s = 0,144 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 55,43 \text{ kg}/\text{m}^3 = 5,97 \text{ kg vapor/h}$$

$$\mathbf{V_s = 8,00 \text{ kg vapor/h}}$$

En consecuencia:

$$R = A_B + V_s - D_B$$

$$\mathbf{R = 622,53 \text{ kg residuo/h}}$$

Por último, para obtener la masa de vapor necesaria para mantener la columna a temperatura constante (vapor indirecto) se realiza un balance de energía, entonces:

$$Q = m c_p \Delta T = A_B c_p \Delta T$$

$$Q = 646,88 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg K} (291,15 - 338,15) \text{ K}$$

$$\mathbf{Q = -59895 \text{ kJ/h}}$$

Para reponer el calor perdido, la masa de vapor indirecto por suministrar es:

$$\mathbf{-59895 \text{ kJ/h} = V_i \cdot \lambda_v}$$

Donde:

V_i = caudal másico de vapor indirecto saturado [kg/h]

λ_v = calor latente a 100 bar [kJ/kg]

$$59895 \text{ kJ/h} = V_i \cdot 1028,80 \text{ kJ/kg}$$

$$V_i = 58,22 \text{ kg/h}$$

Finalmente, la suma de ambos caudales masicos resulta en el total de vapor a utilizar:

$$\mathbf{V_T = V_s + V_i = 66,22 \text{ kg/h}}$$

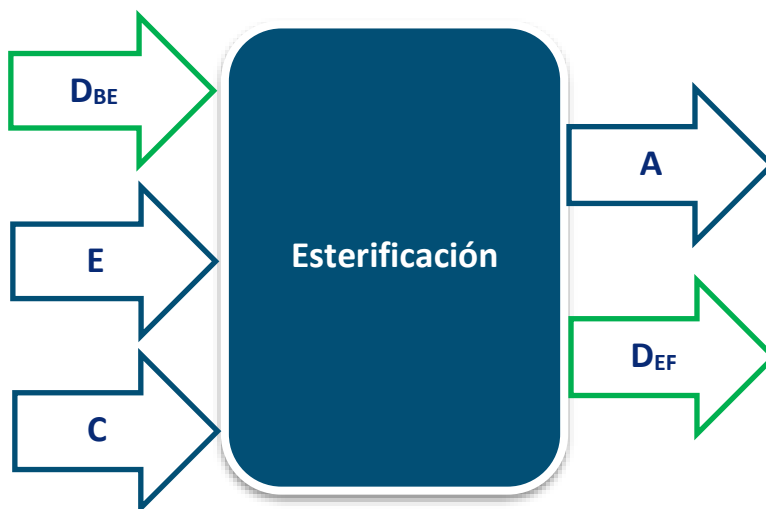
A modo de resumen, los valores de cada corriente obtenidas del balance de masa se muestran en la tabla 6.3:

Tabla 6.3 – Balance de masa - Caudales - Desodorización

Corrientes – Desodorización
$A_B = 646,88$ kg aceite bruto/h
$V_S = 8,00$ kg vapor/h
$V_i = 58,22$ kg vapor/h
$D_B = 32,35$ kg destilado/h
$R = 622,53$ kg residuo/h

IV – Esterificación del destilado

El balance correspondiente a la esterificación se muestra en la figura 6.4 y resulta:

Figura 6.4 – Balance de masa para la esterificación

Donde:

D_{BE} = masa de destilado bruto en el reactor [kg]

E = masa de etanol en el reactor [kg]

C = masa de catalizador necesaria [kg]

A = masa de fase acuosa residual [kg]

D_{EF} = masa de destilado esterificado a fraccionar [kg]

Por otro lado, se define el tiempo de reacción t_R , el cual para esta operación es de 2 horas. Definidos estos valores, el balance de masa resulta:

$$D_{BE} + E + C = D_{EF} + A$$

Para obtener el valor de cada una de las corrientes sabemos que $D_B = 32,35$ kg destilado bruto/h, es decir que para un tiempo de reacción de 2 horas la cantidad a procesar será de $D_{BE} = 64,70$ kg destilado bruto. Con respecto a la corriente de etanol, se definió que se necesita una relación molar igual a 8 entre el etanol y los ácidos grasos libres presentes en el destilado bruto. Estos ácidos libres representan, en peso, alrededor del 50% del destilado y están principalmente compuestos por ácido oleico (35%), ácido palmítico (35%) y ácido linoleico (30%). Con esta información se puede calcular un peso molar medio de ácidos grasos libres:

- Peso ácido oleico: $P_O = 282,47$ kg/kmol
- Peso ácido palmítico: $P_P = 256,40$ kg/kmol
- Peso ácido linoleico: $P_L = 280,44$ kg/kmol
- Peso medio: $P_M = 272,74$ kg/kmol

Con estos valores se busca obtener la cantidad molar de ácidos grasos (FA).

$$D_{BE} = 64,70 \text{ kg} \Rightarrow FA = 0,50 \cdot D_B \Rightarrow FA = 32,35 \text{ kg}$$

Con el peso medio obtenido anteriormente se calculan los kmol de FA:

$$FA = 32,35 \text{ kg} \cdot (272,74 \text{ kg/kmol})^{-1} = 0,1186 \text{ kmol}$$

Manteniendo la relación molar igual a 8 se obtienen los moles de etanol:

$$E = 8 \cdot FA = 8 \cdot 0,1186 \text{ kmol}$$

$$E = 0,95 \text{ kmol etanol}$$

Sabiendo que el peso molar del etanol es $46,07$ kg/kmol, se obtienen los kg necesarios del mismo:

$$E = 0,95 \text{ kmol} \cdot 46,07 \text{ kg/kmol}$$

$$E = 43,77 \text{ kg etanol}$$

Para obtener la masa de catalizador, se debe recordar que para catalizar la reacción se necesita el 1% en peso del destilado, es decir:

$$C = 1\% D_B$$

$$C = 0,44 \text{ kg catalizador}$$

Para obtener la corriente de destilado esterificado, se recurre a la estequiometría de la reacción. Los moles de ácidos grasos reaccionarán 1 a 1 con el etanol, que está en exceso. De esta manera, se obtendrán 0,1186 kmol de producto esterificado, el cual tiene un peso molecular promedio de 317,81 kg esterificado/kmol.

$$D_{EF} = 0,1186 \text{ kmol} \cdot 317,81 \text{ kg/kmol}$$

$$D_{EF} = 37,70 \text{ kg esterificado} = 18,85 \text{ kg esterificado/h}$$

En consecuencia:

$$A = D_{BE} + E + C - D_{EF} = 64,70 \text{ kg} + 43,77 \text{ kg} + 0,44 \text{ kg} - 37,70 \text{ kg}$$

$$A = 71,21 \text{ kg residuo acuoso} = 35,60 \text{ kg residuo acuoso/h}$$

A modo de resumen, los valores de cada corriente obtenida del balance de masa se muestran en la tabla 6.4:

Tabla 6.4 – Balance de masa - Caudales - Esterificación

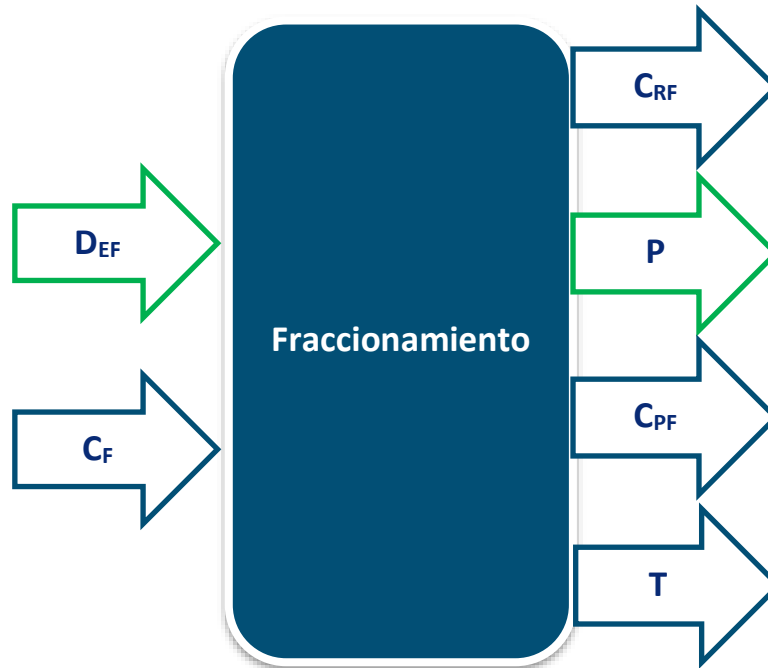
Corrientes – Esterificación
$D_{BE} = 64,70 \text{ kg destilado bruto} = 32,35 \text{ kg/h}$
$E = 43,77 \text{ kg etanol} = 21,88 \text{ kg/h}$
$C = 0,44 \text{ kg catalizador}$
$D_{EF} = 37,70 \text{ kg destilado esterificado} = 18,85 \text{ kg/h}$
$A = 71,21 \text{ kg residuo acuoso} = 35,60 \text{ kg/h}$
$t_R = 2 \text{ h}$

V – Fraccionamiento del destilado esterificado

Dado que el fraccionamiento se realiza en dos partes, se opta por hacer un balance global para las dos operaciones.

En la figura 6.5 queda definido el diagrama de bloques para la presente operación:

Figura 6.5 – Balance de masa para la extracción



Donde:

D_{EF} = masa de destilado esterificado en el fraccionamiento [kg]

C_F = caudal másico de CO_2 necesario para el fraccionamiento [kg/h]

P = producto final obtenido [kg]

C_{RF} = caudal másico de CO_2 a recircular [kg/h]

C_{PF} = caudal másico de CO_2 de reposición [kg/h]

T = cantidad de extracto en columna [kg]

Además, se debe definir el tiempo de fraccionamiento dado que es un proceso semicontinuo:

$$t_F = 3 \text{ horas}$$

Definidos estos valores, el balance de masa resulta:

$$D_{EF} + C_F t_F = P + T + C_{RF} \cdot t_F + C_{PF} \cdot t_F$$

$$D_{EF} + C_F t_F = P + T + (C_{PF} + C_{RF}) \cdot t_F$$

Para obtener los valores correspondientes a las corrientes de dióxido de carbono, nuevamente se elige el método de Clavier (al igual que en la extracción), el cual propone

la creación de coeficientes que deben mantenerse constante para extrapolar datos de laboratorio a escala industrial. El coeficiente a utilizar es:

$F = U_S/M_F$ siendo:

- U_S , caudal másico de solvente, [kg/h]
- M_F , cantidad de materia prima a colocar en el extractor, [kg]

Las experiencias han demostrado que para 30 ml (27,4 g) de destilado esterificado se deben utilizar 1,2 L/min de CO_2 medidos a temperatura ambiente, lo que sería equivalente a 0,135 kg/h. De esta manera, el coeficiente F resulta:

$$F = U_S/M_F = 0,135 \text{ kg/h}/(0,0274 \text{ kg})$$

$$F = 4,93$$

Reemplazando por la masa necesaria real de destilado esterificado:

$$M_F = 18,85 \text{ kg esterificado/h} \cdot 3 \text{ h} = D_{EF} = 56,55 \text{ kg}$$

$$F = 4,93 = U_S/56,55 \text{ kg} = C_F$$

$$C_F = 278,80 \text{ kg } CO_2/h$$

Nuevamente, se estima una pérdida del 2% de CO_2 por lo que podemos obtener su caudal másico (C_{PF}):

$$C_F = C_{PF} + C_{PF}$$

$$C_{PF} = 2\% \cdot C_F$$

$$C_{PF} = 5,57 \text{ kg } CO_2/h$$

Finalmente, se calcula el caudal de reciclo:

$$C_F = C_{PF} + C_{RF}$$

$$278,80 \text{ kg } CO_2/h = 5,57 \text{ kg } CO_2/h + C_{RF}$$

$$C_{RF} = 273,23 \text{ kg } CO_2/h$$

Finalmente, durante la operación se considera que la eficiencia en el fraccionamiento es del 95%. Esto quiere decir que el 95% de la vitamina E quedara en el

residuo, mientras que en el destilado se encuentra el 5% restante. Considerando la composición de la tabla 5.6, entonces:

$$\text{Vitamina E} = 19,19\% D_{EF} = 0,1919 \cdot 56,55 \text{ kg}$$

$$\text{Vitamina E} = 10,85 \text{ kg}$$

Considerando que el 95% de la vitamina E permanece en el residuo y que su concentración final debe ser al menos 30%, entonces la masa total de producto resulta:

$$P = (10,85 \text{ kg} \cdot 0,95)/0,30$$

$$P = 34,35 \text{ kg} = 11,45 \text{ kg/h producto final}$$

Como se mencionó en el capítulo 5, la concentración final de este producto es de un 30% de vitamina E, un 5 % de ácidos grasos esterificados y un 65% de fitoesteroles. Por último, la corriente restante concentrada en ácidos grasos es de:

$$T = 22,20 \text{ kg} = 7,40 \text{ kg/h}$$

A modo de resumen, los valores de cada corriente obtenida del balance de masa se muestran en la tabla 6.5:

Tabla 6.5 – Balance de masa - Caudales - Fraccionamiento

Corrientes – Fraccionamiento
$D_{EF} = 56,55 \text{ kg}$ destilado a fraccionar
$C_F = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
$C_{RF} = 273,23 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
$C_{PF} = 5,57 \text{ kg CO}_2/\text{h}$
P (producto final) = $34,35 \text{ kg} = 11,45 \text{ kg/h}$
$T = 22,20 \text{ kg} = 7,40 \text{ kg/h}$
$t_R = 3 \text{ h}$

CAPITULO 7

Balances de energía

Introducción

En el presente capítulo se plantean los balances de energía para cada una de las operaciones unitarias involucradas. Estos balances de energía se calculan a partir de los balances de masa y los mismos se utilizarán para el diseño de equipos. El estado térmico de cada corriente se calculará a partir de la ecuación básica:

$$H_x = m_x \cdot c_x (T_F - T_0)$$

Balances de energía

I - Secado del salvado de arroz

Se plantea el balance de energía del precalentamiento del aire ambiente hacia las condiciones de operación, correspondiente a la etapa de secado. A partir del diagrama psicrométrico a presión atmosférica, se obtienen los valores de entalpía para cada una de las corrientes a la entrada y a la salida del precalentador de aire. De esta manera:

$$H_0 (18 \text{ }^\circ\text{C}; 70,5\% \text{ HR}) = 41,16 \text{ kJ/kg aire seco}$$

$$H_1 (65 \text{ }^\circ\text{C}; 6\% \text{ HR}) = 89,21 \text{ kJ/kg aire seco}$$

$$\Delta H = H_1 - H_0$$

$$\Delta H = 48,05 \text{ kJ/kg aire seco}$$

Como los kg de aire seco se obtienen del balance de masa, solo resta multiplicar por el caudal másico.

$$Q = \Delta H \cdot A_s = 48,05 \text{ kJ/kg aire seco} \cdot 8137 \text{ kg aire seco/h}$$

$$Q = 390983 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará vapor de agua a 4 bares (5 bar de presión absoluta). Obtenido de tablas el calor latente de vaporización (2085,36 kJ/kg), obtenemos la masa de vapor necesaria, la cual resulta:

$$m_v = 390983 \text{ kJ/h} / (2085,36 \text{ kJ/kg})$$

$$m_v = 187,50 \text{ kg/h}$$

Por último, en la tabla 7.1 se encuentran resumidos los valores obtenidos:

Tabla 7.1 – Balance de energía secado

Equipo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	ΔH [kJ/kg]	Q [kJ/h]	m_v [kJ/h]
Precalentador 1 (PC1)	Aire húmedo (18°C; 70,5% HR)	Aire húmedo (65°C; 6% HR)	48,05 kJ/kg aire seco	390983 kJ/h	187,50 kg/h

II – Extracción del aceite de salvado

La extracción se realiza según el esquema de la figura 5.1. Según este diagrama, existen 3 puntos de intercambio de energía. Los valores de presión y temperatura correspondientes a la extracción son 80 °C y 25 MPa mientras que en el separador se reduce la presión a 6 MPa (la temperatura se mantiene en 80 °C).

El proceso inicia en la bomba numero 1 (BMB1), el cual bombea CO₂ desde 6 MPa y 10 °C (liquido subenfriado) hasta 25 MPa y 30 °C, punto cercano al estado supercrítico. Posteriormente pasa por el IC1, donde la temperatura se eleva hasta 80 °C, logrando las condiciones de fluido supercrítico para la extracción.

Se utiliza el simulador DWSIM para obtener valores necesarios para el cálculo y las ecuaciones termodinámicas correspondientes. Entonces:

$$L_{BMB1} = m_{CO_2} (h_2 - h_1) = C_E \cdot (h_2 - h_1)$$

Siendo:

$$C_E = \text{caudal másico de CO}_2 = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h}$$

$$h_2 = \text{Entalpía específica a la salida del equipo con } \eta_{BMB1} = 70\% \Rightarrow h_2 = 253,57 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = \text{Entalpía específica a la entrada de la bomba} = 222,79 \text{ kJ/kg}$$

Entonces:

$$L_{BMB1} = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h} (253,57 \text{ kJ/kg} - 222,79 \text{ kJ/kg})$$

$$L_{BMB1} = \mathbf{376339 \text{ kJ/h}}$$

Luego, se calcula la cantidad de energía térmica entregada en el IC1 ($\eta_{IC1} = 90\%$)

$$Q_{IC1} = m_{CO_2} \cdot (h_3 - h_2) = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

Siendo:

h_3 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 1 = 359,57 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC1} = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

$$Q_{IC1} = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (359,57 \text{ kJ/kg} - 253,57 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC1} = 1295950 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC1} = 90\%$:

$$Q_{IC1} = 1440000 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a 90 °C y se establece como temperatura de salida del agua 75 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC1} = 1440000 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) \cdot (90 - 75) ^\circ\text{C}]^{-1}$$

$$m_{AIC1} = 22857,14 \text{ kg/h}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC1} = 22,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

Después de la extracción, la mezcla pasa por una válvula reductora donde la presión cae hasta 6 MPa logrando la evaporación parcial del solvente. La temperatura del CO₂ en esta instancia es de 22 °C. Para lograr la evaporación total, la mezcla pasa por el IC2 elevando su temperatura hasta 30 °C. Entonces:

$$Q_{IC2} = m_{CO2} \cdot (h_5 - h_4) = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

Siendo:

h_5 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 2 = 430,71 kJ/kg

h_4 = Entalpía específica a la entrada del intercambiador de calor 2 = 403,44 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC2} = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

$$Q_{IC2} = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (430,71 \text{ kJ/kg} - 403,44 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC2} = 333402 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC2} = 90\%$:

$$Q_{IC2} = 370446 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a 90 °C y se establece como temperatura de salida del agua 70 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC2} = 370446 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \cancel{K}) \cdot (90 - 75) \cancel{K}]^{-1}$$

$$m_{AIC2} = 5880,10 \text{ kg/h}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC2} = 5,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por último, luego de la evaporación total, se debe acondicionar el solvente a las condiciones iniciales para ser recirculado. Estas condiciones son: CO₂ en estado líquido a 6 MPa y 10 °C. Se hace circular el solvente por el IC3, entonces:

$$Q_{IC3} = C_E \cdot (h_6 - h_5)$$

Siendo:

h_6 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 3 = 222,79 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC3} = 12225,94 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (222,79 - 430,71 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC3} = -2542018 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC3} = 90\%$:

$$Q_{IC3} = -2824464 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este enfriamiento, se empleará un intercambiador de calor que trabaja a contracorriente, utilizando agua fría a 2 °C y estableciendo como temperatura de salida del agua 9 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC3} = -2824464 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \cancel{K}) \cdot (2 - 9) \cancel{K}]^{-1}$$

$$m_{AIC3} = 96070,20 \text{ kg/h}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC3} = 96,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

En la tabla 7.2 se enlista un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 7.2 – Balance de energía extracción

Equipo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Energía
BMB1	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (30 °C; 25 MPa)	L _{BMB1} = 376339 kJ/h
IC1	CO ₂ líquido (30 °C; 25 MPa)	CO ₂ supercrítico (80 °C; 25 MPa)	Q _{IC1} = 1440000 kJ/h
VR1	CO ₂ supercrítico (80 °C; 25 MPa)	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	-
IC2	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	CO ₂ gas/extracto (30 °C; 6 MPa)	Q _{IC2} = 370446 kJ/h
IC3	CO ₂ gas (30 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	Q _{IC3} = -2824464 kJ/h

III – Desodorización del aceite bruto

Se plantea el balance de energía para el calentamiento del aceite crudo, el cual ingresa a temperatura ambiente (18 °C). Esta corriente debe calentarse hasta 65 °C para mantener las propiedades de la vitamina E. Por otro lado, el residuo de la destilación tiene una temperatura de 300 °C en el fondo de la columna. El mismo se utiliza para elevar la temperatura en el precalentador. Tanto para el aceite como para el residuo de la columna, el calor específico es 1,97 kJ/kg K. De esta manera:

$$Q = m c_p \Delta T = A_B c_p \Delta T$$

$$Q = 646,88 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg K} (65 - 18) \text{ K}$$

$$Q = 59894,62 \text{ kJ/h}$$

El calor suministrado es tomado del residuo a 300 °C, entonces:

$$Q = m c_p \Delta T = R c_p \Delta T$$

$$-59894,62 \text{ kJ/h} = 622,53 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg K} (T_F - 573,15) \text{ K}$$

$$T_F = 251,20 \text{ °C}$$

Finalmente, por el tope de la columna la temperatura de la mezcla se estima en 110 °C, por lo que habría que condensarla para poder ser los 8 kg/h de vapor aportado. Se empleará un condensador por el que circula agua fría a 2 °C. Se define en 10 °C la temperatura de salida del agua. Así, el balance resulta:

$$Q_1 = m_v c_p \Delta T = 8 \text{ kg/h} \cdot 4,20 \text{ kJ/K} \cdot \text{kg} (100-110) \text{ K} = -336 \text{ kJ/h}$$

$$Q_2 = m_v \lambda = 8 \text{ kg/h} \cdot 2,20 \text{ kJ/kg} = -17,6 \text{ kJ/h}$$

$$Q_3 = m_v c_p \Delta T = 8 \text{ kg/h} \cdot 4,20 \text{ kJ/K} \cdot \text{kg} (65-100) \text{ K} = -1176 \text{ kJ/h}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_R = 1530 \text{ kJ/h}$$

Entonces, la masa de agua de refrigeración resulta:

$$Q_R = m_v c_p \Delta T \Rightarrow 1530 \text{ kJ/h} = m_{af} 4,20 \text{ kJ/kg} \cdot 8 \text{ K}$$

$$m_{af} = 45,53 \text{ kg agua fría/h}$$

Finalmente, se debe tener en cuenta el aporte energético de los 58,22 kg/h de vapor indirecto para mantener la columna a temperatura constante, siendo este 59895 kJ/h (considerado en el balance de masa). En la tabla 7.3 se deja un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 7.3 – Balance de energía desodorización

Equipo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Energía
Precalentador 2	Aceite crudo a 18 °C	Aceite crudo a 65 °C	Q = 59894,62 kJ/h
	Residuo a 300 °C	Residuo a 251 °C	Q = -59894,62 kJ/h
Columna	Vapor indirecto (100 bar, 300 °C)		Q = 59895 kJ/h
Condensador	Vapor 110 °C	Agua 65 °C	Q _R = 1530 kJ/h

IV – Esterificación del destilado

Para la esterificación del destilado, se debe calefaccionar el reactor mediante la circulación de agua a través de una camisa externa. De esta manera, se alcanza y mantiene constante la temperatura de reacción (65 °C).

En una primera etapa, se debe calentar le destilado bruto (D_{BE}) que se introduce en el reactor. Se utilizará agua a 90 °C como fluido calefactor, logrando el calentamiento en 30 minutos (t_e = 30 min). Se recuerda que el tiempo de la reacción de esterificación es de 2 horas. El balance, entonces, resulta:

$$Q = m c_p \Delta T = D_{BE} c_p \Delta T$$

$$Q = 64,70 \text{ kg} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg} \cdot (65 - 18) \text{ K}$$

$$Q = 5990,60 \text{ kJ} \approx 6000 \text{ kJ}$$

Para calcular el caudal másico de agua caliente que debe circular en los 30 minutos de calentamiento (m_{A1}), se utiliza la fórmula:

$$m_{A1} = [Q/(c_p \Delta T)]/t_e$$

$$m_{A1} = [6000 \text{ kJ} / (4,21 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 47 \text{ K})] / 30 \text{ min}$$

$$m_{A1} = 30,32 \text{ kg} = 1,01 \text{ kg/min} = 60,64 \text{ kg/h}$$

Estos valores obtenidos representan el calentamiento del aceite desodorizado desde 18 °C hasta 65 °C con 30,32 kg de agua en un periodo de tiempo de 30 minutos.

Luego de logradas estas condiciones se incorpora el etanol, el cual ingresa a temperatura ambiente (18 °C) provocando un descenso de la temperatura de mezcla, el cual se estima en $T_{\text{Mezcla}} = 42 \text{ °C}$. Por otro lado, a partir del balance de masa se calcula el c_p medio de reacción. Dado que las fracciones másicas correspondientes al etanol y el destilado bruto son 0,40 y 0,60 respectivamente, el c_p medio es:

$$C_{p_medio} = X_{\text{EtOH}} \cdot C_{p_EtOH} + X_{\text{DB}} \cdot C_{p_DB}$$

$$C_{p_medio} = 0,40 \cdot 2,44 \text{ kJ/kg K} + 0,60 \cdot 1,97 \text{ kJ/kg K}$$

$$C_{p_medio} = 2,16 \text{ kJ/kg K}$$

Luego, para llevar la mezcla (M) desde 42 °C hasta la temperatura de reacción de 65 °C, se deberá suministrar:

$$Q = m C_p \Delta T = M C_{p_medio} \Delta T$$

$$Q = 108,47 \text{ kg} \cdot 2,16 \text{ kJ/kg K} \cdot (65 - 42) \text{ K}$$

$$Q_{\text{Mezcla}} = 5388,8 \text{ kJ} \approx 5400 \text{ kJ}$$

Para calcular el caudal másico de agua que debe circular en los 30 minutos de calentamiento (m_{A2}), se utiliza la fórmula:

$$m_{A2} = [Q / (C_p \Delta T)] / t_e$$

$$m_{A2} = [5400 \text{ kJ} / (4,21 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (65-42) \text{ K})] / 30 \text{ min}$$

$$m_{A2} = 55,77 \text{ kg} = 1,86 \text{ kg/min} = 111,53 \text{ kg/h}$$

Los valores obtenidos representan el calentamiento desde 42 °C hasta 65 °C con 55,77 kg de agua en un lapso de 30 minutos. Por último, para mantener la temperatura de reacción en 65 °C se calcula el calor que cedería la mezcla al ambiente si no circulase el fluido calefactor:

$$Q = M C_{p_medio} \Delta T = 108,47 \text{ kg} \cdot 2,16 \text{ kJ/kg K} \cdot (18 - 65) \text{ K}$$

$$Q_{\text{cedido}} = -11012 \text{ kJ}$$

Por lo tanto, la masa de agua para mantener la reacción a 65 °C (m_{A3}) resulta:

$$m_{A3} = [Q_{\text{sumistrado}} / (c_p \Delta T)] / t_e$$

$$m_{A3} = 11012 \text{ kJ} / [4,21 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} (65-18) \text{ K}] / 2 \text{ h}$$

$$m_{A3} = 55,65 \text{ kg} = 27,83 \text{ kg/hora}$$

Los valores obtenidos indican que por la camisa calefactora circularán 55,65 kg de agua en un lapso de 2 horas para para mantener el reactor en 65 °C. Por último, el total de agua circulante por cada operación es:

$$m_{A1} + m_{A2} + m_{A3} = (30,32 + 55,77 + 55,65) \text{ kg}$$

$$m_{A_Total} = 141,74 \text{ kg agua/batch}$$

En la tabla 7.4 se deja un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 7.4 – Balance de energía esterificado

Tiempo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Energía requerida	Agua (T = 90 °C)
30 min	Destilado desodorizado a 18 °C	Destilado desodorizado a 65 °C	6000 kJ	30,32 kg
30 min	Mezcla etanol-aceite a 42 °C	Mezcla etanol-aceite a 65 °C	5400 kJ	55,77 kg
2 h	Temperatura a 65 °C h/finalizar la reacción de esterificación		11012 kJ	55,65 kg

V – Fraccionamiento del destilado esterificado

El fraccionamiento del destilado esterificado se realiza en 2 etapas de manera discontinua y se utiliza el mismo procedimiento que para la extracción, con la salvedad de que se requiere una columna rellena y no un extractor.

Esta operación, se realiza tal como lo indica el esquema de la figura 5.4 del capítulo 5. Según este diagrama, existen 3 puntos de intercambio de energía. Para la primera etapa de fraccionamiento, los valores correspondientes de presión y temperatura son 45 °C y 13,6 MPa mientras que en el separador la presión y temperatura son 6 MPa y 45 °C.

El proceso inicia en la bomba número 2 (BMB2), el cual bombea CO₂ desde 6 MPa y 10 °C (liquido subenfriado) hasta 13,6 MPa y 19 °C, punto cercano a la región supercrítica. Posteriormente pasa por el IC4, donde la temperatura se eleva hasta 45 °C, logrando las condiciones de fluido supercrítico para el primer fraccionamiento.

Se utiliza el simulador DWSIM para obtener valores necesarios para el cálculo y las ecuaciones termodinámicas correspondientes. Entonces:

$$L_{BMB2} = m_{CO_2} (h_2 - h_1) = C_F \cdot (h_2 - h_1)$$

Siendo:

C_F = caudal másico de CO_2 = 278,80 kg CO_2 /h

h_2 = Entalpía específica a la salida del equipo con $\eta_{BMB2} = 70\% \Rightarrow h_2 = 235,10$ kJ/kg

h_1 = Entalpía específica a la entrada de la bomba = 222,79 kJ/kg

Entonces:

$$L_{BMB2} = 278,80 \text{ kg } CO_2/h (235,10 \text{ kJ/kg} - 222,79 \text{ kJ/kg})$$

$$L_{BMB2} = \mathbf{3432,03 \text{ kJ/h}}$$

Luego, se calcula la cantidad de energía térmica entregada en el IC4 ($\eta_{IC4} = 90\%$)

$$Q_{IC4} = m_{CO_2} \cdot (h_3 - h_2) = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

Siendo:

h_3 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 4 = 304,75 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC4} = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

$$Q_{IC4} = 278,80 \text{ kg } CO_2/h \cdot (304,75 \text{ kJ/kg} - 235,10 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC4} = 19418,42 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC4} = 90\%$:

$$Q_{IC4} = \mathbf{21576,02 \text{ kJ/h}}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a 90 °C y se establece como temperatura de salida del agua 65 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC4} = 21576,02 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) \cdot (90 - 65) ^\circ\text{C}]^{-1}$$

$$m_{AIC4} = \mathbf{205,49 \text{ kg/h}}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC4} = \mathbf{0,205 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Posterior al primer fraccionamiento, la mezcla pasa por una válvula reductora donde la presión cae hasta 6 MPa logrando la evaporación parcial del solvente. La temperatura del CO₂ en esta instancia es de 22 °C. Para lograr la evaporación total, la mezcla pasa por el IC5 elevando su temperatura hasta 50 °C. Entonces:

$$Q_{IC5} = m_{CO_2} \cdot (h_5 - h_4) = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

Siendo:

h_5 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 5 = 468,57 kJ/kg

h_4 = Entalpía específica a la entrada del intercambiador de calor 5 = 304,75 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC5} = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

$$Q_{IC5} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (468,57 \text{ kJ/kg} - 304,75 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC5} = 18164 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC5} = 90\%$:

$$Q_{IC5} = \mathbf{20182 \text{ kJ/h}}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a 90 °C y se establece como temperatura de salida del agua 65 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC5} = 20182 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \cancel{K}) \cdot (90 - 65) \cancel{K}]^{-1}$$

$$m_{AIC5} = \mathbf{192,21 \text{ kg/h}}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\mathbf{\text{caudal}_{AIC5} = 0,192 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Por último, luego de la evaporación total, se debe acondicionar el solvente a las condiciones iniciales para ser recirculado. Estas condiciones son: CO₂ en estado líquido a 6 MPa y 10 °C. Se hace circular el solvente por el IC6, entonces:

$$Q_{IC6} = C_E \cdot (h_6 - h_5)$$

Siendo:

h_6 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 6 = 222,79 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC6} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (222,79 \text{ kJ/kg} - 468,57 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC6} = -68523,5 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC6} = 90\%$:

$$Q_{IC6} = -76138 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este enfriamiento, se utilizará agua fría a 2 °C y se establece como temperatura de salida del agua 9 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC6} = -76138 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \text{K}) \cdot (2 - 9) \text{ K}]^{-1}$$

$$m_{AIC6} = 2589,73 \text{ kg/h}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC6} = 2,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

En la tabla 7.5 se enlista un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 7.5 – Balance de energía primer fraccionamiento

Equipo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Energía
BMB2	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (19 °C; 13,6 MPa)	L _{BMB2} = 3432,03 kJ/h
IC4	CO ₂ líquido (19 °C; 13,6 MPa)	CO ₂ supercrítico (45 °C; 13,6 MPa)	Q _{IC4} = 21576,02 kJ/h
VR2	CO ₂ supercrítico (45 °C; 13,6 MPa)	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	-
IC5	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	CO ₂ gas/extracto (50 °C; 6 MPa)	Q _{IC5} = 20182 kJ/h
IC6	CO ₂ gas (50 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	Q _{IC6} = -76138 kJ/h

Para la segunda etapa de fraccionamiento, se utilizan los mismos equipos, es decir, luego de la primera parte, se cambian las condiciones de la operación y comienza el segundo fraccionamiento. Los valores correspondientes de presión y temperatura son 80 °C y 20,4 MPa mientras que en el separador la presión y temperatura son 6 MPa y 80 °C. El tiempo total del fraccionamiento (etapa 1 y etapa 2) es de 3 horas y se utilizan 2 columnas, mientras una trabaja la otra se prepara para continuar con la extracción luego de que la primera columna finaliza.

Nuevamente, el proceso inicia en la bomba número 2 (BMB2), el cual bombea CO₂ desde 6 MPa y 10 °C (líquido subenfriado) hasta 20,4 MPa y 26 °C, punto cercano a la

región supercrítica. Posteriormente pasa por el IC4, donde la temperatura se eleva hasta 80 °C, logrando las condiciones de fluido supercrítico para el segundo fraccionamiento.

Se utiliza el simulador DWSIM para obtener valores necesarios para el cálculo y las ecuaciones termodinámicas correspondientes. Entonces:

$$L_{BMB2} = m_{CO_2} (h_2 - h_1) = C_F \cdot (h_2 - h_1)$$

Siendo:

C_F = caudal másico de CO₂ = 278,80 kg CO₂/h

h_2 = Entalpía específica a la salida del equipo con $\eta_{BMB2} = 70\% \Rightarrow h_2 = 246,12$ kJ/kg

h_1 = Entalpía específica a la entrada de la bomba = 222,79 kJ/kg

Entonces:

$$L_{BMB2} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} (246,12 \text{ kJ/kg} - 222,79 \text{ kJ/kg})$$

$$\mathbf{L_{BMB2} = 6504,40 \text{ kJ/h}}$$

Luego, se calcula la cantidad de energía térmica entregada en el IC4 ($\eta_{IC4} = 90\%$)

$$Q_{IC4} = m_{CO_2} \cdot (h_3 - h_2) = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

Siendo:

h_3 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 4 = 374,41 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC4} = C_E \cdot (h_3 - h_2)$$

$$Q_{IC4} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (374,41 \text{ kJ/kg} - 246,12 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC4} = 35767,25 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC4} = 90\%$:

$$\mathbf{Q_{IC4} = 39742 \text{ kJ/h}}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a 90 °C y se establece como temperatura de salida del agua 65 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC5} = 39742 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \text{K}) \cdot (90 - 65) \text{ K}]^{-1}$$

$$m_{AIC5} = \mathbf{378,50 \text{ kg/h}}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m^3 :

$$\mathbf{\text{caudal}_{AIC5} = 0,38 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Posterior al segundo fraccionamiento, la mezcla pasa por una válvula reductora donde la presión cae hasta 6 MPa logrando la evaporación parcial del solvente. La temperatura del CO_2 en esta instancia es de $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Para lograr la evaporación total, la mezcla pasa por el IC5 elevando su temperatura hasta $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Entonces:

$$Q_{IC5} = m_{\text{CO}_2} \cdot (h_5 - h_4) = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

Siendo:

h_5 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 5 = $468,57 \text{ kJ/kg}$

h_4 = Entalpía específica a la entrada del intercambiador de calor 5 = $374,41 \text{ kJ/kg}$

Entonces:

$$Q_{IC5} = C_E \cdot (h_5 - h_4)$$

$$Q_{IC5} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (468,57 \text{ kJ/kg} - 403,42 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC5} = 18164 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC5} = 90\%$:

$$\mathbf{Q_{IC5} = 20182 \text{ kJ/h}}$$

Para lograr este calentamiento, se utilizará agua a $90 \text{ }^\circ\text{C}$ y se establece como temperatura de salida del agua $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC5} = 20182 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \text{K}) \cdot (90 - 65) \text{ K}]^{-1}$$

$$m_{AIC5} = \mathbf{192,22 \text{ kg/h}}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m^3 :

$$\mathbf{\text{caudal}_{AIC5} = 0,192 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Por último, luego de la evaporación total, se debe acondicionar el solvente a las condiciones iniciales para ser recirculado. Estas condiciones son: CO₂ en estado líquido a 6 MPa y 10 °C. Se hace circular el solvente por el IC6, entonces:

$$Q_{IC6} = C_E \cdot (h_6 - h_5)$$

Siendo:

h_6 = Entalpía específica a la salida del intercambiador de calor 6 = 222,79 kJ/kg

Entonces:

$$Q_{IC6} = 278,80 \text{ kg CO}_2/\text{h} \cdot (222,79 \text{ kJ/kg} - 468,57 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{IC6} = -68523,5 \text{ kJ/h}$$

Con $\eta_{IC6} = 90\%$:

$$Q_{IC6} = -76138 \text{ kJ/h}$$

Para lograr este enfriamiento, se utilizará agua fría a 2 °C y se establece como temperatura de salida del agua 9 °C. Del balance de energía, la masa y el caudal de agua resultan:

$$m_{AIC6} = -76138 \text{ kJ/h} \cdot [(4,20 \text{ kJ/kg } \cancel{K}) \cdot (2 - 9) \cancel{K}]^{-1}$$

$$m_{AIC6} = 2589,73 \text{ kg/h}$$

Considerando la densidad del agua 1000 kg/m³:

$$\text{caudal}_{AIC6} = 2,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

En la tabla 7.6 se enlista un resumen de los valores obtenidos:

Tabla 7.6 – Balance de energía segundo fraccionamiento

Equipo	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Energía
BMB2	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (26 °C; 20,4 MPa)	L _{BMB2} = 6504,40 kJ/h
IC4	CO ₂ líquido (26 °C; 20,4 MPa)	CO ₂ supercrítico (80 °C; 20,4 MPa)	Q _{IC4} = 39742 kJ/h
VR2	CO ₂ supercrítico (80 °C; 20,4 MPa)	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	-
IC5	CO ₂ gas/extracto (22 °C; 6 MPa)	CO ₂ gas/extracto (50 °C; 6 MPa)	Q _{IC5} = 20182 kJ/h
IC6	CO ₂ gas (50 °C; 6 MPa)	CO ₂ líquido (10 °C; 6 MPa)	Q _{IC6} = -76138 kJ/h

Finalmente, se debe realizar un balance de energía correspondiente al precalentador de la alimentación, la cual debe ingresar a 45 °C para realizar el primer fraccionamiento y cuya temperatura inicial es la temperatura ambiente (18 °C) dado que proviene de un tanque de almacenamiento intermedio. De la operación de esterificado,

se obtienen 18,85 kg/h de destilado esterificado. Como fluido calefactor se utiliza el residuo de la columna de fraccionamiento ($A = 35,6 \text{ kg/h}$), el cual tiene una temperatura de $251 \text{ }^\circ\text{C}$. De esta manera:

$$Q = m c_p \Delta T = D_E c_p \Delta T$$

$$Q = 18,85 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \cdot (45 - 18) \text{ K}$$

$$Q = 1003 \text{ kJ/h}$$

Luego:

$$Q = m c_p \Delta T = A c_p \Delta T$$

$$-1003 \text{ kJ/h} = 35,60 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \cdot (T_F - 524,15) \text{ K}$$

$$T_F = 509,84 \text{ K} = 236,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

CAPITULO 8

Diseño de equipos

Secador

Intercambiadores de calor

Reactor

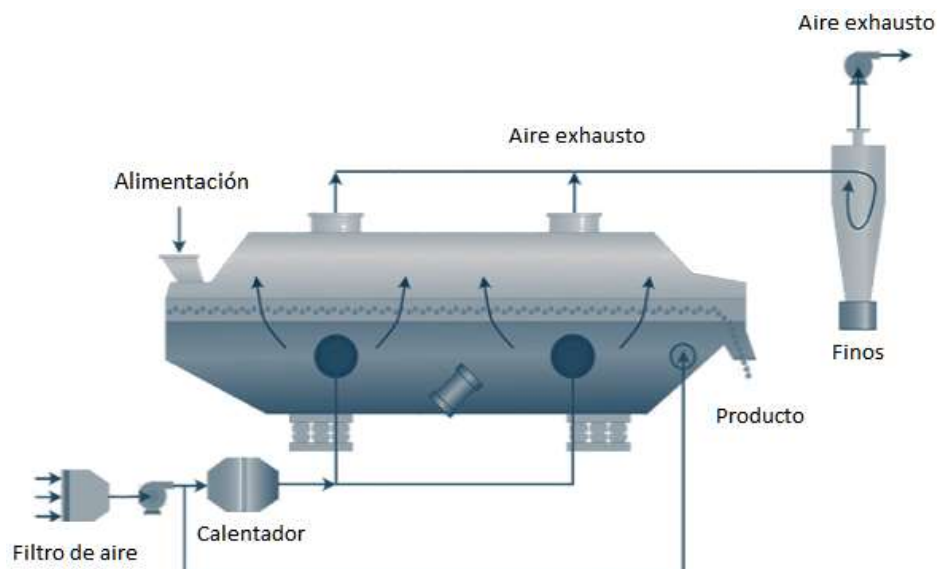
Introducción

En el presente capítulo se plantean los diseños de 3 equipos importantes para el proceso con la información obtenida de los capítulos anteriores.

A – Secador de lecho vibrofluidizado

Para el secado del salvado de arroz se utilizará un secadero de lecho vibrofluidizado. Este diseño es una modificación del secadero de lecho fluidizado estándar, el cual incluye movimientos vibratorios para facilitar el secado. El aire de calentamiento ingresa por debajo de la cubierta de transporte, atraviesa un plato difusor y luego el lecho fluidizado, saliendo a la cubierta de expulsión.

Figura 8.1 – Secadero de lecho vibrofluidizado



Las dimensiones del secador de lecho vibrofluidizado dependen de las siguientes variables:

- Velocidad del gas
- Masa de agua removida
- Tiempo de residencia de la materia prima en el secador
- Rendimiento de procesamiento del material seco

A.I –Diámetro medio de partícula

Con los valores obtenidos del balance de masa, se determina el diámetro medio de las partículas de salvado. La tabla de valores utilizada corresponde a la tabla 6.0 del capítulo 6, entonces:

Corrientes involucradas - Secador	
$S_s = 2587,50$ kg salvado seco/h	
$\omega_{s1} = 0,10$ kg H ₂ O/kg salvado seco	
$\omega_{s2} = 0,05$ kg H ₂ O/kg salvado seco	
$A_s = 8137$ kg aire seco/h	
$\omega_{a1} = 0,0091$ kg H ₂ O/kg aire seco	
$\omega_{a2} = 0,025$ kg H ₂ O/kg aire seco	

$$S_s := 2587.5 \frac{kg}{hr} \text{ salvado seco} \quad \omega_{s1} := 0.10 \quad \omega_{s2} := 0.05$$

$$A_s := 8137 \frac{kg}{hr} \text{ aire seco} \quad \omega_{a1} := 0.0091 \quad \omega_{a2} := 0.025$$

$$\mu_{aire} := 1.984 \cdot 10^{-5} Pa \cdot s \quad \rho_{salvado} := 320 \frac{kg}{m^3}$$

Mesh	D_p ($m \cdot 10^{-6}$)	n_i	uR ($\frac{m}{s}$)
18	1000	0	2.25
30	595	.186	1.8
50	297	.327	.89
80	177	.185	.58
100	149	.108	.38
200	74	.194	.13

$$Dp_{medio} := Dp \cdot n_i = 0.271 \text{ mm}$$

A.II – Velocidades de fluidización

A partir de la tabla anterior, se calcula también la velocidad de fluidización óptima, mínima y de arrastre. La velocidad mínima de fluidización se considera un tercio de la velocidad óptima, mientras que la velocidad de arrastre es 10 veces la velocidad óptima. El valor obtenido para velocidad de arrastre no debe ser superado ya que, de lo contrario, partículas de salvado serian arrastradas por la corriente de aire.

Velocidad óptima de fluidización $V_{\text{óptima}} := n_i \cdot uR = 0.8 \frac{m}{s}$

Velocidad mínima de fluidización $V_{\text{mínima}} := \frac{V_{\text{óptima}}}{3} = 0.266 \frac{m}{s}$

Velocidad de arrastre $V_{\text{arrastre}} := 10 \cdot V_{\text{mínima}} = 2.66 \frac{m}{s}$

A.III – Área de secado

Para calcular el área teórica del secadero, en primer lugar, se calculará el flujo superficial de aire A_{sup} , que depende de la variación de humedad. En el balance de masa se determinó que la humedad absoluta del aire saturado en estas condiciones (TBH = 28,40 °C; HR = 100%) es $\omega_{sat} = 0,025$ kg de H₂O/kg aire seco. De esta manera, se puede asumir que la humedad del aire a lo largo del proceso se mantiene en un punto intermedio respecto de la entrada. Este punto arroja un valor de $\omega_{op} = 0,017$ kg de H₂O/kg aire seco. Con este valor y el de temperatura media (41,5 °C) se obtiene el volumen específico del aire de operación (v), el cual es $v = 0,916$ m³/kg aire seco. Dado que la densidad (ρ) es la inversa del volumen específico, se obtiene entonces:

$$\rho = (0,916 \text{ m}^3/\text{kg aire seco})^{-1} \Rightarrow \rho = 1,092 \text{ kg aire seco/m}^3$$

Restaría obtener el valor de velocidad del aire en m/s para que al multiplicar por la densidad nos permita obtener un valor de flujo de aire. La velocidad de circulación del aire se calcula a partir de la distribución de tamaño de partículas del salvado de arroz, el cual se obtiene de estudios (Luh et al. 1991), arrojando la siguiente distribución:

Tabla 6.0 – Distribución del tamaño de partícula y velocidades del aire

Mesh	Tamaño de partícula (µm)	Fracción (n _i)	Velocidad recomendada (u _R), m/s (Fuente: Perry)
18	>1000	0	2,25
30	595	0,186	1,8
50	297	0,327	0,89
80	177	0,185	0,58
100	149	0,108	0,38
200	<149	0,194	0,13

Para calcular la velocidad del aire (u_0), se estima un valor medio a partir de la distribución: $u_0 = \sum u_R \cdot n_i = 0,80$ m/s. Luego solo resta calcular el flujo superficial de aire:

$$u_0 \cdot \rho = 0,873 \text{ kg aire seco/s} \cdot \text{m}^2 = A_{sup} = 3143 \text{ kg aire seco/h} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{sup} + A_{sup} \cdot \omega_{op} = A_{T_sup} = 3196,43 \text{ kg aire/h} \cdot \text{m}^2$$

Del balance de masa, se sabe que la cantidad de aire que se tiene que entregar en 1 hora es 8137 kg aire seco/hora. De esta manera, se puede calcular el área teórica por la relación entre la masa de aire seco y el flujo superficial:

$$\text{Area_teórica} = A_s/A_{sup} = 8137 \text{ kg aire seco/h} / 3143 \text{ kg aire seco/h} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Area_teórica} = 2,60 \text{ m}^2$$

A.III – Coeficiente de transferencia (h)

Para el cálculo del coeficiente de transferencia, se utilizó la correlación empírica para lecho empacado. Esta correlación se utilizó dado que, a diferencia de las otras, asegura el flujo cruzado del aire a través del salvado. Se presentan los cálculos:

Table Q3.1. Empirical Equations for Interphase Heat-Transfer Coefficients for Application to Dryers (h in W/m²·K, G in kg/hr·m², d_p in m)

Geometry	Equation
Flat-plate, parallel flow	$h = 0.0204G^{0.8}$ ($T_d = 45-150^\circ\text{C}$, $G = 2,450-29,300$) (1)
Flat-plate, perpendicular, impingement flow	$h = 1.17G^{0.57}$ ($G = 3,900-19,500$) (2)
Packed beds, through-circulation	$h = 0.151G^{0.59}/d_p^{0.41}$, ($N_{Re} > 350$) (3)
	$h = 0.214G^{0.49}/d_p^{0.51}$, ($N_{Re} < 350$) (4)
Fluidized beds	$N_{St} = 0.0133N_{Re}^{1.6}$ ($0 < N_{Re} < 80$) (5)
Pneumatic conveyors	$N_{St} = 0.316N_{Re}^{0.8}$ ($8 < N_{Re} < 500$) (6)
Droplets in spray dryers	$N_{St} = 2 + 1.05N_{Re}^{0.7}N_{Pr}^{1/3}N_{Gc}^{0.175}$ ($N_{Re} < 1000$) (7)
Spouted beds	$N_{St} = 0.0005N_{Re}^{1.46}(u/u_s)^{1/3}$ (8)

$N_{Re} = d_p G / \mu$, $N_{St} = h d_p / k$, $N_{Pr} = C_p \mu / k$, $N_{Gc} = d_p G_s / \mu$
 G_s = mass velocity for incipient spouting
 u = velocity, u_s = incipient spouting velocity
 $N_{Gc} = (T_d - T_w) / T_d$ in absolute temperature
 d_p = particle size, C_p = specific heat of gas
 μ = viscosity of gas, k = thermal conductivity of gas

$$\lambda_w := 2200 \frac{J}{gm}$$

$$k_{aire} := 0.029 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$At_{adim} := 3196.43$$

$$Dp_{adim} := 2.71 \cdot 10^{-4}$$

Constraints	Guess Values	$h := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
		$h = \frac{0.214 \cdot At_{adim}^{0.49}}{Dp_{adim}^{0.51}} \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Solver		$h := \text{find}(h) = 736.01 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

De esta forma, se obtuvo un valor del coeficiente **h = 736,01 W/m² K**. Por último, se verifica la utilización de la correlación con el Re (<350), el cual arroja un valor de 13.

$$\frac{D_p G}{\mu} < 350$$

A.IV – Velocidad de secado

Para el cálculo de la velocidad de secado del equipo, se fijó que el salvado circula a través del secadero en 1 hora, por lo que el tiempo de secado debe ser igual o menor a este valor para evitar acumulación del material. De esta manera, se determinó que la velocidad de secado es:

$$S_s := 2587.5 \text{ kg} \quad T_2 := 338.15 \text{ K} \quad \omega_{s1} = 0.1 \quad td := 1 \text{ hr}$$

$$T_{bh} := 301.55 \text{ K} \quad \omega_{s2} = 0.05$$

$$V_s := \frac{h \cdot (T_2 - T_{bh})}{\lambda w} = 44.08 \frac{\text{kg}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

De esta forma, el equipo es capaz de evaporar 44,08 kg H₂O/h m², entonces se podrá calcular el área mínima:

Guess Values	$Area := 1 \text{ m}^2$
Constraints	$td = S_s \cdot \left(\frac{\omega_{s1} - \omega_{s2}}{Area \cdot V_s} \right)$
Solver	$Area_{min} := \text{find}(Area) = 2.93 \text{ m}^2$

El área mínima resulta 2.93 m², levemente superior al área teórica calculada previamente. Esto indica que este equipo puede secar las cantidades propuestas en 1 hora y 9 minutos, el cual es mayor al tiempo propuesto de 1 hora. Sin embargo, el equipo se sobredimensionará un 25%, con lo cual cumplirá perfectamente con el requerimiento, entonces:

$$Area_{equipo} = Area_{min} \cdot 1,25 = 3,66 \text{ m}^2$$

Posteriormente, se calcula el tiempo real de secado, dando como resultado 0.80 horas (48 minutos). Se asume que el tiempo de secado del sólido se realiza considerando solamente la etapa de velocidad de secado constante.

$$Area := 3.66 \text{ m}^2$$

$$td := S_s \cdot \left(\frac{\omega_{s1} - \omega_{s2}}{Area \cdot V_s} \right) = 48.11 \text{ min}$$

A.V – Caudal mínimo de aire

El cálculo del caudal mínimo de aire resulta:

$$\rho_{\text{aire}} := 1.044 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Caudal}_{\text{min}} := \frac{A_s}{\rho_{\text{aire}}} = 2.17 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Por último, se determina la velocidad mínima del aire para que no se supere la velocidad de arrastre y que las partículas de salvado escapen por la salida de aire:

$$V_{\text{óptima}} = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{\text{min}} := \frac{\text{Caudal}_{\text{min}}}{\text{Area}} = 0.59 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{\text{arrastre}} = 2.665 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se aprecia que la velocidad mínima está cercana a la velocidad óptima y no supera la velocidad de arrastre, por lo que se acepta este valor.

A.VI – Características del lecho

Densidad máxima del lecho ³⁷

Se calcula mediante correlación definiendo el diámetro medio de partícula adimensional (en mm) arrojando un valor de 66.23 kg/m³.

$$Dp_{\text{adim_mm}} := 0.271$$

$$\rho_{\text{max}} := 0.365 \cdot \rho_{\text{salvado}} \cdot \log\left(\frac{1}{Dp_{\text{adim_mm}}}\right) = 66.23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Porosidad mínima de fluidización (ϵ_{mf})

Se determina mediante correlación. En este caso primeramente se define el diámetro medio de partícula adimensional en μm . Se obtuvo un valor de $\epsilon_{mf} = 0.49$

$Dp_{\text{adim}} := 271$ Se define el valor del tamaño medio de partícula adimensional

En el caso de lechos de partículas con diámetros (d_p en μm) entre 50- 500 μm , se puede usar la expresión:

$$\epsilon_{mf} = 1 - 0.356 (\log d_p - 1) \quad (9)$$

$$\epsilon_{mf} := 1 - 0.356 \cdot (\log(Dp_{\text{adim}}) - 1) = 0.49$$

³⁷ Apunte de fluidización, Facultad de Ing. Química, Univ. Nacional de San Cristóbal de Huamanga (Perú)

Porosidad del lecho (ϵ)

Se calcula la porosidad del lecho necesaria para lograr la fluidización. En principio se determina el número de Reynolds para las velocidades mínimas y de arrastre. Posteriormente, se arma un gráfico logarítmico y se observa la porosidad del lecho de acuerdo con la velocidad mínima obtenida anteriormente:

$$Re_{min_teorico} := \frac{V_{minima} \cdot \rho_{aire} \cdot Dp_medio}{\mu_{aire}} = 3.8$$

$$Re_{arrastre} := \frac{V_{arrastre} \cdot \rho_{aire} \cdot Dp_medio}{\mu_{aire}} = 38$$

$$Re_{optimo} := \frac{V_{optima} \cdot \rho_{aire} \cdot Dp_medio}{\mu_{aire}} = 11.4$$

$$Re_{min_calculado} := \frac{V_{min} \cdot \rho_{aire} \cdot Dp_medio}{\mu_{aire}} = 8.4$$

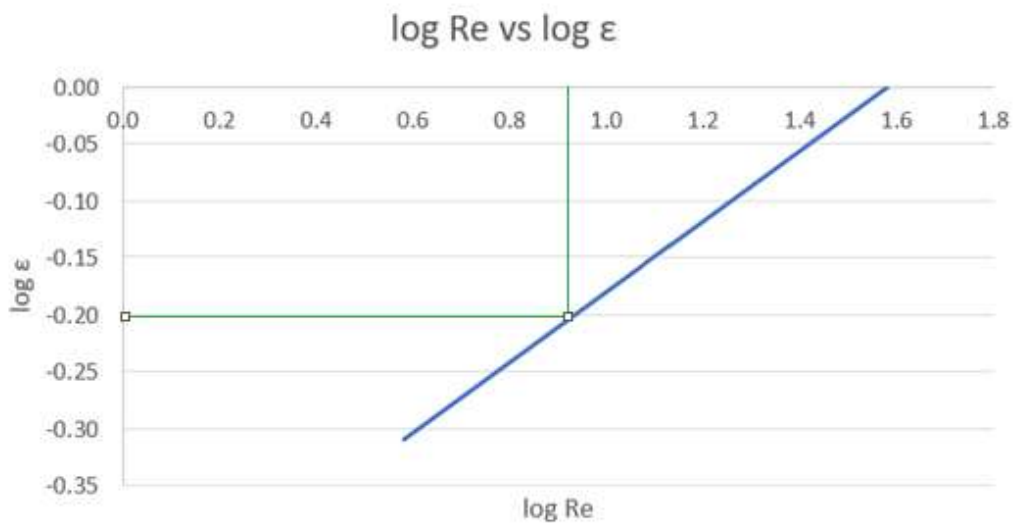
$$\log(Re_{min_teorico}) = 0.58 \quad \epsilon_{mf} = 0.49 \quad \log(\epsilon_{mf}) = -0.31$$

$$\log(Re_{arrastre}) = 1.58$$

$$\log(Re_{min_calculado}) = 0.93$$

Ingresando al gráfico con el valor de $\log(Re_{min_calculado}) = 0.93$ se obtiene el valor correspondiente al logaritmo de la porosidad, el cual debe ser mayor al valor mínimo calculado:

Gráfico 8.1 – $\log Re$ vs. $\log \epsilon$



Del gráfico se obtuvo que para un valor de Reynolds mínimo calculado, el logaritmo de la porosidad correspondiente es $\log \varepsilon = -0,2$, por lo tanto, la porosidad del lecho será: $\varepsilon = 0,63$ la cual es mayor a la porosidad mínima de fluidización.

A.VII – Selección del equipo

Se opta por adoptar un secadero estandarizado marca Chuangke, el cual posee características útiles para el proceso en cuestión, tales como:

- Genera un estado de fluidización uniforme y no hay espacios muertos logrando sólidos frescos y secos.
- Posee un amplio campo de aplicación.
- El daño de la superficie de la materia prima es pequeño, por lo que se puede usar para materias primas que se rompen fácilmente.
- La estructura está completamente sellada y es eficaz para evitar la contaminación cruzada de las materias primas. En otras palabras, el entorno de trabajo se mantiene limpio.
- Posee mecánica robusta y el calor generado es alto.
- Efectivo ahorro de energía. En comparación con un secador normal, se ahorra un 30-60% de energía.

Para seleccionar el equipo, debemos recordar que el área mínima de intercambio fue $2,93 \text{ m}^2$. Las áreas estandarizadas del secadero son las siguientes:

Tabla 8.1 – Modelos de secadero de lecho vibrofluidizado discontinuo

Model	Area of fluidized-bed (M2)	Temperature of inlet air (°C)	Temperature of outlet (°C)	Capacity to vapor moisture (kg)	Vibration motor	
					Model	Power Kw
ZLG3x0.30	0.9	70-140	40-70	20-35	ZDS31-6	0.8x2
ZLG4.5x0.30	1.35	70-140	40-70	35-50	ZDS31-6	0.8x2
ZLG4.5x0.45	2.025	70-140	40-70	50-70	ZDS32-6	1.1x2
ZLG4.5x0.60	2.7	70-140	40-70	70-90	ZDS32-6	1.1x2
ZLG6x0.45	2.7	70-140	40-70	80-100	ZDS41-6	1.5x2
ZLG6x0.60	3.6	70-140	40-70	100-130	ZDS41-6	1.5x2
ZLG6x0.75	4.5	70-140	40-70	120-140	ZDS42-6	2.2x2
ZLG6x0.9	5.4	70-140	40-70	140-170	ZDS42-6	2.2x2ZLG
ZLG7.5x0.60	4.5	70-140	40-70	130-150	ZDS42-6	2.2x2
ZLG7.5x0.75	5.625	70-140	40-70	150-180	ZDS51-6	3.0x2
ZLG7.5x0.9	6.75	70-140	40-70	160-210	ZDS51-6	3.0x2
ZLG7.5x1.2	9	70-140	40-70	200-260	ZDS51-6	3.0x2

Se decide adquirir el modelo ZLG6x0.75. Este secadero brinda un área fluidizada de 4.5 m² para una futura expansión de la planta. por lo que se procede a calcular nuevamente el tiempo de secado, esta vez correspondiente al equipo que se va a utilizar Se obtuvo un valor de 40 minutos, inferior al valor calculado inicialmente.

$$Area := 4.5 \text{ m}^2$$

$$td := Ss \cdot \left(\frac{\omega s1 - \omega s2}{Area \cdot Vs} \right) = 39.13 \text{ min}$$

Finalmente, en la siguiente tabla, se deja registro del peso aproximado del equipo, el cual es 2840 kg.

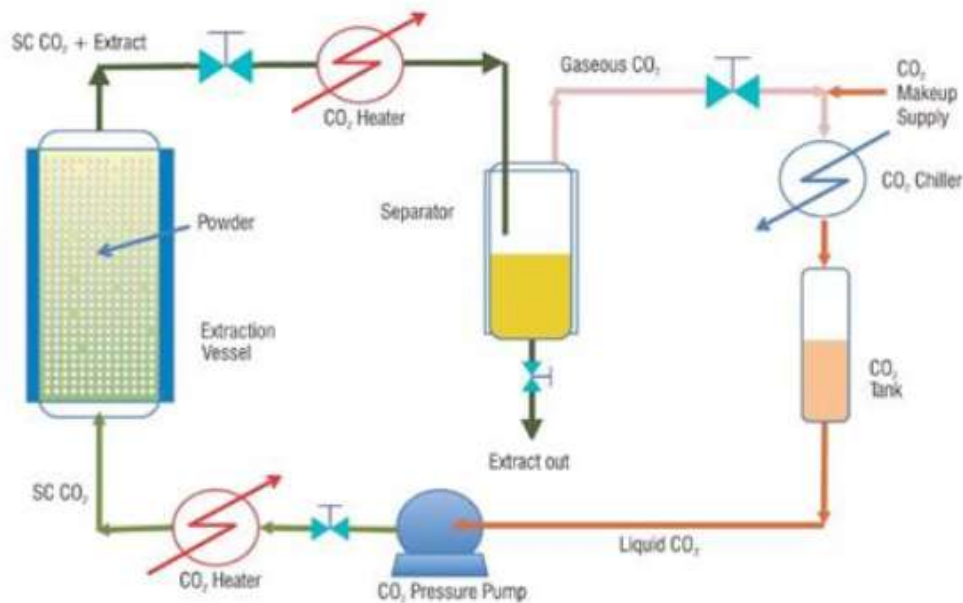
Tabla 8.2 – Modelos de secadero de lecho vibrofluidizado

Technical Parameter

Size Model	A	B	C	D	E	F	Weight(kg)
ZLG3x0.30	3000	300	1350	900	430	1650	1250
ZLG4.5x0.30	4500	300	1350	900	430	1650	1250
ZLG4.5x0.45	4500	450	1550	950	430	1700	1670
ZLG4.5x0.60	4500	600	1650	950	430	1700	1670
ZLG6x0.45	6000	450	1650	950	430	1700	2100
ZLG6x0.60	6000	600	1700	1000	500	1700	2410
ZLG6x0.75	6000	750	1850	1000	600	1850	2840

B - Intercambiadores de calor

Para la extracción del aceite de salvado de arroz se utiliza CO_2 , el cual atraviesa una serie de intercambiadores de calor que acondicionan el solvente para las diferentes etapas del proceso. En la figura que se presenta a continuación (figura 5.1 del capítulo 5), se detallan los 2 intercambiadores que se diseñarán, comenzando por el intercambiador posterior a la bomba y continuando con el intercambiador previo al separador:



Se determina utilizar intercambiadores de doble tubo, ya que son una mejor elección para utilizar a altas presiones, dado que tanto los primeros dos intercambiadores como el evaporador trabajan a 25 MPa y 6 MPa respectivamente. El resto de los parámetros y especificaciones quedan definidos durante los diseños.

B.I - Intercambiador de calor I

A continuación, se detalla el diseño del primer intercambiador. Por el lado del tubo interno circulara el dióxido de carbono (frio, alta presión), mientras que por el tubo externo el fluido calefactor (agua a $90\text{ }^\circ\text{C}$). El fluido calefactor se seleccionó debido a su adecuada capacidad calorífica y conductividad térmica. Se definen las propiedades físicas de ambas corrientes:

B.I.I - Propiedades físicas de las corrientes involucradas**Fluido frío (CO2) - Tubo interno**

Flujo másico:	$m_{CO2} := 12225.94 \frac{kg}{hr}$
Temperatura de entrada:	$t_{CO2_i} := 30 \text{ } ^\circ C$
Temperatura de salida:	$t_{CO2_o} := 80 \text{ } ^\circ C$
Factor de ensuciamiento	$R_{CO2} := 0.0001763 \text{ } m^2 \cdot (W \cdot K)^{-1}$

Propiedades de la corriente fría (CO2)

Densidad:	$\rho_{CO2} := 804.3 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad:	$\mu_{CO2} := 0.07655 \text{ } cp$
Calor específico:	$cp_{CO2} := 2136.5 \text{ } J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$
Conductividad térmica:	$k_{CO2} := 0.093 \text{ } W \cdot (m \cdot K)^{-1}$

Fluido caliente (H2O) - tubo externo

Flujo másico:	$m_{H2O} := 22857.14 \frac{kg}{hr}$
Temperatura de entrada:	$T_{H2O_i} := 90 \text{ } ^\circ C$
Temperatura de salida:	$T_{H2O_o} := 75 \text{ } ^\circ C$
Factor de ensuciamiento	$R_{H2O} := 0.00018 \text{ } m^2 \cdot (W \cdot K)^{-1}$

Propiedades de la corriente caliente (H2O)

Densidad:	$\rho_{H2O} := 970.05 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad:	$\mu_{H2O} := 0.3455 \text{ } cp$
Calor específico:	$cp_{H2O} := 4199 \text{ } J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$
Conductividad:	$k_{H2O} := 0.6685 \text{ } W \cdot (m \cdot K)^{-1}$

B.I.II - Diámetros de cañería

Posteriormente se define el diámetro de cañería. El CO₂ que atraviesa este intercambiador (IC1) se encuentra a 25 MPa por lo que el diámetro de cañería interna a utilizar es 1,5" SCH 40 acero 316. Por el lado del tubo externo se utiliza un tubo de 3" SCH 40 acero 316.

Tubería interna (tubería de acero inoxidable de 1.5" SCH 40)

Diámetro interno: $d_i := 1.5 \text{ in} = 38.1 \text{ mm}$
 Diámetro externo: $d_o := 1.9 \text{ in} = 48.26 \text{ mm}$

Tubería externa (tubería de acero inoxidable de 3.5" SCH 40)

Diámetro interno: $D_i := 3.5 \text{ in} = 88.9 \text{ mm}$
 Diámetro externo: $D_o := 4 \text{ in} = 101.6 \text{ mm}$

B.I.III - Cálculo del LMTD

Luego de definidos todos los parámetros, se calcula la diferencia de temperatura media logarítmica. Para todos los equipos se utiliza un régimen de flujo a contracorriente.

$$\Delta T_1 := T_{H_2O_i} - t_{CO_2_o} = 10 \text{ } \Delta^\circ\text{C} \quad \Delta T_2 := T_{H_2O_o} - t_{CO_2_i} = 45 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

$$LMTD := \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = 23.27 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

B.I.IV - Cálculo del coeficiente global (U)

Se realizarán los cálculos para obtener el coeficiente global de transferencia de energía térmica (U). Para obtenerlo, primero deberemos obtener los números adimensionales, áreas de flujo y velocidades que nos permitan despejar los coeficientes de transferencia pelicular interno y externo:

Area de flujo tubo interno (Ai)

$$D_{ei} := d_i = 38.1 \text{ mm}$$

$$A_i := \pi \cdot \left(\frac{d_i^2}{4}\right) = 11.4 \text{ cm}^2$$

Area de flujo anular tubo externo (Ao)

$$D_{eo} := D_i - d_o = 40.64 \text{ mm}$$

$$A_o := \pi \cdot \left(\frac{D_i^2 - d_o^2}{4}\right) = 43.78 \text{ cm}^2$$

Velocidad interna (vi)

$$v_i := \frac{m_{CO2}}{\rho_{CO2} \cdot A_i} = 3.704 \frac{m}{s}$$

Velocidad externa (vo)

$$v_o := \frac{m_{H2O}}{\rho_{H2O} \cdot A_o} = 1.495 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds interno (Rei)

$$Re_i := \frac{D_{ei} \cdot v_i \cdot \rho_{CO2}}{\mu_{CO2}} = 1482585$$

Número de Reynolds externo (Reo)

$$Re_o := \frac{D_{eo} \cdot v_o \cdot \rho_{H2O}}{\mu_{H2O}} = 170590$$

Número de Prandtl interno (Pri)

$$Pr_i := \frac{c_{p_{CO2}} \cdot \mu_{CO2}}{k_{CO2}} = 1.76$$

Número de Prandtl externo (Pro)

$$Pr_o := \frac{c_{p_{H2O}} \cdot \mu_{H2O}}{k_{H2O}} = 2.17$$

Para calcular los coeficientes peliculares, se define un largo de cañería. Para el presente proyecto, la cañería seleccionada tiene 6 metros. Luego se utilizaron las correlaciones de Gnielinski para tubo interno y Dittus-Boelter para tubo externo. Posteriormente se obtienen cada una de las h.

Correlación de Gnielinski

$$Nu = \frac{\left(\frac{f_i}{8}\right) \cdot (Re - 1000) \cdot Pr \cdot \left(1 + \frac{De}{L}\right)^{\frac{2}{3}}}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} \cdot \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}}$$

Correlacion de Dittus-Boelter

$$Nu_o := 0.023 \cdot Re_o^{0.8} \cdot Pr_o^{0.4}$$

El factor de corrección de viscosidades debido a la temperatura de pared se considera 1. Luego, se calculan los factores de fricción, el número de Nusselt y los coeficientes peliculares interno y externo para finalmente obtener el coeficiente global U.

Factor de fricción interno (fi)

$$f_i := (0.782 \cdot \ln(Re_i) - 1.51)^{-2} = 0.011$$

Factor de fricción externo (fo)

$$f_o := (0.782 \cdot \ln(Re_o) - 1.51)^{-2} = 0.016$$

Número de Nusselt interno (Nui)

$$Nu_i := \frac{\left(\frac{f_i}{8}\right) \cdot (Re_i - 1000) \cdot Pr_i \cdot \left(1 + \frac{D_{ei}}{L_{tubo}}\right)^{\frac{2}{3}}}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_i}{8}\right)^{0.5} \cdot \left(Pr_i^{\frac{2}{3}} - 1\right)}$$

Número de Nusselt externo (Nu_o)

$$Nu_o := 0.023 \cdot Re_o^{0.8} \cdot Pr_o^{0.4}$$

$$Nu_i = 2923$$

$$Nu_o = 481$$

Coefficiente pelicular interno (hi)

Guess Values	$hi := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{hi \cdot Dei}{k_{CO2}} = Nui$
Solver	$hi := \text{find}(hi) = 7134.97 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Coefficiente pelicular externo (ho)

Guess Values	$ho := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{ho \cdot Deo}{k_{H2O}} = Nuo$
Solver	$ho := \text{find}(ho) = 7907.44 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Coefficiente global de transferencia de energía térmica (U)

Conductividad térmica del acero: $k_{acero} := 16.3 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$

Factor de ensuciamiento interno: $Ri := 0.0001763 \text{ hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \Delta^\circ\text{C} \cdot \text{kcal}^{-1}$

Factor de ensuciamiento externo: $Ro := 0.00018 \text{ hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \Delta^\circ\text{C} \cdot \text{kcal}^{-1}$

Guess Values	$U := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{1}{U} = \frac{do}{hi \cdot di} + \frac{do \cdot \ln\left(\frac{do}{di}\right)}{2 \cdot k_{acero}} + \frac{1}{ho} + Ri \cdot \frac{do}{di} + Ro$
Solver	$U := \text{find}(U) = 999.28 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

B.I.V - Temperatura de pared

Se calcula la temperatura de pared Tw:

$$\text{Temperatura media del H}_2\text{O: } T_m := \frac{(T_{H_2O_i} + T_{H_2O_o})}{2} = 82.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura media del CO}_2: t_m := \frac{(t_{CO_2_i} + t_{CO_2_o})}{2} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de pared: } T_w := \frac{\left(h_i \cdot t_m + h_o \cdot T_m \cdot \frac{d_o}{d_i} \right)}{h_i + h_o \cdot \frac{d_o}{d_i}} = 71.06 \text{ }^\circ\text{C}$$

B.I.VI - Área de intercambio y cantidad de tubos

Finalmente, se obtiene un área de 17 m² y 10 tubos:

Cálculo del área de intercambio

Se define la unidad: $kJ := 1000 J$

$$\text{Calor intercambiado en el IC 1: } Q_{IC1} := 1440000 \frac{kJ}{hr}$$

$$\text{Area} := \frac{Q_{IC1}}{U \cdot LMTD} = 17.2 \text{ m}^2$$

Cálculo de la longitud y cantidad de tubos

$$\text{Longitud requerida: } L_{requerido} := \frac{\text{Area}}{\pi \cdot d_o} = 113.46 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de tubos teóricos: } N_{teorico} := \frac{L_{requerido}}{(2 \cdot L_{tubo})} = 9.455$$

$$\text{Cantidad de tubos reales: } N_{tubos} := \text{ceil}(N_{teorico}) \rightarrow 10$$

$$\text{Longitud final: } L_{final} := 2 \cdot N_{tubos} \cdot L_{tubo} = 120 \text{ m}$$

B.I.VII - Caída de presión interna

Se adopta como criterio una caída de presión máxima de 0.1 MPa. De esta manera se puede asegurar que la operación se lleve a cabo correctamente:

$$\text{Factor de fricción externo: } f_{po} := 0.3673 \cdot Re_o^{-0.2314} = 0.0226$$

$$\text{Flujo másico de H2O: } H_o := \frac{m_{H2O}}{A_o} = 1450.27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\text{Gravedad específica: } SG_o := \frac{\rho_{H2O}}{\rho_{H2O}} = 1$$

Caída de presión interna en tramos de cañería recta

Se definen los valores adimensionales en unidades inglesas para hacer uso de la correlación. Así, se obtiene la caída de presión interna por tramo de cañería recta en libras por pulgada cuadrada.

$$L_{final_{Adim}} := 314.95 \quad C_{i_{Adim}} := 340496.25 \quad d_{i_{Adim}} := 0.3333$$

$$\text{Caída de presión interna (cañerías rectas): } \Delta P_{i_r} := \frac{f_{pi} \cdot L_{final_{Adim}} \cdot C_{i_{Adim}}^2}{(7.5 \cdot 10^{12}) \cdot d_{i_{Adim}} \cdot SG_i} \cdot 1 \text{ psi} = 0.2415 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_r} = 0.017 \text{ bar}$$

Caída de presión interna por cambios de dirección

$$\text{Caída de presión interna (accesorios): } \Delta P_{i_a} := (1.6 \cdot 10^{-13}) \cdot (2 N_{tubos} - 1) \frac{C_{i_{Adim}}^2}{SG_i} \cdot 1 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_a} = 0.425 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_a} = 0.029 \text{ bar}$$

Caída de presión interna total

$$\Delta P_{i_{Total}} := \Delta P_{i_r} + \Delta P_{i_a} = 0.046 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{i_{Total}} = 0.005 \text{ MPa}$$

B.I.VIII - Caída de presión externa

Se adopta como criterio una caída de presión máxima de 0.1 MPa. De esta manera se puede asegurar que la operación se lleve a cabo correctamente:

$$\text{Factor de fricción externo: } f_{po} := 0.3673 \cdot Re_o^{-0.2314} = 0.0226$$

$$\text{Flujo másico de H}_2\text{O: } Ho := \frac{m_{H_2O}}{Ao} = 1450.27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\text{Gravedad específica: } SGo := \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} = 1$$

$$\text{Factor de corrección de viscosidades por temp. de pared (se considera 1)} \Rightarrow \mu_{wo} := \mu_{H_2O}$$

Caída de presión externa en tramos de cañería recta

Se utilizan los valores adimensionales en unidades inglesas para hacer uso de la correlación. Así, se obtiene la caída de presión externa por tramo de cañería recta en libras por pulgada cuadrada.

$$Ho = 1069338 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \cdot \text{hr}} \Rightarrow Ho_{Adim} := \frac{Ho}{\frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \cdot \text{hr}}} = 1.069 \cdot 10^6 \quad Deo_{Adim} := \frac{Deo}{\text{ft}} = 0.133$$

$$\text{Caída de presión externa (cañerías rectas): } \Delta P_{o_r} := \frac{f_{po} \cdot L_{final_{Adim}} \cdot Ho_{Adim}^2}{(7.5 \cdot 10^{12}) \cdot Deo_{Adim} \cdot SGo} \cdot 1 \text{ psi} = 8.1436 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{o_r} = 0.5615 \text{ bar}$$

Caída de presión externa por cambios de dirección

$$\text{Caída de presión externa (accesorios): } \Delta P_{o_a} := (1.6 \cdot 10^{-13}) \cdot (2 N_{tubos} - 1) \frac{Ho_{Adim}^2}{SGo} \cdot 1 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{o_a} = 3.476 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{o_a} = 0.24 \text{ bar}$$

Caída de presión externa total

$$\Delta P_{o_{Total}} := \Delta P_{o_r} + \Delta P_{o_a} = 0.801 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{o_{Total}} = 0.08 \text{ MPa}$$

B.II - Intercambiador de calor II

A continuación, se detalla el diseño del segundo intercambiador. Por el lado del tubo interno circulara el dióxido de carbono, mientras que por el tubo externo el fluido calefactor (agua a 90 °C). Se utilizaron las mismas consideraciones que en el intercambiador anterior. Se definen las propiedades físicas de ambas corrientes:

B.II.I - Propiedades físicas de las corrientes involucradas

Fluido frío (CO₂) - Tubo interno

Flujo másico:	$m_{CO_2} := 12225.94 \frac{kg}{hr}$
Temperatura de entrada:	$t_{CO_2_i} := 22 \text{ } ^\circ C$
Temperatura de salida:	$t_{CO_2_o} := 30 \text{ } ^\circ C$
Factor de ensuciamiento	$R_{CO_2} := 0.0001763 \text{ } m^2 \cdot (W \cdot K)^{-1}$

Propiedades de la corriente fría (CO₂)

Densidad:	$\rho_{CO_2} := 191.05 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad:	$\mu_{CO_2} := 0.0184 \text{ } cp$
Calor específico:	$cp_{CO_2} := 3984 \text{ } J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$
Conductividad térmica:	$k_{CO_2} := 0.0326 \text{ } W \cdot (m \cdot K)^{-1}$

Fluido caliente (H₂O) - tubo externo

Flujo másico:	$m_{H_2O} := 15339.57 \frac{kg}{hr}$
Temperatura de entrada:	$T_{H_2O_i} := 90 \text{ } ^\circ C$
Temperatura de salida:	$T_{H_2O_o} := 75 \text{ } ^\circ C$
Factor de ensuciamiento	$R_{H_2O} := 0.00018 \text{ } m^2 \cdot (W \cdot K)^{-1}$

Propiedades de la corriente caliente (H₂O)

Densidad:	$\rho_{H_2O} := 970.05 \frac{kg}{m^3}$
Viscosidad:	$\mu_{H_2O} := 0.3455 \text{ } cp$
Calor específico:	$cp_{H_2O} := 4199 \text{ } J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$
Conductividad:	$k_{H_2O} := 0.6685 \text{ } W \cdot (m \cdot K)^{-1}$

B.II.II - Diámetros de cañería

Posteriormente se define el diámetro de cañería. El CO₂ que atraviesa este intercambiador (IC2) se encuentra a 6 MPa. El diámetro de cañería interna a utilizar es 2,5" SCH 40 acero 316. Por el lado del tubo externo se utiliza un tubo de 4" SCH 40 acero 316.

Tubería interna (tubería de acero inoxidable de 2,5" SCH 40)

Diámetro interno: $d_i := 2.5 \text{ in} = 63.5 \text{ mm}$

Diámetro externo: $d_o := 2.875 \text{ in} = 73.03 \text{ mm}$

Tubería externa (tubería de acero inoxidable de 4" SCH 40)

Diámetro interno: $D_i := 4 \text{ in} = 101.6 \text{ mm}$

Diámetro externo: $D_o := 4.5 \text{ in} = 114.3 \text{ mm}$

B.II.III - Cálculo del LMTD

Luego de definidos todos los parámetros, se calcula la diferencia de temperatura media logarítmica. Para todos los equipos se utiliza un régimen de flujo a contracorriente.

$$\Delta T_1 := T_{H_2O_i} - t_{CO_2_o} = 60 \text{ } \Delta^\circ C$$

$$\Delta T_2 := T_{H_2O_o} - t_{CO_2_i} = 53 \text{ } \Delta^\circ C$$

$$LMTD := \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = 56.43 \text{ } \Delta^\circ C$$

B.II.IV - Cálculo del coeficiente global (U)

Se realizarán los cálculos para obtener el coeficiente global de transferencia de energía térmica (U). Para obtenerlo, primero deberemos obtener los números adimensionales, áreas de flujo y velocidades que nos permitan despejar los coeficientes de transferencia pelicular interno y externo:

Area de flujo tubo interno (A_i)

$$D_{ei} := d_i = 63.5 \text{ mm}$$

$$A_i := \pi \cdot \left(\frac{d_i^2}{4}\right) = 31.67 \text{ cm}^2$$

Area de flujo anular tubo externo (A_o)

$$D_{eo} := D_i - d_o = 28.575 \text{ mm}$$

$$A_o := \pi \cdot \left(\frac{D_i^2 - d_o^2}{4}\right) = 39.19 \text{ cm}^2$$

Velocidad interna (vi)

$$v_i := \frac{m_{CO2}}{\rho_{CO2} \cdot A_i} = 5.613 \frac{m}{s}$$

Velocidad externa (vo)

$$v_o := \frac{m_{H2O}}{\rho_{H2O} \cdot A_o} = 1.121 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds interno (Rei)

$$Re_i := \frac{D_{ei} \cdot v_i \cdot \rho_{CO2}}{\mu_{CO2}} = 3700823$$

Número de Reynolds externo (Reo)

$$Re_o := \frac{D_{eo} \cdot v_o \cdot \rho_{H2O}}{\mu_{H2O}} = 89922$$

Número de Prandtl interno (Pri)

$$Pr_i := \frac{c_{p_{CO2}} \cdot \mu_{CO2}}{k_{CO2}} = 2.25$$

Número de Prandtl externo (Pro)

$$Pr_o := \frac{c_{p_{H2O}} \cdot \mu_{H2O}}{k_{H2O}} = 2.17$$

Para calcular los coeficientes peliculares, se define un largo de cañería. Para el presente proyecto, la cañería seleccionada tiene 6 metros. Luego se utilizaron las correlaciones de Gnielinski para tubo interno y Dittus-Boelter para tubo externo. Posteriormente se obtienen cada una de las h.

Correlación de Gnielinski

$$Nu = \frac{\left(\frac{f_i}{8}\right) \cdot (Re - 1000) \cdot Pr \cdot \left(1 + \frac{De}{L}\right)^{\frac{2}{3}}}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} \cdot \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}}$$

Correlacion de Dittus-Boelter

$$Nu_o := 0.023 \cdot Re_o^{0.8} \cdot Pr_o^{0.4}$$

El factor de corrección de viscosidades debido a la temperatura de pared se considera 1. Luego, se calculan los factores de fricción, el número de Nusselt y los coeficientes peliculares interno y externo para finalmente obtener el coeficiente global U.

Factor de fricción interno (fi)

$$f_i := (0.782 \cdot \ln(Re_i) - 1.51)^{-2} = 0.009$$

Factor de fricción externo (fo)

$$f_o := (0.782 \cdot \ln(Re_o) - 1.51)^{-2} = 0.018$$

Número de Nusselt interno (Nui)

$$Nu_i := \frac{\left(\frac{f_i}{8}\right) \cdot (Re_i - 1000) \cdot Pr_i \cdot \left(1 + \frac{D_{ei}}{L_{tubo}}\right)^{\frac{2}{3}}}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_i}{8}\right)^{0.5} \cdot \left(Pr_i^{\frac{2}{3}} - 1\right)}$$

Número de Nusselt externo (Nuo)

$$Nu_o := 0.023 \cdot Re_o^{0.8} \cdot Pr_o^{0.4}$$

$$Nu_i = 7500$$

$$Nu_o = 288$$

Coefficiente pelicular interno (hi)

Guess Values	$hi := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{hi \cdot Dei}{k_{CO2}} = Nui$
Solver	$hi := \text{find}(hi) = 3850.64 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Coefficiente pelicular externo (ho)

Guess Values	$ho := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{ho \cdot Deo}{k_{H2O}} = Nuo$
Solver	$ho := \text{find}(ho) = 6738.03 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Coefficiente global de transferencia de energía térmica (U)

Conductividad térmica del acero: $kt := 16.3 W \cdot (m \cdot K)^{-1}$

Factor de ensuciamiento interno: $Ri := 0.0001763 hr \cdot m^2 \cdot \Delta^{\circ}C \cdot kcal^{-1}$

Factor de ensuciamiento externo: $Ro := 0.00018 hr \cdot m^2 \cdot \Delta^{\circ}C \cdot kcal^{-1}$

Guess Values	$U := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{1}{U} = \frac{do}{hi \cdot di} + \frac{do \cdot \ln\left(\frac{do}{di}\right)}{2 \cdot kt} + \frac{1}{ho} + Ri \cdot \frac{do}{di} + Ro$
Solver	$U := \text{find}(U) = 918.08 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

B.II.V – Temperatura de pared

Se calcula la temperatura de pared T_w :

$$\text{Temperatura media del H2O: } T_m := \frac{(T_{H2O_i} + T_{H2O_o})}{2} = 82.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura media del CO2: } t_m := \frac{(t_{CO2_i} + t_{CO2_o})}{2} = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de pared: } T_w := \frac{\left(h_i \cdot t_m + h_o \cdot T_m \cdot \frac{d_o}{d_i} \right)}{h_i + h_o \cdot \frac{d_o}{d_i}} = 63.74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

B.II.VI - Área de intercambio y cantidad de tubos

El intercambiador tendrá un área de 5.13 m² y 2 tubos:

$$\text{Calor intercambiado en el IC 2: } Q_{IC2} := 966393 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$

$$\text{Area} := \frac{Q_{IC2}}{U \cdot LMTD} = 5.18 \text{ m}^2$$

Cálculo de la longitud y cantidad de tubos

$$\text{Longitud requerida: } L_{requerido} := \frac{\text{Area}}{\pi \cdot d_o} = 22.59 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de tubos teóricos: } N_{teorico} := \frac{L_{requerido}}{(2 \cdot L_{tubo})} = 1.882$$

$$\text{Cantidad de tubos reales: } N_{tubos} := \text{ceil}(N_{teorico}) \rightarrow 2$$

$$\text{Longitud final: } L_{final} := 2 \cdot N_{tubos} \cdot L_{tubo} = 24 \text{ m}$$

B.II.VII - Caída de presión interna

Se adopta como criterio una caída de presión máxima de 0.1 MPa. De esta manera se puede asegurar que la operación se lleve a cabo correctamente:

$$\text{Factor de fricción interno: } f_{pi} := 0.3673 \cdot Re_i^{-0.2314} = 0.0111$$

$$\text{Flujo másico de CO}_2: C_i := \frac{m_{CO_2}}{A_i} = 790695.22 \frac{lb}{ft^2 \cdot hr}$$

$$\text{Gravedad específica: } SG_i := \frac{\rho_{CO_2}}{\rho_{H_2O}} = 0.197$$

Caída de presión interna en tramos de cañería recta

Se definen los valores adimensionales en unidades inglesas para hacer uso de la correlación. Así, se obtiene la caída de presión interna por tramo de cañería recta en libras por pulgada cuadrada.

$$L_{final_{Adim}} := 314.95$$

$$C_{i_{Adim}} := 340496.25$$

$$d_{i_{Adim}} := 0.3333$$

$$\text{Caída de presión interna (cañerías rectas): } \Delta P_{i_r} := \frac{f_{pi} \cdot L_{final_{Adim}} \cdot C_{i_{Adim}}^2}{(7.5 \cdot 10^{12}) \cdot d_{i_{Adim}} \cdot SG_i} \cdot 1 \text{ psi} = 0.8229 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_r} = 0.057 \text{ bar}$$

+

Caída de presión interna por cambios de dirección

$$\text{Caída de presión interna (accesorios): } \Delta P_{i_a} := (1.6 \cdot 10^{-13}) \cdot (2 N_{tubos} - 1) \frac{C_{i_{Adim}}^2}{SG_i} \cdot 1 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_a} = 0.283 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{i_a} = 0.019 \text{ bar}$$

Caída de presión interna total

$$\Delta P_{i_{Total}} := \Delta P_{i_r} + \Delta P_{i_a} = 0.076 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{i_{Total}} = 0.008 \text{ MPa}$$

B.II.VIII - Caída de presión externa

Se adopta como criterio una caída de presión máxima de 0.1 MPa. De esta manera se puede asegurar que la operación se lleve a cabo correctamente:

$$\text{Factor de fricción externo: } f_{po} := 0.3673 \cdot Re_o^{-0.2314} = 0.0262$$

$$\text{Flujo másico de H2O: } Ho := \frac{m_{H2O}}{Ao} = 1087.25 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$$

$$\text{Gravedad específica: } SGo := \frac{\rho_{H2O}}{\rho_{H2O}} = 1$$

$$\text{Factor de corrección de viscosidades por temp. de pared (se considera 1)} \Rightarrow \mu_{wo} := \mu_{H2O}$$

Caída de presión externa en tramos de cañería recta

Se utilizan los valores adimensionales en unidades inglesas para hacer uso de la correlación. Así, se obtiene la caída de presión externa por tramo de cañería recta en libras por pulgada cuadrada.

$$Ho = 801668.5 \frac{lb}{ft^2 \cdot hr} \Rightarrow Ho_{Adim} := \frac{Ho}{\frac{lb}{ft^2 \cdot hr}} = 8.017 \cdot 10^5 \quad Deo_{Adim} := \frac{Deo}{ft} = 0.094$$

$$\text{Caída de presión externa (cañerías rectas): } \Delta P_{o_r} := \frac{f_{po} \cdot L_{final_{Adim}} \cdot Ho_{Adim}^2}{(7.5 \cdot 10^{12}) \cdot Deo_{Adim} \cdot SGo} \cdot 1 \text{ psi} = 7.5491 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{o_r} = 0.5205 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{o_r} = 0.052 \text{ MPa}$$

Caída de presión externa por cambios de dirección

$$\text{Caída de presión externa (accesorios): } \Delta P_{o_a} := (1.6 \cdot 10^{-13}) \cdot (2 N_{tubos} - 1) \frac{Ho_{Adim}^2}{SGo} \cdot 1 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{o_a} = 0.021 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{o_a} = 0.002 \text{ MPa}$$

Caída de presión externa total

$$\Delta P_{o_{Total}} := \Delta P_{o_r} + \Delta P_{o_a} = 0.542 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{o_{Total}} = 0.054 \text{ MPa}$$

C – Reactor

Para la reacción de esterificación, se opta por utilizar un tanque discontinuo con agitación. El reactor debe procesar en cada ciclo 64,70 kg de destilado bruto desodorizado, 43,77 kg de etanol y 0,44 kg de ácido sulfúrico. A continuación, se enlistan las características más importantes:

- Forma: Cilíndrico, con techo y fondo elíptico.
- Material: Acero 316L
- Régimen térmico: Isotérmico calefaccionado mediante camisa.
- Relación altura/diámetro: 1

C.I – Volumen del reactor

El volumen del reactor utilizado se calcula de la siguiente manera:

$$V_R = (m_A + m_B + m_C) / \rho_M$$

Donde:

$V_{REACCIÓN}$ = volumen de la reacción [m³]

m_A = masa de destilado de la desodorización [kg]

m_B = masa de etanol [kg]

m_C = masa de ácido sulfúrico [kg]

ρ_M = densidad de la mezcla [kg/m³]

La densidad de la mezcla se obtiene como la media de las densidades que corresponden a cada uno de los reactivos multiplicados por su fracción másica. Se considera que todos los reactivos se encuentran en una única fase perfectamente mezclados, entonces:

$$\rho_M = \rho_A \cdot x + \rho_B \cdot y + \rho_C \cdot z$$

Donde:

ρ_M = densidad de la mezcla [kg/m³]

ρ_A = densidad del destilado de la desodorización = 900 kg/m³

ρ_B = densidad del etanol = 789 kg/m³

ρ_c = densidad del ácido sulfúrico = 1840 kg/m^3

x = fracción másica del destilado = $0,594$

y = fracción másica del etanol = $0,402$

z = fracción másica del ácido sulfúrico = $0,004$

Reemplazando:

$$\rho_M = 900 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,594 + 789 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,402 + 1840 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,004$$

$$\rho_M = 859,14 \text{ kg/m}^3 \approx 860 \text{ kg/m}^3$$

Finalmente, se calcula el volumen de reacción:

$$V_{\text{REACCIÓN}} = (64,70 \text{ kg} + 43,77 \text{ kg} + 0,44 \text{ kg}) / 860 \text{ kg/m}^3$$

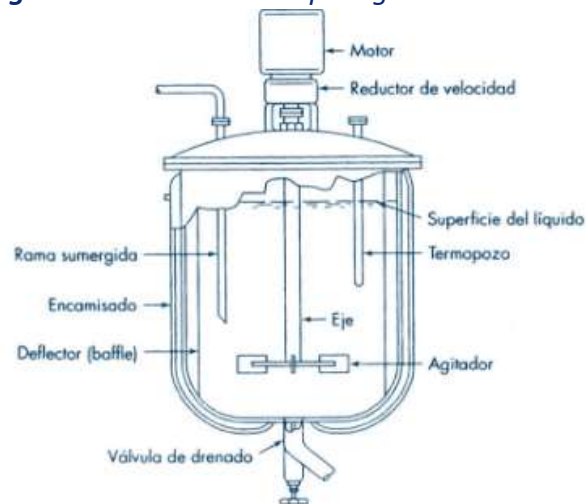
$$V_{\text{REACCIÓN}} = 0,13 \text{ m}^3 = 130 \text{ L}$$

Se considera un sobredimensionamiento del reactor del 50%, de modo que el volumen del reactor a adquirir será de:

$$V_{\text{REACTOR}} = V_{\text{REACCIÓN}} \cdot 1,50 = 0,195 \text{ m}^3$$

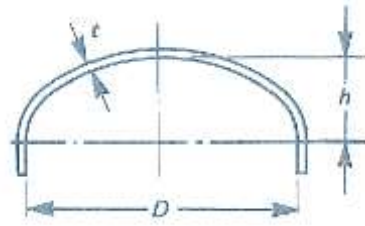
$$V_{\text{TEÓRICO}} = 200 \text{ L}$$

Figura 8.2 – Reactor tanque agitado discontinuo



El diseño del reactor se muestra en la figura 8.2, el cual fue obtenido del libro McCabe.

Obtenido el volumen teórico total, se procede a calcular el volumen de cada una de las partes. Se define un diámetro de tanque de 60 cm. De esta manera, se obtendrán los volúmenes correspondientes a cuerpo, techo y fondo (ambos elípticos), el cual arroja un volumen final de 226,19 L siendo 200 L lo requerido.

Figura 8.3 – Fondo y techo elíptico**Volumen del reactor**

$$V_{\text{teórico}} := 200 \text{ L} \quad D_i := 0.60 \text{ m} \quad H := D_i \quad r := \frac{D_i}{2} \quad h := \frac{1}{4} D_i$$

$$V_{\text{cuerpo}} := \pi \cdot r^2 \cdot H = 169.65 \text{ L}$$

$$V_{\text{tapa}} := \frac{4}{3} \pi \cdot r^2 \cdot \frac{h}{2} = 28.27 \text{ L}$$

$$V_{\text{fondo}} := V_{\text{tapa}} = 28.27 \text{ L}$$

$$V_{\text{reactor}} := V_{\text{fondo}} + V_{\text{tapa}} + V_{\text{cuerpo}} = 226.19 \text{ L}$$

Por último, se calcula el volumen útil del reactor, el cual se establece en 80% del volumen total:

$$V_{\text{UTIL}} = V_{\text{REACTOR}} \cdot 0,80 = 0,1809 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{\text{UTIL}} = 181 \text{ L}}$$

C.II – Presión, material y espesor

Se utilizará acero 316L, el cual posee una gran resistencia a la corrosión y a las soldaduras. El acero 316L es una aleación austenítica de cromo, níquel y molibdeno. Esta adición incrementa la resistencia a la corrosión, además de mayor fuerza a altas temperaturas y mejor soldabilidad que el acero 316. A diferencia de este último, el acero 316L posee menor cantidad de carbono (de ahí la letra L, el cual hace referencia a low carbon). Se adjunta a continuación tablas de composición y propiedades físicas:

Tabla 8.3 – Composición acero 316L

Elemento	Tipo 316L (%)
Carbono	0,03 máx.
Manganeso	2,00 máx.
Fósforo	0,045 máx.
Azufre	0,03 máx.
Silicio	0,75 máx.
Cromo	16,00-18,00
Níquel	10,00-14,00
Molibdeno	2,00-3,00
Nitrógeno	0,10 máx.

Tabla 8.4 – Propiedades físicas del acero 316L

Propiedad	Valor
Densidad	0,799 g/cm ³
Resistencia eléctrica	74 μΩ · cm (20 °C)
Calor específico	0.50 kJ/kg K (0-100 °C)
Conductividad térmica	16,2 W/m K (100 °C)
Módulo de elasticidad	193 x 10 ³ MPa
Rango de fusión	1371-1399 °C

Posteriormente se determina el espesor de las planchas metálicas para formar el equipo bajo las normas del código ASME referidas a tanques sometidos a presión interna (sección VIII, división I). Según la norma, los espesores en cuerpo, techo y fondo se calculan según las fórmulas que se muestran a continuación:

Para el espesor del techo y el fondo elíptico:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P}$$

Para el cuerpo cilíndrico:

$$t = \frac{P \cdot (0,5 \cdot D)}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

Donde:

t = espesor del material

P = presión de diseño. Por seguridad se usa un 10% más que la presión de operación. En este caso, P_{op} = 1 atm, por lo que la P = 1,1 atm.

D = diámetro del cilindro principal

S = tensión de diseño. Para el acero 316L la tensión de rotura es de 520 N/mm². Por seguridad, se diseña utilizando la cuarta parte de este valor. De esta manera se considera un material más débil de lo que en realidad es. Así, S = 130 N/mm².

E: eficiencia de la junta. Hace referencia a la calidad del trabajo de unión de las chapas para formar el tanque. Se decide utilizar las juntas más eficaces, que son juntas a tope hechas por doble soldadura. Además, se verificará su construcción mediante radiografiado industrial. Por norma, se puede considerar la eficiencia E = 1.

Espesor para cuerpo cilindrico (presión interna)

$$P_{op} := 1 \text{ atm} \quad P := P_{op} \cdot 1.1 = 1.1 \text{ atm} \quad E := 1 \quad S := 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t_{\text{cuerpo}} := \frac{P \cdot (0.5 \cdot D_i)}{S \cdot E - 0.6 \cdot P} = 0.257 \text{ mm}$$

Espesor para techo y fondo eliptico (presión interna)

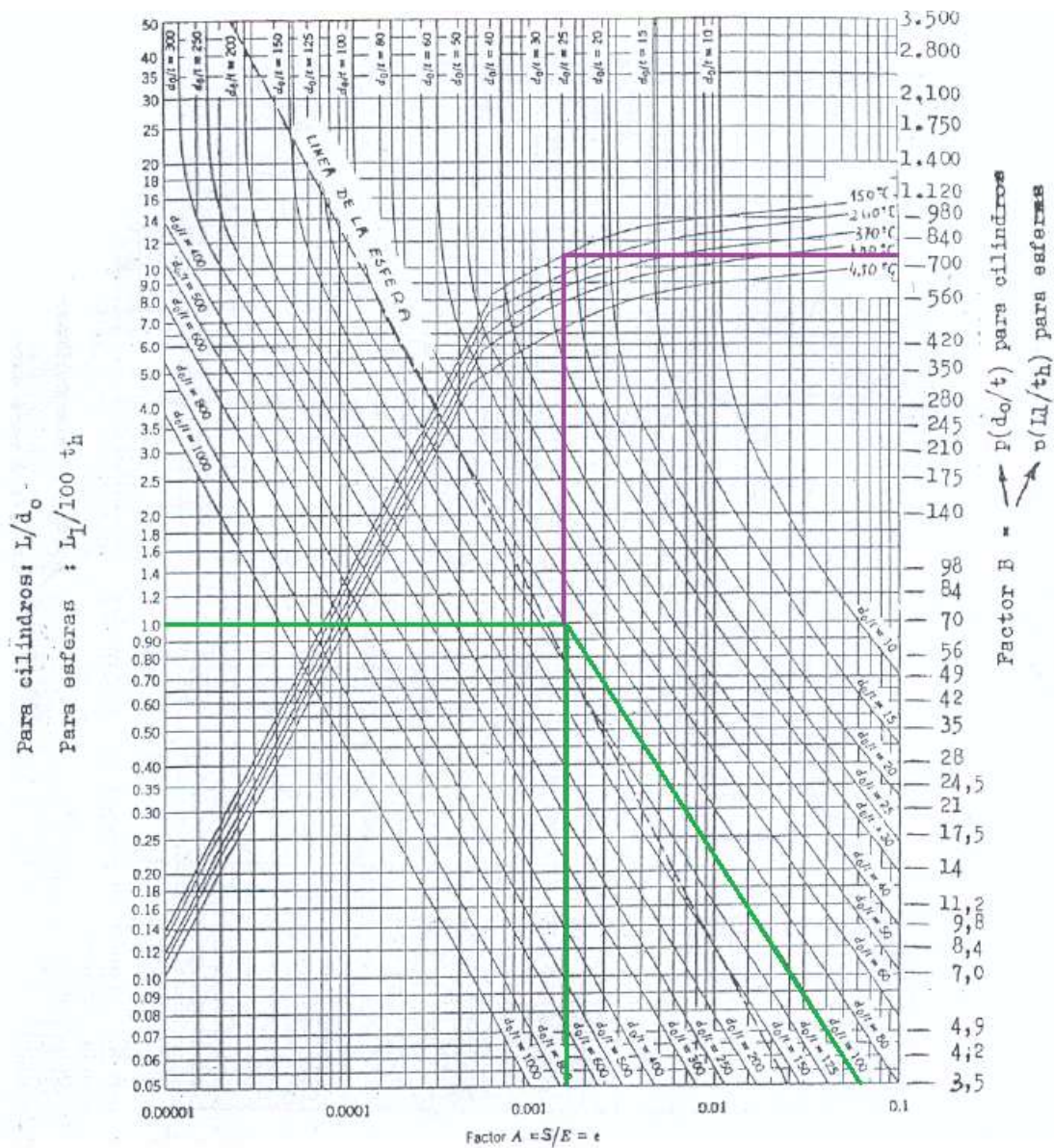
$$t_{\text{fondo}} := \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} = 0.257 \text{ mm}$$

$$t_{\text{techo}} := t_{\text{fondo}} = 0.257 \text{ mm}$$

Por otro lado, se calculará el espesor por presión externa dado que, si bien el reactor se calefacciona con agua caliente, también podría utilizarse el vapor saturado a 5 bares utilizado en el secadero. El procedimiento para calcular espesores de tanques sometidos a presión externa, según el código ASME , es el siguiente:

1. Se supone un valor de t y se calculan las relaciones L/Do y Do/t.
2. Con el valor L/Do entramos al gráfico por el eje Y del lado izquierdo.
3. Luego obtenemos el valor Do/t y buscamos la curva correspondiente. Intersecando las rectas y leyendo en el eje X, se obtiene el valor del factor A.
4. Con el factor A obtenido, cruzamos con la curva de temperatura y leemos el valor de B en el eje Y, lado derecho. Se utiliza la línea de menor temperatura, en este caso 150 °C, ya que este valor contempla la temperatura de operación.

Gráfico 8.2 – Cálculo de espesor para recipientes sometidos a presión externa



De esta manera, se supuso un espesor de 6 mm y se obtuvo una presión máxima admisible de 10 bares. Esta presión es menor a la de operación, por lo que es aceptable utilizar el espesor propuesto:

$$t := 6 \text{ mm} \quad D_o := D_i + 2 t = 0.61 \text{ m} \quad E := 1 \quad S := 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad L := 0.6 \text{ m}$$

$$\frac{L}{D_o} = 0.98 \quad \frac{D_o}{t} = 102 \quad A := 0.0025 \quad B := 770 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P_a := \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = 9.87 \text{ bar}$$

Finalmente, para el techo y el fondo, se consideran las fórmulas utilizadas en presión interna usando una presión de diseño 1,67 veces la presión externa, obteniéndose un espesor de 2,34 mm:

Espesor para techo y fondo elíptico (presión externa)

$$P_{op} := 6 \text{ bar} \quad P := P_{op} \cdot 1.67 = 9.89 \text{ atm}$$

$$t_{fondo} := \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} = 2.36 \text{ mm}$$

$$t_{techo} := t_{fondo} = 2.36 \text{ mm}$$

Por los cálculos realizados previamente, se determina que el cuerpo cilíndrico del reactor tendrá un espesor de 1/4" y que tanto en el techo como en el fondo elíptico el espesor será de 3/16".

C.III – Consideraciones del diseño

El reactor se diseña como un tanque cilíndrico, manteniendo una relación entre altura y diámetro de 1 ($D/H = 1$), es decir, que la altura del nivel de líquido es igual al diámetro. De esta manera se procede a calcular estos valores:

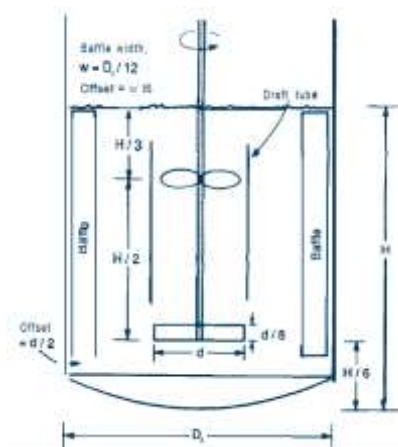
$$V_{UTIL} = \pi r^2 H = \pi (D_t/2)^2 H$$

$$0,18 \text{ m}^3 = \pi (D_t/2)^2 D_t$$

$$D_t = 0,60 \text{ m} = H$$

A partir de este valor, se obtienen el resto de las proporciones según la figura 8.3, obtenida de la bibliografía³⁸.

Figura 8.3 – Dimensiones del reactor



³⁸ Chemical Process Equipment, Stanley Walas, pág. 568.

C.IV – Placas deflectoras

La utilización de placas deflectoras tiene como finalidad romper los remolinos formados durante la agitación.

Para este tipo de reactor, es común utilizar 4 baffles espaciados entre ellos de manera equidistante. Por último, para lograr homogeneizar la mezcla de reactivos, es necesario agitar las fases que, inicialmente, son inmiscibles entre sí. Por ello, es conveniente agregar un tubo de aspiración al rodete para lograr un mayor contacto entre ambas fases y asegurar una elevada conversión tal como se muestra en la figura 8.2. El tubo de aspiración se monta inmediatamente encima del agitador. Las dimensiones de las placas, entonces, son:

$$\text{Ancho de la placa} = w = D_t/12$$

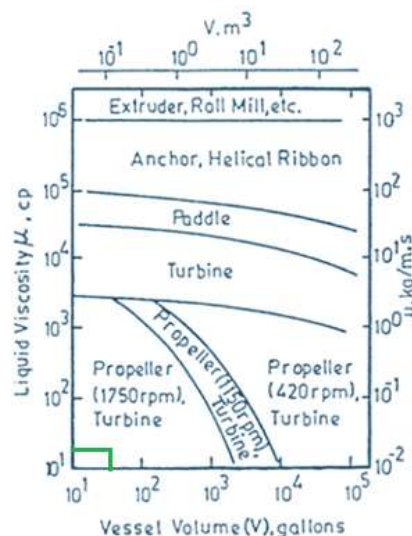
$$w = 0,60 \text{ m}/12$$

$$w = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

C.V – Agitador

Para la selección del agitador, se utilizó el grafico obtenido de bibliografía³⁹ exhibido en la figura 8.3. Con los datos del proceso (volumen de reacción y viscosidad, donde se considera el valor más desfavorable siendo este 25 cP) se determina la utilización de un agitador de paletas rectas tipo turbina, el cual genera corrientes tangenciales y radiales, que se eliminan mediante el tubo de aspiración.

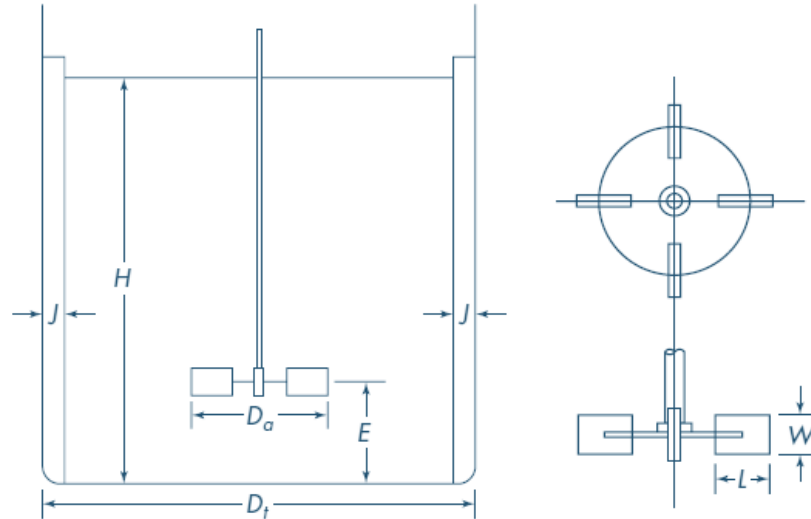
Figura 8.3 – Selección del agitador



³⁹ Penny, W. R. "Guide to trouble free mixers" Chem. Eng., 77(12), 171, 1970.

A continuación, se definen las proporciones del tanque. Se utilizan las relaciones presentadas en la figura 8.4.

Figura 8.4 – Proporciones estándar



$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{j}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Despejando cada una de las siguientes relaciones se obtienen los valores presentados en la tabla 8.5:

Tabla 8.5 – Dimensiones del agitador

Símbolo	Descripción	Distancia [m]	Distancia [cm]
D _t	Diámetro del tanque	0,60	60
H	Altura de mezcla de reactivos	0,60	60
J	Ancho de placas deflectoras	0,05	5
D _a	Diámetro del agitador	0,20	20
W	Altura de paletas del agitador	0,04	4
L	Ancho de paletas del agitador	0,05	5
E	Distancia del agitador al fondo	0,20	20

Por último, se calcula la potencia del agitador calculando el número de Reynolds. La frecuencia requerida de agitación es de n = 600 rpm = 10 rps y la densidad del líquido presente en el reactor ρ = 860 kg/m³. Entonces:

$$Re = (n D_a^2 \rho) / \mu = (10 \text{ rps} \cdot (0,20 \text{ m})^2 \cdot 860 \text{ kg/m}^3) / (0,025 \text{ kg/m s})$$

$$Re = 13760$$

Originalmente debería calcularse el número de potencia (N_{Po}). Sin embargo, para valores de $Re > 10000$ el N_{Po} pasa a depender exclusivamente de los factores de forma, por lo tanto, la potencia resulta:

$$P = K_T \frac{n^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g_c}$$

Donde K_L y K_T son adimensionales correspondientes a cada rodete. En la tabla 8.6 siguiente se dan los valores de K_L y K_T :

Tabla 8.6 – Valores de K_L y K_T para distintos agitadores

Tipo de rodete	K_L	K_T
Hélice de paso cuadrado de tres palas	41	0,32
Hélice de paso igual a dos de tres palas	43,5	1
Turbina de seis palas planas	71	6,3
Turbina de seis palas curvas	70	4,8
Ventilador de turbina de seis paletas	70	1,65
Paletas planas (dos palas)	36,5	1,7
Turbina cerrada de seis palas curvas	97,5	1,08
Turbina cerrada con stantor sin placas deflectoras	172,5	1,12

Despejando de la ecuación de potencia se obtiene:

$$P = 6,3 \cdot [(10 \text{ s}^{-1})^3 \cdot (0,20 \text{ m})^5 \cdot 860 \text{ kg/m}^3] / 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 176,73 \text{ kg m/s} = 1,73 \text{ kW}$$

$$P = 2,33 \text{ HP}$$

Se opta por el agitador HDC-09 03 B 06 de la empresa TIMSA, el cual cumple con los requerimientos del proceso. Se adjunta hoja de catálogo:

Figura 8.2 – Agitador. Catalogo.

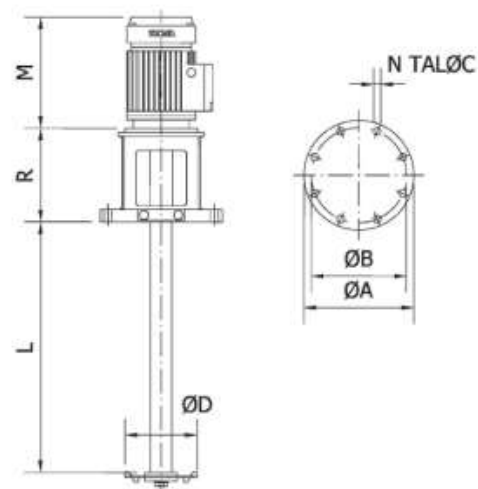
Volumen (m³) Aprox.	Modelo	kW	Rpm	Q (m3/h)	M (mm)	P (mm)	L (mm)	D (mm)	Peso (Kg)
-	HDC-05 01 B 05	0,75	750	-	232	200	600	150	-
-	HDC-07 02 B 06	1,5	1.000	-	267	200	800	200	-
-	HDC-09 03 B 06	3	1.500	-	305	200	900	200	-
-	HDC-10 03 B 07	4	1.500	-	305	200	1.000	220	-
-	HDC-12 03 B 08	7,5	1.500	-	408	200	1.200	250	-

Brida de fijación	A (mm)	B (mm)	C (mm)
HDC-05 01 B 05	150	110	14
HDC-07 02 B 06	150	110	14
HDC-09 03 B 06	340	295	16
HDC-10 03 B 07	340	295	16
HDC-12 03 B 08	395	350	20

* Montajes más frecuentes. Nuestro departamento técnico está a su disposición para estudiar los detalles específicos de su aplicación y así garantizar la selección del agitador óptimo para sus necesidades.

* Las características de diseño, materiales de construcción y datos dimensionales descritos en esta tabla se proporcionan sólo para su información y pueden estar sujetos a cambios sin previo aviso.

* Más información en www.timsa.com



C.VI – Diseño térmico de la camisa calefactora

Según Kern, para calcular la superficie de transferencia de calor, debe considerarse el fondo como una placa plana o bien utilizar tablas para encontrar la superficie como función del diámetro en cabezales elípticos. De esta manera, la ecuación que representa el área de la camisa (A_c) es:

$$Altura := \frac{V_{reactor}}{0,25 \pi \cdot Di^2} = 0,8 \text{ m} \quad A_{camisa} := Altura \cdot \pi \cdot Di + \frac{1}{4} \pi \cdot Di^2 = 1,79 \text{ m}^2$$

Posteriormente, se calculan los coeficientes peliculares internos y externos:

Calculo del coeficiente pelicular interno con agitador turbina de paletas planas

$$\begin{aligned}
 t1 &:= 18 \text{ } ^\circ\text{C} & t2 &:= 65 \text{ } ^\circ\text{C} & \rho_{\text{vapor}} &:= 2.669 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
 \rho_{\text{media}} &:= 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & Da &:= 0.2 \text{ m} & ki &:= 16.2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \\
 \mu_i &:= 0.25 \text{ poise} & \mu_{wi} &:= \mu_i & n &:= 10 \frac{1}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

$$Pr_i := \frac{cP_{\text{medio}} \cdot \mu_i}{ki} = 3.333$$

$$Re_i := \frac{Da^2 \cdot n \cdot \rho_{\text{media}}}{\mu_i} = 13760$$

Guess Values	$hi := 0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
Constraints	$\frac{hi \cdot Di}{ki} = 0.54 Re_i^{\frac{2}{3}} \cdot Pr_i^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu_i}{\mu_{wi}}\right)^{0.14}$
Solver	$hi := \text{find}(hi) = 12506.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

Cálculo del coeficiente pelicular externo (camisa anular)

$$D_{ji} := Di \quad D_{jo} := D_{ji} + 10 \text{ cm} = 0.7 \text{ m}$$

$$\mu_j := 0.00297 \text{ poise} \quad \mu_{wj} := \mu_j \quad kj := ki$$

$$cp_j := 4210 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho_j := 961.90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad W_j := 65.59 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$De_j := D_{jo} - D_{ji} = 0.1 \text{ m} \quad D_{cj} := \frac{D_{jo} + D_{ji}}{2} = 0.65 \text{ m}$$

$$Ax := \pi \cdot \frac{D_{jo}^2 - D_{ji}^2}{4} = 0.102 \text{ m}^2 \quad v := \frac{W_j}{Ax \cdot \rho_j} = (1.855 \cdot 10^{-4}) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Re_j := \frac{De_j \cdot v \cdot \rho_j}{\mu_j} = 60.1 \Rightarrow \text{Se utilizan las correlaciones correspondientes a regimen laminar}$$

$$Pr_j := \frac{cp_j \cdot \mu_j}{kj} = 0.077$$

Guess Values	$h_j := 0 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{h_j \cdot De_j}{k_j} = 1.86 \left(Re_j \cdot Pr_j \cdot \frac{De_j}{De_j} \right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_j}{\mu_{ref}} \right)^{0.14}$
Solver	$h_j := \text{find}(h_j) = 927.2 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Cálculo del coeficiente global de transferencia en el reactor

Guess Values	$U := 1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Constraints	$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_j}$
Solver	$U := \text{find}(U) = 863.2 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Finalmente se calcula el área requerida, el cual debe ser menor al área disponible, entonces:

Cálculo del area requerida

$$Q_1 := \frac{6000 \text{ kJ}}{30 \text{ min}} = (3.33 \cdot 10^3) \text{ W} \quad \Delta T_1 := (65 - 18) \text{ K} = 47 \text{ K}$$

$$Area_{req1} := \frac{Q_1}{U \cdot \Delta T_1} = 0.082 \text{ m}^2$$

$$Q_2 := \frac{5400 \text{ kJ}}{30 \text{ min}} = (3 \cdot 10^3) \text{ W} \quad \Delta T_2 := (65 - 42) \text{ K} = 23 \text{ K}$$

$$Area_{req2} := \frac{Q_2}{U \cdot \Delta T_2} = 0.151 \text{ m}^2$$

$$Q_3 := \frac{11012 \text{ kJ}}{2 \text{ hr}} = (1.529 \cdot 10^3) \text{ W} \quad \Delta T_3 := (65 - 18) \text{ K} = 47 \text{ K}$$

$$Area_{req3} := \frac{Q_3}{U \cdot \Delta T_3} = 0.038 \text{ m}^2$$

$$Area_{req1} + Area_{req2} + Area_{req3} = 0.271 \text{ m}^2$$

El área requerida es menor que el área disponible. El valor resulta mucho menor, dado que los tiempos de calentamiento son holgados. Por último, como posible mejora del proceso, se podrían reducir los tiempos de calentamiento inicial.


C.VII – Complementos

1. Conexiones

Las entradas de reactivos se realizan directamente sobre el cilindro, mientras que la salida de agua calefactora está conectada desde la camisa. Todas las conexiones son circulares (para evitar tensiones) y tienen un tamaño de 1". La conexión a las cañerías externas será mediante bridas.

2. Soldaduras

Se utilizan juntas a tope hechas por doble soldadura. De esta manera, se obtiene la misma calidad del metal depositado desde el interior y exterior de la pieza. Según norma ASME:

TIPOS DE UNION Y SU DESCRIPCION	EFICIENCIA DE LA JUNTA RADIOGRAFIADO			LIMITACIONES
	TOTAL	SPOT	SIN	
1  Juntas a tope hechas por doble soldadura obtienen la misma calidad del metal depositado desde el interior y exterior de la pieza.	1,00	0,85	0,70	No tiene limitaciones.

Bibliografía

- Scale-up Issues for Supercritical Fluid Processing, Jean-Yves CLAVIER
- Perry Robert-Green Don, PERRY, Manual del Ingeniero Químico, Séptima Edición.
- Extracting bioactive compounds for food products, M. Angela A. Meireles
- Apuntes de la cátedra Tecnología de la Energía Térmica, UTN – FRA.
- Apuntes de la cátedra Operaciones Unitarias II, UTN – FRA.
- Apuntes de la cátedra Ingeniería de las Reacciones Químicas, UTN – FRA.
- Proyecto Final, Producción Biotecnológica de Vainillina, UTN – FRA.
- Apuntes de la cátedra Mecánica Eléctrica Industrial, UTN – FRA.

CAPITULO 9

Sistema de control automático

Introducción

Sistemas de control convencionales

Perturbaciones

Sistemas de control en reactores

Diseño del sistema

Introducción

En el presente capítulo se diseña un sistema de control automático para la etapa de esterificación del proceso productivo. La esterificación se realiza en un reactor batch en donde el aceite crudo reacciona con etanol en medio ácido a 65 °C. Esta temperatura podrá ser controlada mediante el sistema de control. El mismo será implementado en el reactor batch y controlará la temperatura del fluido calefactor mediante el control del caudal de agua caliente.

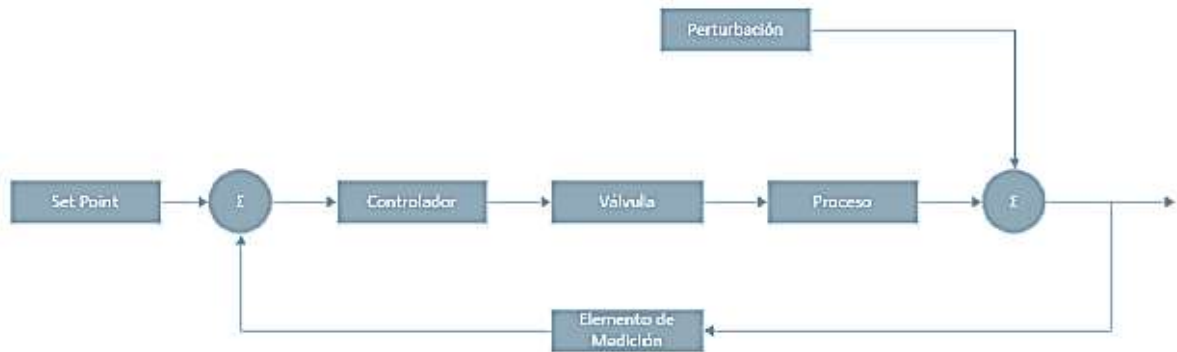
Los sistemas de control automático son de importancia para lograr el control y la estabilidad de los procesos, además de minimizar errores en la calidad de los productos a fabricar. Las variables involucradas a controlar más frecuentes son temperatura, presión, caudal, pH y nivel.

De esta manera, se procederá a controlar la temperatura en la etapa de esterificación, el cual es muy importante para asegurar que la reacción se lleve a cabo correctamente. Este control se hará en línea mediante un sistema de control automático de temperatura.

Sistemas de control convencionales

Normalmente, los sistemas de control por lazo cerrado están compuestos por tres partes fundamentales:

- Elemento de medición: el elemento de medición mide la variable seleccionada y la convierte en una señal eléctrica que es enviada al controlador.
- Controlador: compara el set point que ingresa el usuario contra la señal recibida. A la diferencia existente entre estos valores se la llama perturbación. El controlador, en base a esta diferencia, envía una señal eléctrica de respuesta al elemento final de control.
- Elemento final de control: recibe la indicación del controlador y actúa en función de eliminar la perturbación.

Figura 9.1 – Diagrama de un sistema de control en lazo cerrado

Frecuentemente, los reactores químicos reciben el principal foco de atención en plantas químicas debido a que existen numerosos parámetros (temperatura, presión, pH, etc.) que pueden ser controlados para mantener correctamente la operación. Para el caso de la temperatura, su control es de gran importancia debido a que esta variable puede afectar la velocidad de reacción y las relaciones de equilibrio. El mayor desafío del control de este parámetro es poder controlar la naturaleza no lineal de la temperatura dentro de los reactores. Así, es necesario diseñar un sistema de control efectivo para asegurar la operación óptima del reactor.

A continuación, se describirán algunos sistemas de control para reactores discontinuos con reacciones endotérmicas, dado que es el tipo de reacción que se llevara a cabo en el reactor. Es importante destacar que para reacciones exotérmicas se deberán utilizar diferentes sistemas de control.

En este apartado, se introducen algunas de las formas más comunes de control:

Retroalimentación y control anticipativo

La retroalimentación y el control anticipativo hacen referencia a la dirección en la cual la información del sensor es transferida hacia una válvula actuadora. La retroalimentación dicta que el sensor es retroalimentado con información de una parte previa del proceso. Por ejemplo, la lectura del nivel de un tanque de almacenamiento de puede retroalimentar la válvula controlante a la entrada del tanque

Por otro lado, el control anticipativo indica que la información del sensor es utilizada para controlar alguna de las variables aguas abajo de la lectura de la misma. Un ejemplo podría ser que la medición del caudal volumétrico de agua ingresando a un evaporador puede ser usada para controlar el calor del serpentín dentro del evaporador.

Control proporcional

El control proporcional es usado cuando la relación entre dos variables correspondientes al proceso adquiere un valor óptimo. En el caso donde existan dos corrientes de entrada que ingresan al reactor con una relación óptima de flujo, se debe designar una de las corrientes como la corriente de control, mientras que la restante se mantendrá como corriente libre. Ante una perturbación, la corriente libre fluctuaría y, en consecuencia, la válvula correspondiente a la corriente de control se abrirá o cerrará para mantener la relación óptima entre ambas corrientes.

Control en cascada

El control en cascada indica que en lugar de tener un solo lazo de control (es decir, donde la medición de un sensor controla directamente la apertura o cierre de una válvula actuadora) se utilizan múltiples lazos para que las mediciones de los sensores puedan controlar los set point de otros controladores. Por ejemplo, la medición del sensor de temperatura del fluido de proceso que sale de un reactor puede usarse para modificar el set point del controlador de flujo de agua que alimenta una camisa de calefacción que, posteriormente, ajusta la válvula de líquido. Este sistema de bucle múltiple elimina algunos problemas como por ejemplo aquellos que son causados por alimentaciones de presión variable.

Perturbaciones

Se define como perturbaciones a todas las señales indeseadas que intervienen de forma adversa en el funcionamiento de un sistema. Pueden ser internas, si se generan dentro del mismo, o externas, si se generan fuera del sistema y constituyen una entrada. Existen algunas perturbaciones muy comunes a las que los reactores de tipo tanque agitado continuo pueden estar sujetos. Al diseñar una arquitectura de control para un reactor de este estilo, se debe investigar la posibilidad de que ocurran algunas o todas estas perturbaciones, determinar la magnitud de cada posible perturbación y abordar cómo se manejará cada una. Algunas de estas perturbaciones más comunes son:

- Variación en las propiedades de alimentación
- Tasa de flujo
- Composición
- Temperatura
- Cambios en la entalpía del medio de intercambio de calor
- Cambio en las propiedades de transferencia térmica (suciedad, incrustaciones, etc.)

Reactores Endotérmicos

Los reactores que trabajan con reacciones endotérmicas tienden a ser más fáciles de controlar que aquellos en los cuales se llevan a cabo reacciones exotérmicas debido a que son mucho menos propensos a descontrolarse. Existen dos métodos comúnmente utilizados para controlar un reactor endotérmico los cuales se diferencian, principalmente, por las variables controladas. En el primer método, la variable a controlar es la presión del fluido calefactor (normalmente vapor de agua) en la camisa del reactor, mientras que, para el segundo método, la variable a controlar es el caudal del fluido calefactor.

Tanto en los reactores endotérmicos como en los exotérmicos, la retroalimentación es el tipo de sistema de control más comúnmente utilizado. Esto se hace para garantizar que los cambios se basen en lo que realmente está sucediendo en el reactor y no en lo que se prevé que suceda. En el caso de las reacciones endotérmicas, esto es importante para garantizar que se agregue la cantidad adecuada de calor al reactor para obtener la conversión deseada. En otras palabras, la retroalimentación es más útil para el control ya que la cantidad de calor necesaria puede cambiar rápidamente según la cantidad o la concentración de los reactivos que se agreguen. Generalmente, el control de temperatura del reactor es independiente de la alimentación de reactivos, por lo que el sistema necesita una forma de ajustarse a los cambios de la alimentación que se logra mediante el control de retroalimentación en las corrientes que controlan la temperatura (es decir, la corriente de alimentación de vapor).

Control mediante presión

El efecto de las perturbaciones se puede eliminar de manera más eficiente mediante el uso de la presión del vapor como variable manipulada, es decir, la variación del flujo de energía térmica provocará un cambio inmediato en la presión del vapor. Al usar esta variable, se linealiza el sistema de control de temperatura lo cual no ocurre cuando el caudal de vapor es la variable manipulada.

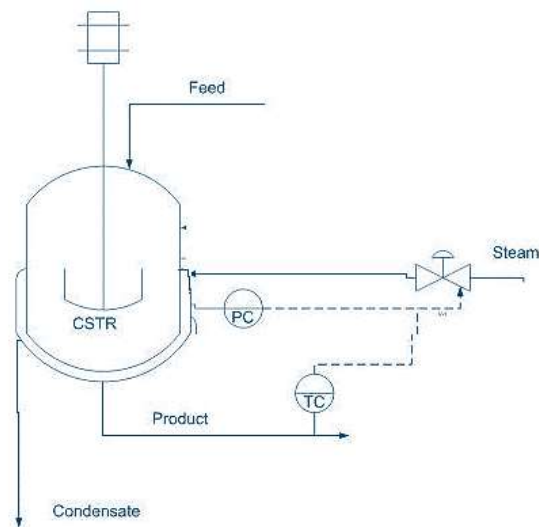
La utilización de la presión del vapor como variable manipulada no proporciona una medición directa de la carga de calor o, dicho de otra manera, la cantidad de calor que necesita el reactor. En caso de requerir una medición directa, se puede instalar un indicador de flujo de vapor que permitiría medir de manera directa la carga de calor aplicada.

Un beneficio adicional de controlar la presión del vapor es que frecuentemente la presión del servicio de vapor proporcionado en la planta es variable. Al usar la presión

del vapor como variable manipulada, el sistema de control se ajustará automáticamente a la perturbación de la fuente. Si ocurriera un gran cambio en la presión del vapor, el controlador de presión mediría esta variación y el esquema de control traduciría esto en un cambio apropiado en la configuración de la válvula.

Como se puede apreciar en la figura 9.2, cuando se utiliza la presión del vapor como variable manipulada, el sistema de control funciona en modo de retroalimentación.

Figura 9.2 – Sistema de control mediante presión del vapor



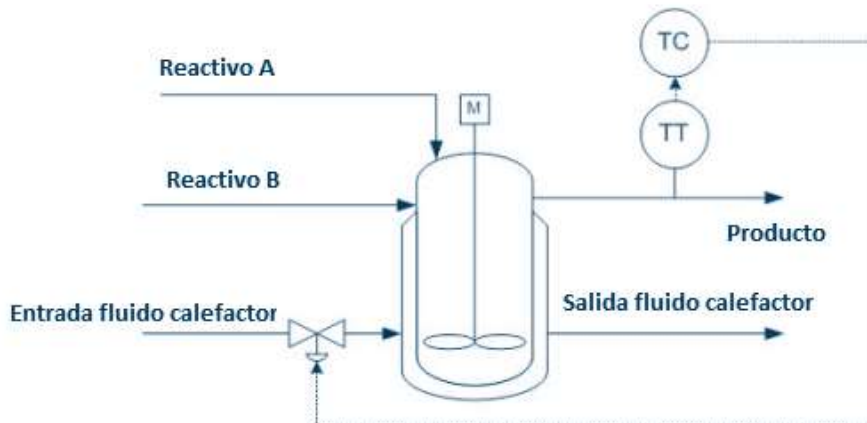
La cantidad de vapor que se introduce en la camisa puede ser controlada por dos factores: la temperatura del producto y la presión del vapor en la camisa. Como se mencionó anteriormente, una variación del calor requerido por el reactor cambiará rápidamente la presión del vapor.

Se debe notar que hay dos controladores responsables de ajustar la válvula de vapor. El controlador de presión es sensible a los cambios en la carga térmica requerida por el reactor y es utilizado para ajustar el vapor según las necesidades del controlador de temperatura en la corriente de producto. Este es un excelente ejemplo de control en cascada. La temperatura de la corriente del producto enviará una señal al controlador de presión por la cantidad de vapor necesaria para alcanzar el set point de temperatura deseado. El controlador de presión luego le comunicará a la válvula lo que debe hacer para lograr este punto de ajuste de temperatura basado en la presión del vapor.

Control mediante caudal de fluido calefactor

El segundo método para controlar un tanque agitado continuo en el que se lleva a cabo una reacción endotérmica es manipular el caudal del fluido calefactor (agua a 90 °C). Utilizar el caudal como variable manipulada hace que el sistema de control sea propenso a cambios en la carga de calor y cambios en la entalpía del fluido suministrado. Estas variaciones requieren la acción directa del sistema de control de temperatura.

Figura 9.3 – Sistema de control mediante caudal de fluido calefactor



Una de las ventajas de usar el caudal como variable manipulada es que la carga de calor se mide directamente y, por lo tanto, también la conversión.

Como puede observarse en la figura 9.3, la temperatura de la corriente del producto es el factor principal para ajustar la cantidad de agua con la que se alimenta al sistema y, por lo tanto, este sistema es menos sensible a los cambios en la cantidad de calor requerido para el proceso. Sin embargo, para procesos donde la variabilidad de la temperatura no es un gran inconveniente, esta configuración podrá utilizarse de la misma manera que manipulando la presión del vapor.

Tabla 9.1 – Ventajas y desventajas de los sistemas de control

Arquitectura de control para reactores endotermicos		
Variable Manipulada	Ventaja	Desventaja
Presion	Mayor sensibilidad a la variacion en la carga termica	Imposibilidad de medir directamente la carga térmica
	Linealizacion del sistema de control de temperatura	
Caudal	Tanto la conversion como la carga termica se pueden medir directamente	Menos sensible a las variaciones caloricas

Componentes del sistema de control

Para el proceso en cuestión, se adopta el método de control automático mediante el control de caudal de agua caliente, dado que no se necesita exactitud en la medición de temperatura (se recuerda que la reacción llevada a cabo puede mantener conversiones adecuadas en un rango entre 65 a 70 °C). A continuación, se especifican los elementos constituyentes del sistema de control.

Transmisor de temperatura

Se decide utilizar un sensor de temperatura con resistor de platino. Las termorresistencias están dotadas de sensores de platino que cambian su resistencia eléctrica en función de la variación de la temperatura. Este fenómeno se ve representado por la ecuación:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \Delta T)$$

Donde:

R = resistencia a la temperatura (T)

R₀ = representa la resistencia del conductor a la temperatura de referencia (T₀)

α = coeficiente de temperatura especificado a 0 °C

ΔT = es la diferencia entre la temperatura medida y la de referencia

El transmisor que se decide adoptar corresponde a la marca WIKA Argentina, termorresistencia modelo TR10-0.

Imagen 9.1 – Termorresistencia TR10-0



Algunas aplicaciones y características que presenta este modelo son:

Aplicaciones

- Industria química y petroquímica
- Medición de máquinas, instalaciones y depósitos
- Industrias petroleras y de gas
- Energía y servicios públicos
- Industria papelera y celulosa

Características

- Rangos de sensor desde -196 ... +600 °C
- Adecuado para montar en las habituales formas constructivas de vainas
- Unidad de medición extraíble amortiguada (intercambiable)
- Accesorio fijo (soldado), inserto extraíble

Se adjunta una hoja de especificaciones en el hipervínculo a continuación:
[https://www.wika.com.ar/upload/DS TE6101 es es 111563.pdf](https://www.wika.com.ar/upload/DS_TE6101_es_es_111563.pdf)

Controlador de temperatura

Se define la utilización de un controlador PID. Un controlador o regulador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID. En este caso, se utilizará el controlador de la marca WIKA Argentina, modelo CS6S.

Imagen 9.2 – Controlador universal modelo CS6S

Se detallan algunas de sus aplicaciones y características:

Aplicaciones del controlador PID de temperatura

- Instalaciones y hornos industriales
- Industria de procesos
- Industria de plásticos
- Ventilación y aire acondicionado
- Aplicaciones industriales en general

Características del controlador PID de temperatura

- Modos de control configurables (PID, PI, P, PD, ON/OFF)
- Optimización automatizada incorporada
- Salidas de control por seleccionar. Relé, nivel lógico o 4 ... 20 mA
- Entrada multifuncional para Pt100, termopares y señales estándar de la industria

Se adjunta una hoja de especificaciones en el hipervínculo a continuación:
https://www.wika.com.ar/upload/DS_AC8508_es_es_87240.pdf

Válvula de control

Se decide emplear una válvula globo para el sistema de control. Estas válvulas son las más adecuadas para este proceso, dado que poseen una adecuada capacidad de regulación, buena rangeabilidad (es decir, la relación entre el valor superior del rango y el menor valor de la medición que puede realizarse manteniendo la precisión de referencia del instrumento) y una respuesta de accionamiento rápida.

En principio se calculará el diámetro de cañería adecuado. En el capítulo de diseño de equipos se propuso una conexión de 1". Para verificarlo, se utilizará la correlación de Hazen Williams:

$$P_{\text{loss}} = 4.53 \times L \times \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}}{D^{4.857}}$$

where:

P_{loss} = Pressure loss due to friction (psi)

L = Pipe length (ft)

Q = Flow rate of water inside pipe (gpm)

C = Pipe coefficient

PVC = 150

Aluminum w/ Couplers = 120

Galv. Steel/Asb.-cement = 140

Cast Iron/Old Steel = 100

D = Pipe inside diameter (in)

Considerando una caída de presión de 50 kPa, se obtiene el diámetro mínimo de la cañería. Utilizando la correlación en unidades inglesas:

$$Lu := 26.25 \text{ ft} \quad \Delta P := 7.252 \text{ psi}$$

$$Q := 2.56 \text{ gpm} \quad k_{\text{acero}} := 140$$

$$d_{\text{min}} := \left(4.53 \cdot Lu \cdot \frac{\left(\frac{Q}{k_{\text{acero}}}\right)^{1.852}}{\Delta P} \right)^{4.852^{-1}} = 0.386 \text{ in}$$

Como el valor obtenido es menor al propuesto, se acepta la cañería de 1". Posteriormente se determina el Cv de la válvula.

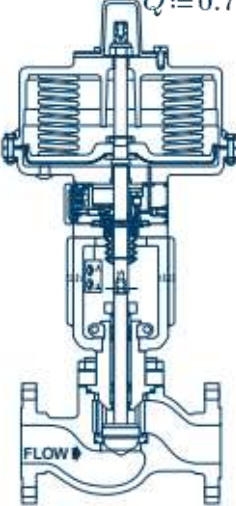
La capacidad (Cv) se define como el caudal de agua en galones estadounidenses por minuto que atraviesa la válvula completamente abierta a 60 °F, con una caída de presión de 1 psi. Como el fluido calefactor utilizado es agua, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cv := 0.367 \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P}}$$

Con los valores de caudal, densidad del agua a 90 °C y caída de presión se obtiene el Cv de la válvula:

A partir de la tabla obtenida, se selecciona la válvula correspondiente. Como puede observarse, la válvula adquiere un Cv de 1.4 con un 70% de apertura.

Linear



$Q := 0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta P := 50 \text{ kPa}$ $\delta := 962 \text{ kg/m}^3$

Table 1

Sub-section 4-19
Table 1

Valve Type: Trooper globe, unbalanced
Body Rating: Class 150 – 300
Trim Characteristics: Equal Percent,

$$Cv := 0.367 \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{\delta}{\Delta P}} = 1.4$$

$Cv_{seleccion} := 1.4 \cdot Cv = 1.58$

Note: For each valve size shown, the full area values are shaded.

Valve Size (in.)	Stroke (in.)	Flow Characteristic	Trim No.	C _v									
				(Percent of Stroke)									
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0.75	=%	0.281	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.8	2.1
			0.375	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.4	2.2	3.2	3.6
			0.5	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.6	2.5	4.0	5.7	6.2
			0.625	0.3	0.4	0.8	1.1	1.6	2.5	4.2	6.7	8.3	8.9
			0.718	0.4	0.6	1.1	1.5	2.1	3.5	5.8	8.7	10.2	10.8
			0.94	0.7	1.0	1.6	2.3	3.3	5.2	9.3	11.6	13.0	13.7
	0.75	Linear	0.281	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3
			0.375	0.7	1.2	1.7	2.2	2.7	3.1	3.4	3.7	3.9	4.1
			0.5	1.2	2.1	2.9	3.9	4.5	5.1	5.6	6.1	6.5	6.7
			0.625	1.7	2.9	4.2	5.5	6.6	7.5	8.2	8.6	9.0	9.2
			0.718	2.0	3.7	5.4	6.9	8.3	9.3	10.2	10.7	11.0	11.2
			0.94	2.5	4.8	7.1	8.9	10.8	12.1	13.0	13.5	13.8	14.0
1 1/2	0.75	=%	0.843	0.5	0.9	1.3	1.9	2.9	4.5	7.2	11.9	14.4	14.9
			1.09	0.8	1.5	2.2	3.2	4.8	7.5	12.0	18	22	23
			1.406	1.5	2.4	3.5	5.3	8.7	13.9	19	25	31	33
	0.75	Linear	0.843	2.4	5.6	7.8	9.8	11.6	13.0	14.0	14.5	14.9	15
			1.09	4.0	8.7	12.2	15	18	20	22	23	23	24
			1.406	6.7	12.3	17	22	25	29	31	32	33	34

Se elige la valvula Valtek Trooper, la cual es una valvula de alto rendimiento para la industria. Opera en un amplio rango de temperaturas, ademas de poseer la conexión de 1" requerida. Se adjuntan características constructivas e imagen ilustrativa.

Table 2-3: Trooper Body Specifications

Sizes	1, 1 1/2, 2, 3 and 4-inch, ANSI Class 150 and 300
Form	Globe
Materials	Carbon and stainless steel

Imagen 9.3 – Válvula Valtek Trooper



Resumen de componentes

Se deja, a modo de resumen, una lista de los componentes del sistema de control:

- Transmisor de temperatura TR10, marca WIKA Argentina.
- Controlador de temperatura modelo CS6S, marca WIKA Argentina.
- Válvula globo, marca Valtek modelo Trooper.

Bibliografía

- Apuntes de la cátedra Control Automático de procesos, UTN-FRA
- Common Control Loops and Model for Temperature Control, Peter Woolf et al., University of Michigan
- WIKA Argentina – Termorresistencias y controladores de temperatura (<https://www.wika.com.ar/>)
- Chemical Reactor Temperature Control System – instrumentationtools.com
- Cascade Temperature Control System – instrumentationtools.com

- Troubleshooting problems in control systems Instrumentation and Process Control (<https://control.com/worksheets/troubleshooting-problems-in-control-systems/>)
- Common control architectures and model for reactors, Brian McQuillan, Crystal Miranda, Brandon Quigley, & John Zhang, University of Michigan
- Valvula Valtek Trooper:
<https://www.helgem.com.tw/Valtek/Electronic%20Literature/Literature/Valtek%20Control%20Products%20Literature/Technical%20Bulletins/Globe%20Valves/TrooperTB.pdf>

CAPITULO 10

Equipos y servicios auxiliares

Introducción

Almacenamiento

Transporte de sólidos

Báscula

Bombas

Servicios

Introducción

En el presente capítulo se presentará un resumen de los equipos auxiliares involucrados en el proceso y, posteriormente, se detallará todo lo relacionado a los servicios utilizados en la planta productiva.

Almacenamiento

Los equipos de almacenamiento pueden ser divididos en dos categorías: por un lado, aquellos relacionados con los materiales involucrados directamente en el proceso y por otro los correspondientes a los fluidos de servicios.

Materiales de proceso

En este apartado se describen los equipos que almacenan aquellos materiales directamente involucrados con el proceso, los cuales son:

- Salvado (materia prima)
- Etanol
- Ácido sulfúrico
- Dióxido de carbono

La materia prima (salvado) ingresa a la planta y es almacenada en silos que servirán de alimentación al secador de salvado. Posteriormente, el salvado seco es almacenado en un silo diferente para alimentar a los extractores y, por último, el salvado desgrasado se almacena en un silo distinto. También se incluyen tanques de almacenamiento tanto para productos intermedios como para los subproductos y producto final.

Por otro lado, el etanol y el ácido sulfúrico necesarios para la reacción de esterificación deben almacenarse en depósitos que permitan el acceso de estos al reactor.

Por último, se requiere un recipiente de almacenamiento de CO₂ para la línea de extracción del aceite y para el fraccionamiento del destilado esterificado. Al final de la sección se deja una lista de los equipos involucrados.

Silos de almacenamiento

En este apartado se determinan las características de los silos de almacenamiento de salvado. Tanto para el salvado húmedo como para el salvado seco, los silos se dimensionan de la misma manera y tienen iguales características constructivas.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el consumo de salvado de arroz es de 69 toneladas diarias. Se establece que la capacidad de almacenamiento será de dos días, por lo que el almacenamiento total será 138 toneladas. Dado que la densidad del salvado de arroz es 320 kg/m^3 , se necesitará un volumen disponible de 430 m^3 . Se decide sobredimensionar un 20% para disponer de cierta flexibilidad de producción a futuro. De esta manera, se deciden adoptar 8 silos de 133 m^3 cada uno. Se utilizarán cuatro silos para el salvado húmedo, mientras los restantes 4 serán destinados al salvado seco. Las características de construcción se detallan en la tabla 10.1:

Tabla 10.1 – Características de los silos de almacenamiento

Silos de almacenamiento salvado húmedo y seco	
Tipo de silo	Elevado
Volumen	133 m^3
Diámetro	4,58 m
Altura cilindro	6,86 m
Altura techo	1,26 m
Altura columna (1 m)	3 m
Angulo del cono	45°
Virolas	6

Los silos poseen indicadores de nivel mínimo y máximo y boca de entrada de hombre. Los mismos son de tipo elevado y poseen fondo cónico de 45° . Además, cuentan con un motor vibrador que facilita la descarga del salvado que se adhieren a la superficie de las paredes.

Imagen 10.1 – Silos elevados



Por otro lado, para el almacenamiento del salvado agotado se propone la instalación de un silo único de 180 toneladas de capacidad. Debido a que el salvado agotado es un subproducto del proceso que se utiliza para alimentación animal, no será necesario que el silo cumpla con los mismos requerimientos de seguridad e higiene que los correspondientes al salvado fresco. Por este motivo, se decide la construcción de un silo elevado equipado con una escalera de acceso a techo y sistema de llenado con compuerta de apertura desde el suelo. El ángulo de la tolva es de 60°, lo que permite una descarga del salvado sin inconvenientes. En la tabla 10.2 se detallan las características del silo de almacenamiento para salvado agotado:

Tabla 10.2 – Características del silo de salvado agotado

Silos de almacenamiento salvado agotado	
Tipo de silo	Elevado
Volumen	534 m ³
Diámetro	6,88 m
Altura cilindro	12,58 m
Altura techo	2,08 m
Altura columna (1 m)	4,3 m
Angulo del cono	45°
Virolas	11

Productos intermedios

Como se mencionó anteriormente, podemos diferenciar los tanques de almacenamiento que albergan productos intermedios de los tanques que contendrían los fluidos de servicio.

Se determinó que la cantidad necesaria para llevar a cabo el proceso es de 9 tanques, de los cuales 6 almacenan productos intermedios, 1 almacena etanol para la reacción de esterificación, 1 tanque almacena el residuo de la destilación y 1 tanque corresponde a efluentes. Se desestima un tanque de ácido sulfúrico dado el escaso volumen utilizado. El volumen de los tanques de productos intermedios se calcula de manera que sea posible almacenar lo generado durante aproximadamente 8 horas (1 turno) o el equivalente a tres operaciones consecutivas, dado que todas las operaciones unitarias tienen un tiempo de operación de entre 2 y 3 horas.

Por el lado de los tanques correspondientes a los reactivos de la etapa de esterificación, el volumen se calculó determinando que la recepción de estos materiales en planta se realiza una vez por semana.

Los tanques para almacenaje de subproductos se dimensionan de manera que puedan contener aquellos subproductos generados en un día de producción, dado que el tratamiento de los mismos se realizará diariamente y, por último, el volumen del tanque para los efluentes se calcula teniendo en cuenta que los mismos se retirarán de la fábrica semanalmente. Todos los tanques se dimensionaron con un 30% de sobredimensionamiento y una relación altura/diámetro de 3. Los mismos están fabricados con acero inoxidable AISI 316 y serán dispuestos en posición vertical. En la tabla siguiente se adjunta el detalle de los tanques de almacenamiento:

Tabla 10.3 – Tanques de almacenamiento

Cód.	Material	Vol. (m ³)	Vol. Real (m ³)	Diám. (m)	Altura (m)
TA-01	Aceite de salvado de arroz	5,55	7,21	1,45	4,4
TA-02	Destilado de desodorización	0,29	0,37	0,54	1,62
TA-03	Destilado esterificado	0,18	0,23	0,42	1,26
TA-04	Residuo de 1ª etapa de fraccionamiento (Residuo 1)	0,12	0,15	0,37	1,10
TA-05	Concentrado de Vitamina E al 30% (Residuo 2)	0,12	0,15	0,37	1,10
TA-06	Extracto del fraccionamiento (Destilado)	0,10	0,13	0,35	1,05
TA-07	Etanol	4,61	5,99	1,25	3,75
TA-08	Ácido sulfúrico	0,02	0,03	0,20	0,61
TA-09	Efluentes	8,62	11,20	1,54	4,62
TA-10	Residuo de destilación	16,60	21,58	1,92	5,75

Depósitos de solvente

Se dimensiona un depósito de gas que almacenará el dióxido de carbono de forma tal de asegurar el abastecimiento de las líneas de extracción y de fraccionamiento supercrítico.

Como se mencionó previamente, se estima una pérdida de CO₂ de 2% por operación, por lo que se necesitarán aproximadamente 6002,16 kg/día de CO₂ para reponer el gas perdido. Además, se deberá realizar la limpieza de la columna de fraccionamiento al final de cada operación con una cantidad adicional de CO₂ que, si bien es despreciable, se tendrá en cuenta como adicional para determinar el volumen del tanque.

Se decide adoptar un depósito horizontal aislado con poliuretano. El CO₂ dentro del tanque se mantiene en equilibrio de fases. Para mantener la presión interior, se dispone de una válvula automática que libera gas cuando la presión dentro del tanque es alta y liquido cuando es baja. De esta manera, la presión interior del recipiente se mantiene dentro de los rangos establecidos.

Para determinar la cantidad de tanques se considerarán 6 días de producción (dado que la reposición del solvente se hará semanalmente) y un sobredimensionamiento de 20%. Así, la cantidad de CO₂ de reposición resulta 43220 kg, se adquirirán 3 tanques con las características dispuestas a continuación:

Tabla 10.4 – Tanques de reposición de CO₂

Tanque horizontal CO ₂	
Llenado máximo	14700 kg CO ₂
Diámetro	1900 mm
Peso vacío	5000 kg
Rango de temperatura	-40 °C a +20 °C
Presión máxima	24 bar
Aislante	Poliuretano
Material	Acero al carbono

Imagen 10.2 – Tanques de reposición de CO₂



Por otro lado, también se adquirirán tanques pulmón de CO₂ correspondientes a las etapas de extracción y fraccionamiento. El requisito principal de ambos tanques es que debe cumplir, independiente de soportar la presión de 6 MPa a la que se encuentra el solvente, es el de poder mantener alimentada a la bomba con un flujo constante y sin variaciones.

Entonces:

$$Q = \text{caudal volumétrico [m}^3/\text{h]}$$

$$\rho_{\text{CO}_2} (10 \text{ °C; } 6 \text{ MPa}) = 882 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{\text{CO}_2} = 12225,94 \text{ kg/h}$$

Con los valores de caudal másico y densidad se obtiene el caudal volumétrico:

$$Q = m_{\text{CO}_2} / \rho_{\text{CO}_2} = 12225,94 \text{ kg h}^{-1} / 882 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 13,86 \text{ m}^3/\text{h} = 13860 \text{ l/h}$$

Se decide adoptar un tanque que represente el 30% del volumen requerido, dado que el CO₂ utilizado se recircula completamente. De esta manera, se adquirirá un tanque de 5000 L apto para almacenar el CO₂ líquido a 6 MPa y 10 °C.

Paralelamente, se calcula el volumen del tanque pulmón de la etapa de fraccionamiento. A partir de este valor y conociendo el caudal de entrada se procede a calcular el volumen del tanque:

$$V_{\text{teórico}} = Q \cdot t$$

$$Q = m_{\text{CO}_2} / \rho_{\text{CO}_2} = 278,80 \text{ kg h}^{-1} / 882 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0,3161 \text{ m}^3/\text{h} = 316 \text{ L/h}$$

Por el volumen obtenido, se decide directamente adoptar un tanque que albergue la totalidad del CO₂ necesario. De esta manera, se adquirirá un tanque de 500 L apto para almacenar el CO₂ líquido a 6 MPa y 10 °C.

Ambos tanques serán adquiridos a la firma india Bahrat Tanks and Vessels, quienes se especializan en tanques para gases y CO₂ líquido. A continuación, se adjunta una foto ilustrativa.

Imagen 10.3 – Tanque pulmón de CO₂



Depósitos de agua

En este apartado se dimensionarán los tanques de almacenamiento correspondientes a los fluidos de servicio, tales como los condensados de la línea de vapor, agua caliente y agua de enfriamiento.

Para dimensionar los tanques de agua, se deberá calcular el consumo total de agua de la planta, el cual está determinado principalmente por cuatro componentes: agua de calentamiento, agua de enfriamiento, generación de vapor y consumo de agua del personal.

En base a los balances realizados previamente, se determina el consumo de agua para cada etapa del proceso. En la tabla 10.5 se detallan las cantidades

Tabla 10.5 – Consumos de agua y vapor

Operación	Fluido	Caudal
Secado	Vapor (5 bar)	187.50 kg/h
Extracción	Agua (90 °C)	22.86 m ³ /h
	Agua (90 °C)	5.88 m ³ /h
	Agua (2 °C)	96.07 m ³ /h
Desodorización	Vapor (100 bar, 300 °C)	66.22 kg/h
Esterificación	Agua (90 °C)	0.05 m ³ /h
Fraccionamiento (1 ^º etapa)	Agua (90 °C)	0.21 m ³ /h
	Agua (90 °C)	0.48 m ³ /h
	Agua (2 °C)	2.59 m ³ /h
Fraccionamiento (2 ^º etapa)	Agua (90 °C)	0.38 m ³ /h
	Agua (90 °C)	0.28 m ³ /h
	Agua (2 °C)	2.59 m ³ /h

El consumo total es 131,41 m³ agua/h y 215,22 kg de vapor/h sin considerar pérdidas ni las etapas de recirculación. En los apartados siguientes se detalla con más profundidad el consumo, tanto de agua como de vapor.

Consumo de agua de calefacción

La cantidad de agua necesaria para calefaccionar las distintas operaciones se detallan en la Tabla 10.6. Se consideró un 20% para pérdidas, imprevistos, etc.

Tabla 10.6 – Consumos de agua caliente

Agua - Calefacción		
Operación	Fluido	Caudal
Extracción	Agua (90 °C)	28.74 m ³ /h
Esterificación	Agua (90 °C)	0.05 m ³ /h
Fraccionamiento	Agua (90 °C)	1.35 m ³ /h
Pérdidas (20 %)	-	6.03 m ³ /h
Total agua de calefacción		36.17 m ³ /h
Recuperación		95%
Consumo neto		1.81 m ³ /h

El agua de calefacción que sale de los intercambiadores de calor es recuperada y reacondicionada para poder ser recirculada posteriormente. Se considera una recuperación del 95% del agua de calefacción, obteniendo un consumo neto de 1,81 m³/h.

Consumo de agua de refrigeración

La cantidad de agua necesaria para el enfriamiento durante las distintas operaciones unitarias se muestran en la Tabla 10.7. Se consideró un 5% por pérdidas, imprevistos, etc.

Tabla 10.7 – Consumos de agua para refrigeración

Agua - Refrigeración		
Operación	Fluido	Caudal
Extracción	Agua (2 °C)	96,07 m ³ /h
Fraccionamiento	Agua (2 °C)	5,18 m ³ /h
Pérdidas (5 %)	-	5,06 m ³ /h
Total agua de refrigeración		106,31 m ³ /h
Recuperación		95%
Consumo neto		5,32 m ³ /h

El agua de refrigeración se recupera a través de un circuito cerrado. De esta manera, recuperando un 95% el consumo neto es 5,14 m³/h.

Consumo de vapor

La cantidad de vapor necesaria para las distintas operaciones unitarias se muestran en la Tabla 10.8. Se consideró un 15% por pérdidas, imprevistos, etc.

Tabla 10.8 – Consumos de vapor

Vapor		
Operación	Fluido	Caudal
Secado	Vapor (5 bar)	187.50 kg/h
Desodorización	Vapor (100 bar, 300 °C)	66.22 kg/h
Pérdidas (15 %)	-	38.06 kg/h
Total agua de calefacción		291.78 kg/h
Volumen de agua		0.29 m ³ /h
Recuperación		95%
Consumo neto		0.0146 m ³ /h

El proceso tiene un consumo de 401,90 kg vapor/h considerando un 3% de pérdidas en las tuberías y un 2% en la caldera por lo que el volumen de agua necesaria es 0,40 m³/h. Si se recupera un 95% de los condensados de vapor, el consumo neto es de 0,201 m³/h.

Consumo humano y sanitarios

Se determina que para sanitarios y limpieza se utilizará agua de pozo sin tratar mientras que, para el personal, se adquirirá agua potable envasada. Se estima una nómina de 75 empleados, los cuales se detallarán en capítulos posteriores. En la tabla siguiente se establece la cantidad de agua diaria consumida. Finalmente, se obtiene un consumo diario de 9.23 m³.

Tabla 10.9 – Consumos de agua para sanitarios y personal

Agua - Consumo y sanitarios	
Cantidad de empleados	75
Consumo sanitario persona	150 l/día
Consumo personal	3 l/día
Consumo neto (l/día)	11475 l/día
Consumo neto (m ³ /día)	11,48 m ³ /día

Tanques de almacenamiento de agua

De acuerdo con los datos expuestos, se dimensionan los tanques de almacenamiento de agua.

Los tanques de almacenamiento de agua de reposición, agua de enfriamiento y agua caliente se dimensionan de manera que su capacidad les permita almacenar agua por un período de tiempo de 1 día. Los tanques de agua para sanitarios y condensados se diseñan para almacenar 2 y 3 días de agua respectivamente. Esto permite que las dimensiones de ambos tanques sean similares.

Todos los tanques se diseñan manteniendo una relación altura/diámetro de 3. Los tanques que almacenan el agua para calefacción y condensados recuperados se aíslan con una capa de poliuretano. A continuación, se detallan las medidas de cada tanque.

Tabla 10.10 – Consumos de agua para sanitarios y personal

Código	Servicio	Caudal (m ³ /día)	Caudal real	Tiempo	Volumen	Diám. (m)	Altura (m)
TA-11	Condensados	5,28 m ³ /día	6,34 m ³ /día	3 días	19,01 m ³	2,01 m	6,02 m
TA-12	Agua caliente	723,82 m ³ /día	868,58 m ³ /día	1 día	868,58 m ³	7,17 m	21,51 m
TA-13	Agua de enfriamiento	2430,00 m ³ /día	2916,00 m ³ /día	1 día	2916,00 m ³	10,74 m	32,21 m
TA-14	Agua de reposición	266,88 m ³ /día	320,26 m ³ /día	1 día	320,26 m ³	5,14 m	15,42 m
TA-15	Agua para sanitarios	11,48 m ³ /día	13,78 m ³ /día	2 días	27,55 m ³	2,27 m	6,81 m

Transporte de sólidos

Realizando un análisis de los materiales que se deben trasladar, el único sólido que debe moverse a lo largo de la línea de producción es el salvado de arroz. Se necesitarán cinco mecanismos para transportarlo. Los mismos se detallan a continuación:

1. Descarga del salvado: Los camiones ingresan con la materia prima y la misma debe transportarse hasta el silo de almacenamiento de salvado.
2. Transporte del salvado desde el silo 1 hasta el secador.
3. Transporte del salvado seco. Se debe desplazar desde el secador hasta el silo de almacenamiento de salvado seco.
4. Transporte desde el silo de salvado seco hasta el extractor
5. Transporte del salvado agotado hasta el silo correspondiente.

Para lograr todos estos traslados, se detallarán a continuación los equipos que se utilizarán.

Tornillo sinfín

Para los transportes 2 y 3 (es decir, desde el silo 1 hacia el secador y desde el secador hacia el silo de salvado seco) se utilizarán tornillos sinfín con iguales características.

De esta manera, se selecciona el tornillo sinfín marca Gimmat, modelo TC.154/130. Se elige este equipo a partir de la cantidad de salvado por hora que debe secarse (2600 kg/h aproximadamente). Entre los equipos disponibles, se determinó que el equipo seleccionado es el más apto dado que tendrá capacidad disponible para una futura

expansión de la producción. En las tablas 10.11 y 10.12 se muestran los equipos y las características del tornillo elegido.

Tabla 10.11 – Selección del transportador tornillo sinfín

MODEL	Outside Diameter (mm)	RPM Max	Output M ³ /H	Bulk Density kg/dm ³	Output kg/H
TC.129/100	129	180	3,66	0,6	2.200
TC.139/120	139	180	6,66	0,6	4.000
TC.154/130	154	180	8,33	0,6	5.000
TC.168/140	168	180	10,33	0,6	6.200
TC.219/180	219	160	21,66	0,6	13.000
TC.273/250	273	130	41,66	0,6	25.000

Tabla 10.12 – Características del equipo

Características	Valor
Tipo de hélice	Tornillo de paso estándar
Velocidad de giro de la hélice	180 rpm
Porcentaje de carga del equipo	52%
Capacidad	5000 kg/h
Marca y modelo	Gimat, TC.154/130

Transporte neumático

Para descargar el salvado de los camiones que ingresan a la planta y transportarlos hacia el silo de salvado previo al ingreso al secador, se utilizará transporte neumático. Este sistema no solo se usará al momento de la descarga sino también se utilizará para enviar el salvado hacia la etapa de extracción.

Se utilizarán dos formas diferentes de transporte. En primer lugar, se empleará un transportador neumático portátil mientras que, posteriormente, el salvado es bombeado hacia los extractores mediante una bomba especial.

Transportador neumático portátil

Este equipo se utilizará para descargar⁴⁰ el salvado que llega a la planta en camiones tolva. Para realizar la descarga, se adopta un sistema portátil de transporte neumático marca . Este sistema presenta numerosas ventajas tales como:

- Bajo porcentaje de rotura del material transportado (inferior al 1%)
- Gran alcance tanto en longitud como en altura
- Mínimo riesgo de accidente (el equipo se encuentra libre de transmisiones peligrosas como correas o cadenas)
- Válvula en la línea de vacío para aliviar el circuito de aire del soplador en el caso que se atore el equipo.
- Para su funcionamiento y control se requiere un solo operador
- Sistema de carga y descarga con libertad de giro de 360°
- Acoples rápidos de aluminio que garantizan el buen sellado, fácil armado y desarmado.
- Válvula rotativa accionada automáticamente por un motor y una bomba hidráulica incluida en el equipo.
- Capacidad de transporte de hasta 60 toneladas por hora

En la tabla 10.13 se muestran las características más importantes del equipo. Se determina la compra del modelo TNP 5-6 de la empresa Repicky S.A.

Tabla 10.13 - Características del transportador neumático portátil

		TNP 5-6		
		Diámetro de aspiracion	5 pulgadas	
		Diámetro de expulsion	6 pulgadas	
		Potencia instalada	Eléctrico: 75 HP	

TNP 5-6		Distancia de succión		
		3 mts.	12 mts.	24 mts.
Producto	Avena	55/60	52/55	37/45
	Cebada	55/60	50/52	37/45
	Maíz	55/60	50/55	36/44
	Trigo	58/60	50/55	38/45
	Soja	55/60	50/52	34/45
	Girasol	37/39	33/34	23/29

⁴⁰ Se adjunta video de la descarga en silo: <https://youtu.be/g1wM5a9U7rw>

El sistema posee un tubo de descarga de camión con libertad de giro de 360°, otorgando una alta flexibilidad para ubicarlo en la posición más conveniente. Se determina la compra de dos equipos con las características mencionadas.

Principio de funcionamiento del sistema portátil

El sistema funciona en dos etapas controladas. La primera, llamada etapa de aspiración, comienza cuando el soplador de desplazamiento positivo genera el movimiento de aire que necesita el extractor. El soplador genera vacío sobre un ciclón separador, donde ingresa una mezcla controlada de aire y salvado mediante una cañería portátil desde el punto de succión. La mezcla ingresante al ciclón es separada en aire y producto. El primero es filtrado y pasa por el soplador mientras que el segundo precipita por acción de gravedad sobre la válvula rotativa ubicada en el fondo del ciclón.

La segunda etapa, llamada etapa de impulsión, comienza cuando la válvula rotativa dosifica el salvado y nuevamente se establece una mezcla de aire/salvado para ser transportados hasta el silo.

Imagen 10.4 – Transportador neumático portátil



Transporte neumático por cañería

Luego de atravesar el secadero y depositarse en el silo correspondiente, el salvado seco se envía a los extractores a través de una cañería por transporte neumático impulsada por una bomba de lóbulos (bomba roots).

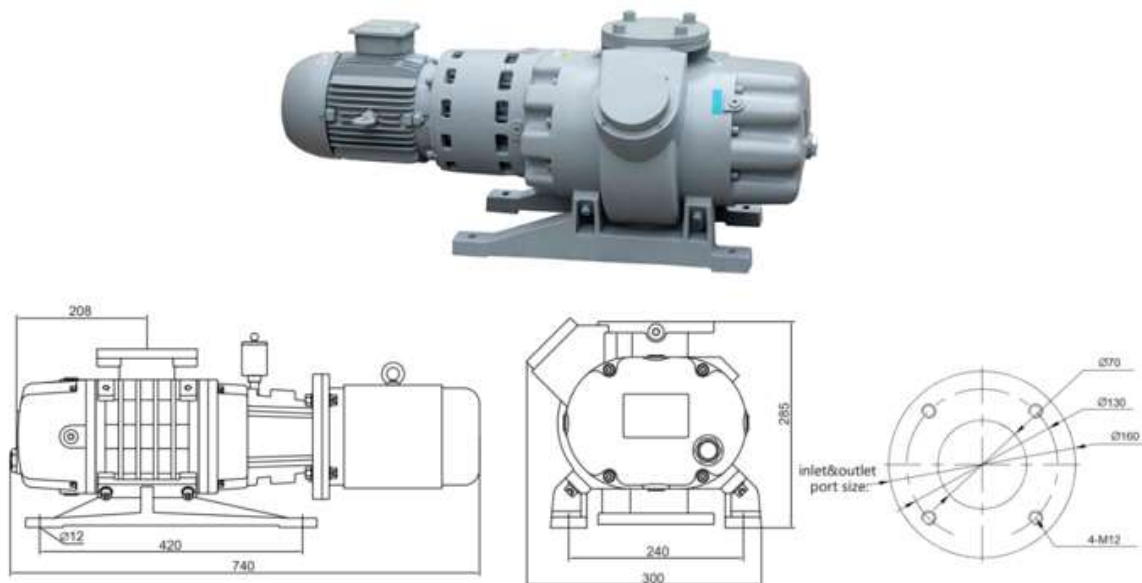
Se decide adoptar la bomba MVR-0250 de la empresa Marpa. Este tipo de bombas es ideal para el transporte de granos y polvos. Las características de la bomba se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10.14 – Características de la bomba de lóbulos seleccionada

Características técnicas	Unidades	50 Hz	60 Hz
Caudal Nominal	m ³ /h	150	300
Vacío final máximo	mbar	3x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴
Diferencia de presión máx.	mbar	80	80
Potencia Motor	kW	1,10	1,10
Velocidad de giro Nominal	rpm	2950	3480
Rumorosidad	dB(A)	63	63
Peso aproximado	kg	100	100
Conexión boca de aspiración	mm	65	65
Conexión escape	mm	65	65

La bomba funciona como un compresor, aspirando aire del ambiente, comprimiéndolo y expulsándolo por la cañería de transporte de salvado. En la imagen 10.5 se muestra el equipo y sus medidas. Este equipo trabaja en seco, por lo que no es necesario usar aceite como lubricante.

Imagen 10.5 – Bomba de lóbulos (bomba roots)



Descarga manual

Finalizada la etapa de extracción del aceite, se debe realizar la descarga del salvado agotado de los extractores.

La descarga se realiza de manera sencilla dado que el salvado se encuentra totalmente seco y libre de solventes en canastos contenedores, de manera que puede manipularse con mucha facilidad. Se debe recordar que el salvado agotado es un subproducto que se puede comercializar como salvado de arroz desengrasado para alimentación animal.

Para la descarga, se utilizará un puente grúa montado en el techo. Este equipo servirá para retirar los canastos contenedores de salvado y posteriormente son descargadas por un operario. El mismo debe abrir las tapas inferiores rebatibles de los canastos y descargar sobre el salvado sobre una tolva conectada a un tornillo sinfín que transporta el material al depósito de salvado agotado. El tornillo sinfín a emplear tiene características similares al utilizado en el secadero, pero con una capacidad levemente mayor. En las tablas 10.24 se muestran las características del equipo seleccionado.

Una vez finalizada la descarga, se coloca el fondo nuevamente en su posición original y las canastas se cargan con salvado seco para realizar una nueva extracción. Finalmente, la grúa puente levanta las canastas y las coloca dentro de los extractores.

Tabla 10.15 – Selección del transportador tornillo sinfín

MODEL	Outside Diameter (mm)	RPM Max	Output M ³ /H	Bulk Density kg/dm ³	Output kg/H
TC.129/100	129	180	3,66	0,6	2.200
TC.139/120	139	180	6,66	0,6	4.000
TC.154/130	154	180	8,33	0,6	5.000
TC.168/140	168	180	10,33	0,6	6.200
TC.219/180	219	160	21,66	0,6	13.000
TC.273/250	273	130	41,66	0,6	25.000

Báscula

Es necesaria la utilización de una báscula para pesar los camiones que ingresan a la planta con la materia prima, por ello se decide adoptar una báscula mecánica de instalación sobre piso para camiones, fabricada por la empresa Basculas Casilda S.A.

El equipo seleccionado es el más pequeño ofrecido por la empresa, el cual tiene una capacidad de 45 toneladas. La misma es totalmente mecánica, y su construcción está basada en un sistema de reducción de esfuerzos mediante un conjunto de palancas individuales. Por otro lado, la plataforma es una estructura construida en perfiles de acero laminado (IPE 300) dispuestos en dos sendas dobles, montada sobre ocho puntos de apoyo, y configurando tres puentes. La plataforma de pesaje tiene un tamaño de 9 metros de largo por 3 metros de ancho y cada puente, con igual capacidad portante,

garantiza la más adecuada transmisión de cargas. Además, el equipo cuenta con un dispositivo de esferas de acero forjado, que absorben los esfuerzos longitudinales y transversales a que está sometida la plataforma. Se adjuntan imágenes ilustrativas de la báscula donde se puede apreciar su forma y emplazamiento.

Imagen 10.6 – Báscula



Imagen 10.7 – Báscula instalada cercana a los silos



Bombas

En este apartado se determinan las bombas que se utilizarán en la planta productiva. En la tabla 10.16 se enumeran tanto las bombas para fluidos de proceso como aquellas para fluidos de servicio. El cálculo de potencia de las bombas se realizó mediante software. Las bombas centrífugas poseen las mismas características constructivas. Por otro lado, las bombas de membrana deben soportar elevadas presiones, por lo que se seleccionaron bombas del mismo tipo que para el CO₂ supercrítico. Finalmente, la bomba de vacío debe aspirar el residuo de la columna de destilación el cual se encuentra a 5 mmHg.

A continuación, se enlistan las bombas a instalar:

Tabla 10.16 – Bombas para fluidos de proceso y servicio

BOMBAS DE FLUIDOS DE PROCESO							
Cod	Descripción	Fluido	Desde	Hasta	Caudal [m ³ /h]	Potencia Real (HP) $\eta = 0,6$	Potencia Nominal (HP)
B1	Bomba para vacío	Aceite	Columna de destilación	IC5	1.10	0.12	0,25
B2	Bomba centrífuga	Aceite	Reactor	SEP3 (decantador)	0,07	0,01	0,1
B7	Bomba de membrana	Aceite	TA3 (destilado esterificado)	IC7	1,10	0.12	0,25
B8	Bomba de membrana	Aceite	SEP4	Col. Fraccionamiento	0,02	0,01	0,1
BOMBAS DE FLUIDOS DE SERVICIO							
Cod	Descripción	Fluido	Desde	Hasta	Caudal [m ³ /h]	Potencia Real (HP) $\eta = 0,6$	Potencia Nominal (HP)
B3	Bomba centrífuga	Agua	Cañería agua fría	IC4	96.07	7.71	10
				IC10	5.18		
B4	Bomba centrífuga	Agua	Cañería agua caliente	IC3	5.88	2.31	2.50
				IC9	0.76		
				IC2	22.90		
				IC8	0.59		
B5	Bomba centrífuga	Efluentes	SEP2 (desodorización)	TA9 (efluentes)	1.01	0.10	0.25
			SEP3 (decantador)		0.04		
B6	Bomba centrífuga	Agua	TA13 (agua de reposición)	TA10 (condensados)	0.02	0.55	1
				TA11 (agua caliente)	1.81		
				TA12 (agua refrig.)	5.32		

Servicios de agua y vapor

En esta sección se determina todo lo relativo a la generación de vapor y agua caliente. La central de vapor de la planta trabaja a una presión de aproximadamente 100 bares y distribuye el vapor a este mismo valor. La presión es reducida cercana a los puntos de consumo que trabajan a presiones menores (por ejemplo, 5 bar). Las presiones de trabajo menores a 100 bar otorgan la posibilidad de disminuir los diámetros de tuberías, los cuales se desempeñan mejor ante los efectos perjudiciales que provoca la condensación del vapor dentro de ellas.

Por otro lado, la instalación de calderas de alta presión permite que la columna de desodorización continúe trabajando con temperaturas del orden de 280-300 °C y 100 bar. Finalmente, el vapor de alta presión permite efectuar el vacío necesario durante esta etapa.

Requisitos y calidad del agua

Para las calderas que trabajan a altas presiones, el agua de alimentación debe cumplir con determinados requisitos para lograr su óptimo funcionamiento. En la tabla 10.17 se adjuntan estos requerimientos:

Tabla 10.17 – Requisitos de pureza para el agua de caldera⁴¹

Parametro	Valor recomendado
Dureza Total	≤ 3 ppm
Contenido de O ₂	≤ 3 ppb (partes por billon)
Sulfito de Sodio	30 - 70 ppm
Hidrazina	0,1 - 10 ppm
Taninos	120 - 180 ppm
Dietilhidroxilamina	0,1 - 1 ppm
Fosfatos (Na ₃ PO ₄)	30 - 60 ppm
Dioxido de carbono	≤ 25 ppm
Contenido total de Fe	≤ 3 ppm
Silice	≤ 150 ppm
Alcalinidad total (CaCO ₃)	≤ 700 ppm
Solidos disueltos totales	≤ 3500 ppm
Solidos en suspension	≤ 200 ppm
Conductividad	≤ 7000 uS/cm
pH a 25 °C	10,5 - 11,8
Condición general	Incoloro claro y libre de agentes solubles

Con respecto al agua disponible en el parque industrial Concepción del Uruguay, la provisión se da de forma individual. El parque cuenta con una perforación sobre el Arroyo de la China a tercera napa (70 metros). Esta perforación posee instalada una bomba que provee agua de buena calidad y un caudal de 30 m³/hora. Esta proyectada una cisterna para uso común a futuro.

Se adjunta una tabla con las características del agua:

⁴¹ <https://ingsiri.com.ar/desmineralizacion-agua-osmosis-inversa-alimentacion-calderas>

Tabla 10.18 – Calidad del agua – Parque industrial Concepción del Uruguay

Característica	40 m	70 m	100 m
pH (20 °C)	7,14	7,44	7,73
Dureza (mg/l de CaCO ₃)	750	655	560
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,06	0,13	0,20
Cloruros	875	550	224
Sulfatos	1401,6	1142,4	883,2
NO ₂ ⁻ y NO ₃ ⁻	0,03	0,07	0,10
Conductividad (cm ³ /s)	5,80	4,30	2,80
Turbidez	187	183	179
Alcalinidad total (mg/l CO ₃ ²⁻)	380	415	449

Como el agua disponible para el proceso reúne las condiciones necesarias para un correcto funcionamiento de la instalación generadora de vapor, es necesario, entonces, establecer una instalación desmineralizadora para el agua de alimentación. Se utilizará una columna de intercambio iónico cuyas características se detallarán a continuación.

Sistema de intercambio iónico

El agua que se utiliza en la caldera debe tratarse previamente de manera que no existan problemas de corrosión y/o incrustaciones debido a las sales que esta pueda tener.

Los ablandadores de agua por intercambio iónico de resina son el método más eficiente y económico para eliminar la dureza del agua causante del sarro, tanto en el hogar como la industria. Este tipo de ablandador reemplaza los iones de calcio y magnesio presentes en el agua dura por iones más benignos como el sodio.

Este proceso previene la formación y el depósito de sarro en grifería, cañerías, termotanques, calderas, electrodomésticos y maquinarias que esté en contacto con el agua protegiéndolos y prolongando su vida útil.

Luego de haber ablandado varios litros de agua la resina comienza a saturarse. En ese momento el ablandador necesita entrar en un ciclo de regeneración de la resina para seguir funcionando correctamente. Los ablandadores iniciarán este proceso automáticamente haciendo pasar una solución de cloruro sódico a través del lecho de intercambio. Esta regeneración se da por tiempo de uso o por cantidad de agua consumida usando las válvulas automáticas. El equipo cuenta también con un recipiente en el cual se disuelve la solución concentrada de cloruro de sodio necesaria para la regeneración.

Después del tratamiento, la resina generada recupera su actividad inicial y el ciclo puede volver a repetirse. En resumen, las etapas del proceso de ablandamiento son:

1. El agua atraviesa el lecho de resina y pierde sus iones de Ca y Mg, siendo sustituidos por iones de Na.
2. Cuando la resina se satura, una corriente de agua favorece su desbloqueo a fin de facilitar la regeneración.
3. La solución de cloruro de sodio circula a través del lecho de resinas, obteniéndose una solución salina de sales de calcio y magnesio. Así, la resina se encuentra nuevamente cargada de sodio.
4. Finalmente, un lavado permite eliminar la salmuera remanente en el lecho y deja el sistema listo para un nuevo ciclo.

El equipo seleccionado es un ablandador automático twin (doble columna) que realiza estas operaciones de forma automática optimizando al máximo el consumo de sal y funcionamiento del equipo. Los ablandadores twin trabajan de manera que mientras una columna brinda agua ablandada, la otra se regenera haciéndolo ideal para uso en procesos continuos. Si bien el agua necesaria para el proceso oscila los 400 m³/h, la mayor parte circula en circuito cerrado. El consumo neto de agua de reposición que debe ablandarse es 7,61 m³/h. Así, se entiende que debe ablandarse una gran cantidad de agua en primera instancia y luego solo las corrientes de reposición. Se decide adoptar el equipo más grande, a fin de evitar problemas de producción, según especificación de la tabla contigua:

Tabla 10.19 – Selección del ablandador de agua

Especificaciones Técnicas								
Modelo	Código	Tipo de Regeneración	Valvula Ge	ft ³ Resina	Dimensión Tanque	Flujo (GPM)		
						Servicio MIN	Servicio MAX	BKW
Duplex Alternado								
WS- 8.0 Pie3 Magnum Twin	0111330106	Volumen	Performa CV 298/764	16,0	21"x 62"	16,0	40,0	12,0
WS- 9.0 Pie3 Magnum Twin	0111330184	Volumen	Performa CV/ 298/764	18,0	24"x 72"	18,0	45,0	15,7
WS- 10.0 Pie3 Magnum Twin	0111330107	Volumen	Performa CV/ 298/764	20,0	24"x 72"	20,0	50,0	15,7
WS- 12.0 Pie3 Magnum Twin	0111330133	Volumen	Performa CV/ 298/764	24,0	30"x 72"	24,0	60,0	24,5
WS- 15.0 Pie3 Magnum Twin	0111330131	Volumen	Performa CV/ 298/764	30,0	30"x 72"	30,0	75,0	24,5
WS- 20.0 Pie3 Magnum Twin	0111330142	Volumen	Performa CV/ 298/764	40,0	36"x 72"	40,0	100,0	35,3

Caldera de agua caliente

El calentamiento de agua se dará por 3 vías diferentes. La primera forma de calentamiento consiste en la recuperación de calor a partir del residuo de la destilación, el cual se encuentra a 251 °C. Por otro lado, se calentará una parte del agua necesaria mediante vapor burbujeante proveniente de la caldera. Finalmente, el agua restante se calentará mediante una caldera de fluido térmico.

Recuperación de calor

Se recuperará calor para producir agua caliente a partir del residuo de la columna de destilación que se utilizó para precalentar las alimentaciones de la columna de destilación y de la torre de fraccionamiento. Esta corriente, a pesar de haberse utilizado previamente todavía se encuentra a 236,7 °C, por lo que se aprovechará para calentar el agua hasta 90 °C. La temperatura de salida del residuo se fija en 30 °C.

El agua caliente realiza un circuito cerrado y se almacena en tanques revestidos con aislante a fin de evitar pérdidas de calor. La temperatura inicial del agua se estimó como la media de la temperatura del agua a la salida de los intercambiadores. Además, se considera una disminución adicional de la temperatura debido al ingreso del agua de reposición la cual se encuentra a temperatura ambiente (18 °C). Así, se estima la temperatura inicial en 65 °C, considerando la situación más desfavorable.

Se realiza un balance de energía para determinar el caudal másico de agua que se calienta a partir del residuo.

$$Q_R = m_R c_{pR} \Delta T = 622,53 \text{ kg/h} \cdot 1,97 \text{ kJ/kg} \text{ } \text{K} (303,15 - 509,85) \text{ } \text{K}$$

$$Q_{\text{Residuo}} = -253494 \text{ kJ/h}$$

Con el Q_{Residuo} se obtiene la masa de agua a calefaccionar:

$$253494 \text{ kJ/h} = m_{\text{agua}} c_{p\text{agua}} \Delta T = m_{\text{agua}} \cdot 4,20 \text{ kJ/kg} \text{ } \text{K} (363,15 - 338,15) \text{ } \text{K}$$

$$m_{\text{agua}} = 2414 \text{ kg agua/h}$$

Del balance de energía, se determina que aprovechando el residuo de la destilación se pueden calentar 2414 kg agua/h.

Vapor burbujeante

La caldera que se seleccionará produce un caudal de vapor de 600 kg/h. Debido a que se necesitan 247,50 kg vapor/h se dispone de 352,50 kg/h para calentar agua, por lo que se decide circular el vapor excedente en el tanque de agua caliente.

Considerando un calor latente de 1406,4 kJ/kg, la cantidad de energía térmica que entrega el vapor resulta 495756 kJ/h. Realizando un simple balance de energía para el agua, la masa que aumenta su temperatura desde 65 a 90 °C resulta 4721,5 kg agua/h.

Selección de la caldera

Dado que el total de agua de calentamiento es 36190 kg/h y que a partir de la recuperación de calor y del calentamiento mediante vapor se calefaccionan en total 7135,5 kg agua/h, todavía resta por calentar 29054,50 kg/h de agua.

Se determina la compra de una caldera de fluido térmico fabricada por la firma Babcock Wanson. El calentamiento por fluido térmico se basa en un principio similar al que rige los sistemas de agua caliente simples. Funciona gracias a un calentador conectado a un sistema de tuberías de flujo y retorno de acero al carbono que puede suministrar calor a uno o a varios usuarios o sistemas. Sin embargo, por ese sistema de tuberías no circula agua como medio de transferencia de calor, sino un fluido térmico compatible (normalmente, aceites minerales específicos o fluidos de base sintética). Se trata de un sistema muy flexible que permite emplear distintos fluidos para satisfacer requisitos de calentamiento específicos del proceso. Algunas ventajas de la caldera de fluido térmico son:

- Funcionamiento sencillo
- Sin riesgo de congelación
- Ausencia de producción de efluentes líquidos
- Mantenimiento muy reducido y vida útil muy prolongada de la instalación
- Ausencia de corrosión
- Funcionamiento en circuito cerrado: sin pérdidas del sistema
- Elevada eficiencia de combustión y de la instalación

Como restan calentar 29054,50 kg/h de agua, se calcula la potencia necesaria de la caldera a partir del balance de energía del agua:

$$Q = 29054,50 \text{ kg/h} \cdot 4,20 \text{ kJ/kg} \cdot 25 \text{ K} = 3050723 \text{ kJ/h} \approx 850 \text{ kW}$$

Dado que el cálculo arroja una potencia de 850 kW y que se decide sobredimensionar la caldera un 25%, finalmente se opta por el modelo 1000 ES, cuyas características se detallan a continuación:

Tabla 10.20 – Caldera de fluido térmico

EPC- ES & HRV	modelo	1000 ES
Producción	Kcal/h*1000	1000
	kW	1163
Anchura A	mm	1595
Longitud B	mm	2790
Altura C	mm	2730

Imagen 10.8 – Caldera de fluido térmico 1000ES



Caldera de vapor

Se opta por instalar una caldera comercial acuotubular de vaporización instantánea de la marca Babcock Wanson. Esta caldera tiene una capacidad de generar vapor de 610 kg/h. Las características de la caldera seleccionada se muestran en la tabla 10.21.

Para alcanzar la presión de 100 bar, la caldera trabaja en circuito cerrado con serpentines en paralelo.

La caldera brinda seguridad máxima gracias al bajo volumen de agua a presión. Permite el montaje próximo al proceso a bajos costos y tiene una reducida necesidad de espacio. Posee purgas automáticas para evitar pérdidas térmicas y un revestimiento aislante de fibra de vidrio de espesor 50 mm revestido en chapa de acero inoxidable y pintura epoxi, para reducir pérdidas en las paredes.

Tabla 10.21 – Caldera de vapor

Característica	Valor
Peso vacío	610 kg/h
Contenido de agua	30 L
Presión máxima admisible	110 bar
Producción de vapor	570 kg/h
	100 bar
Potencia térmica	200000 kcal/h
	232 kW
Alto	1804 mm
Ancho	665 mm
Largo	1012 mm
Conexión chimenea	206 x 206 mm
Entrada de condensados	50 DN
	160 PN
Salida de vapor	50 DN
	160 PN

Por otro lado, la utilización de una bomba no es necesaria, ya que las características del circuito son calculadas por el equipo técnico del proveedor para permitir una circulación natural del vapor y del retorno de condensados.

Imagen 10.9 – Caldera de vapor VAP-HP

Además, cuenta con un separador de gotas que permite generar vapor seco. La imagen 10.9 es una ilustración de la caldera seleccionada.

Sistema de refrigeración

Dado que en las etapas donde se emplea fluido supercrítico es necesario refrigerar a través de condensadores, se decide instalar un sistema de refrigeración de agua para ser utilizada en el proceso.

Se debe recordar que el requerimiento de temperatura del agua para las operaciones de extracción y fraccionamiento es de 2 °C. De esta manera, se procede a seleccionar el sistema adecuado.

Selección del sistema

Para seleccionar el sistema, se debe detallar la cantidad de calor que el proceso debe transferir. El agua de refrigeración es utilizada tanto en la extracción como en el fraccionamiento, siendo estas las etapas que emplean el CO₂ supercrítico. A continuación, se adjuntan los valores de energía por hora que debe remover el agua fría:

Tabla 10.22 – Enfriamiento - Calor requerido

Operación	Energía
Extracción	2824464 kJ/h
Fraccionamiento	76138 kJ/h
Total (kJ/h)	2900602 kJ/h
Total (kcal/h)	693261 kcal/h
Total (Mcal/h)	693 Mcal/h

Con el valor total obtenido (693 Mcal/h), se opta por un sistema de refrigeración el cual funciona mediante compresores de tornillo modelo Alfaliq HTS. Para seleccionar el modelo adecuado, se analiza la tabla del proveedor con los distintos sistemas disponibles y a partir de fijar la temperatura de salida del agua en 2 °C se elige el modelo más apto para el proceso.

Imagen 10.10 – Sistema de refrigeración



Tabla 10.23 – Selección del sistema de refrigeración

SPECS		A (1x Tornillo, 1x Circuito de Refrigeración)							AD (2x Tornillos, 2x Circuitos de Refrigeración)								
		50	60	75	85	100	120	150	80	100	120	150	170	200	240	300	
Energía	Q = Cap. transfer. [Mcal/h] @ temp. amb 40°C	Agua @ °C	Q [Mcal/h @ xx °C]														
		-10	38	44	60	73	83	101	131	81	92	114	131	146	166	202	262
		-5	49	57	77	93	106	130	170	104	119	147	170	186	212	260	340
		0	63	73	98	117	133	165	217	130	149	183	217	234	266	330	434
		5	79	92	122	145	164	205	272	162	185	228	272	290	328	410	544
		10	99	114	151	178	202	252	336	199	228	281	336	356	404	504	672
		15	121	140	184	216	245	307	412	240	274	338	412	432	490	614	824
20	147	171	223	260	295	370	499	289	330	407	446	520	590	740	998		

Se decide adoptar dos unidades del sistema Alfaliq HTS 300, el cual tiene una capacidad de transferencia de 434 Mcal/h. Considerando que lo requerido es 693 Mcal/h, la adopción de dos sistemas resultaría en un sobredimensionamiento del 25%, el cual se acepta para otorgar flexibilidad a producciones futuras.

Finalmente, en la tabla 10.24 se adjuntan el resto de las características del sistema, tales como los compresores y bombas utilizadas, refrigerante, consumo energético, etc.

Tabla 10.24 – Características del sistema seleccionado

SPECS		A (1x Tornillo, 1x Circuito de Refrigeración)							AD (2x Tornillos, 2x Circuitos de Refrigeración)									
		50	60	75	85	100	120	150	80	100	120	150	170	200	240	300		
Energía	Compressor	Bitzer "SCH"	6563-60	7553-70	7573-90	7583-100	7593-110	8573-140	8593-180	2x 40	2x 50	2x 60	2x 75	2x 85	2x 100	2x 120	2x 150	
		kW promedio	35	40	54	62	72	87	105	60	72	80	108	124	144	160	216	
		hp promedio	48	54	73	84	98	118	143	82	98	109	147	169	196	217	294	
		P total (c/fan)	Pot total kW	39	46	63	72	82	99	120	69	81	111	119	139	162	183	246
		COP Compr.	@10°C	>3.75														
	Alimentación		3x380V/50HZ															
Refrigerante	Tipo		R-407c															
	Carga	kg	35	42	52	60	70	84	105	2x28	2x35	2x42	2x52	2x60	2x70	2x84	2x105	
	Control		TXV - Válvula de Expansión Termostática															
Compresor	Tipo		1x Tornillo Semihermético							2x Tornillo Semihermético								
	Arranque		Estrella - Triángulo															
	Ctrl. Capac.	%	0-25-50-75-100															
Estructura	Módulo		1 Cabina							2 Cabinas independientes								
Controlador			Control PLC Siemens S7-200 SIMATIC Smart PLC integrado con touch screen Weinview															
Evaporador	Tipo		Casco y Tubos. Gran resistencia a accidentes hidráulicos															
	M necesario	m3/h DT4K	33.6	40	52.1	60	68.5	22.2	104	60	68	84	104	120	137	169	208	
	DP nominal	kPa	35	38	42	45	43	43	41	45	43	43	41	42	45	42	46	

Servicio de gas natural

Para ambas calderas, se utilizará gas natural como combustible. El parque Industrial de Concepción del Uruguay cuenta con una estación reguladora de presión de gas de 14 kg/cm² y una red de distribución interna. Se adjunta una tabla con la

composición del gas natural. Para la caldera de vapor se necesitará una potencia de 200.000 kcal/h, mientras que, para la caldera de agua caliente la potencia será de 731.000 kcal/h. Teniendo en cuenta que el rendimiento las calderas es aproximadamente el 85 % y que el poder calorífico del gas natural es de 8840 kcal/m³ (se utiliza el P.C.I. para el cálculo) se determina la cantidad de gas necesaria para ambos equipos.

Tabla 10.25 – Consumo de gas natural

Consumo de gas natural	
Caldera	Valor
Agua caliente	26,6 m ³ /h
Vapor de agua	102,4 m ³ /h
Total	129,00 m³/h

Tabla 10.26 – Composición gas natural

Composición química en volumen (base seca) a 20°C y 1	
CH ₄	87 %
C ₂ H ₆	7,6 %
N ₂	1,9 %
Densidad	0,6 m ³ /kg
Poder calorífico inferior (P.C.I.)	8840 kcal/m ³
Poder calorífico superior (P.C.S.)	9800 kcal/m ³
Combustión ideal con cantidades teóricas de aire	
Relación aire/combustible	12,9 m ³ aire/m ³ gas
Temperatura adiabática de la llama	2017 °C
Productos de combustión ideal	
CO ₂	2,1 kg/m ³ gas
H ₂ O	1,6 kg/m ³ gas
N ₂	9,8 kg/m ³ gas

Servicio de energía eléctrica

Con respecto a la energía eléctrica, en el parque industrial Concepción del Uruguay existen líneas de 132 kV, 33 kV, y 13,2 kV, siendo el suministro de energía ilimitado y confiable dado que la línea de 132 kV se alimenta directamente del anillo del sistema interconectado argentino-uruguayo de 500 kV originado en la represa de Salto Grande. En la facturación de la energía eléctrica consumida se obtienen las exenciones de los impuestos municipales y provinciales.

El servicio eléctrico utilizado en la planta productiva puede ser dividido en tres categorías: la primera relacionada al consumo de los motores o fuerza motriz, la

segunda relacionada con la calefacción eléctrica en determinados puntos del proceso y por último el consumo correspondiente a la iluminación. Los circuitos de alumbrado son a 220 V en corriente alterna monofásica mientras que los circuitos de fuerza motriz son a 380 V, en corriente alterna trifásica.

Fuerza motriz

Para obtener el valor de consumo de los motores, se realizó la tabla 10.27 con los consumos aproximados de los motores del proceso productivo. A continuación, se adjunta la tabla realizada, la cual arroja un consumo de 466 kW-h.

Tabla 10.27 – Consumo fuerza motriz

Fuerza motriz	
Equipo	Consumo (kW-h)
Transporte de sólidos	5
Secadero	5
Torre de intercambio	35,3
Bombas	10
Bomba CO2	10
Transporte neumático	56
Sistema de refrigeración	246
Otros	10
Subtotal	377,3
Sobredimensionamiento	25%
Total	472 kW-h

Calefacción

De la misma manera, se determinaron los puntos donde es necesaria la calefacción eléctrica. Como se mencionó en capítulos anteriores, tanto las columnas de extracción como la de destilación utilizada durante la desodorización del destilado, están recubiertas con mantas calefactoras eléctricas. Los consumos y medidas de ambos equipos se detallan en la tabla 10.28.

Tabla 10.28 – Consumo calefacción

Calefacción		
Equipos	Extractores	Columna
Número de equipos	2	1
Altura del equipo	5 m	4 m
Diámetro del equipo	1 m	0,8 m
Temp. de proceso	80 °C	45-80 °C
Tiempo de operación	2 h	3 h
Energía eléctrica por equipo	80 kW-h	45 kW-h

Luminarias

Finalmente, se decide la instalación de luces LED para toda la planta, tanto para el exterior como para el interior dado que es la tecnología que menos consume. Se estimó un consumo diario de 900 kW.

Tabla 10.29 – Consumo iluminación

Iluminacion	
Equipos	Consumo diario
Tipo de lampara	LED
Consumo diario aproximado	900 kW-h/dia

Potencia instalada y consumo

La potencia instalada será la suma de las 3 categorías. De la misma manera que durante el análisis de la fuerza motriz, se sobredimensiona en un 25% las potencias de calefacción y luminarias. De esta manera, la potencia instalada resulta:

Tabla 10.30 – Potencia instalada

Consumo	Potencia (kW-h)
Fuerza motriz	472
Calefacción	246
Iluminacion	45
Total	763

Para el cálculo de consumo, se consideró la peor situación. De esta manera, se considera que las luces están encendidas 24 horas, al igual que las mantas calefactoras. Por otro lado, para la fuerza motriz se determina que los motores están funcionando 12 horas por día ininterrumpidamente. En la tabla 10.31 se calculó que el consumo diario de la planta en las condiciones más desfavorables fue de 12650 kW-h/día.

Tabla 10.31 – Potencia instalada

Tipo de consumo	Potencia (kW-h)	Horas	Consumo total (kW)
Fuerza motriz	472	12	5664
Calefacción	246	24	5904
Iluminacion	45	24	1080
Total			12648

Bibliografía

- VitalWater Argentina – (<https://vitalwaterargentina.com/empresas-e-instituciones/ablandadores-automaticos-twin/>)
- Silos Tamefir Santa Fe - <http://silostamefir.com.ar/>
- Tanques de CO2 – (<https://www.bharattanksandvessel.com/pressure-vessels-and-pressure-equipments.html>)
- Tanques generales – MyV Mixing S.R.L – (<https://myv-mixing.com.ar/>)
- Calderas de vapor (<https://www.babcock-wanson.com/es/productos/calderas-de-vapor-industriales/vap-hp/>)
- Caldera de fluido térmico (https://r6n7c4f7.rocketcdn.me/wp-content/uploads/sites/56/2020/09/Caldera-de-fluido-t%C3%A9rmico_EPC-ES-HRV.pdf)
- Enfriadores de agua (<https://todochiller.com/enfriadores-de-agua-chillers/#HTI-Generalidades>)
- Basculas Casilda – (<https://www.basculascasilda.com.ar/>)
- Transportadores neumáticos (<https://repicky.com.ar/site/>)

CAPITULO 11

Layout

Introducción

Plano general

Flujo de materiales

Zonas

Plano de evacuación

Sistema contra incendios

Introducción

Como se vio en capítulos anteriores, la planta industrial se ubicará en el parque industrial Concepción del Uruguay donde se seleccionó un lote de 50 metros de frente por 150 metros de largo, formando un área aproximada de 7500 m² en el que se ubicará la planta industrial.

Así, en el presente capítulo, se diseñará el layout de planta, el cual puede considerarse como la disposición espacial general de los equipos de producción, depósitos, oficinas, pasillos, servicios para empleados y todo lo restante, relacionado a facilitar la producción de la fábrica.

De esta manera, se exhibirán los planos referentes al flujo de proceso, flujo de materiales, plano de evacuación y sistema contra incendios.

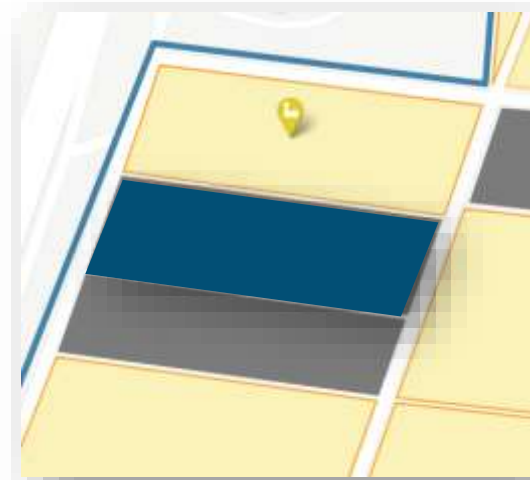
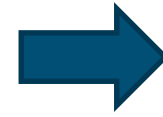
Plano general

El plano general abarca instalaciones de producción y servicio y proporciona la utilización más efectiva de los hombres, materiales y máquinas que constituyen el proceso. Dicho de otra manera, es un plan maestro para coordinar todas las operaciones realizadas dentro de la fábrica.

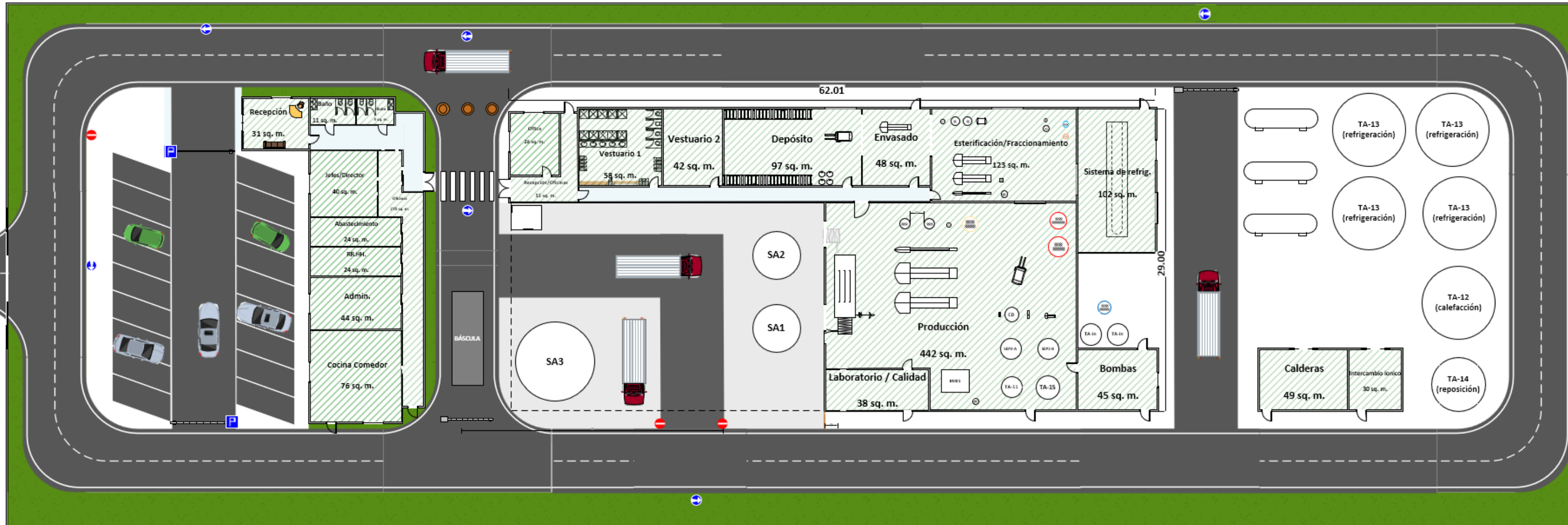
Un buen diseño del plano general es aquel que permite el flujo de materiales de manera rápida y directa para su procesamiento. Esto reduce los costos de manejo de transporte y administrativos, los requisitos de espacio se minimizan y se reducen los tiempos muertos de máquina y los de mano de obra inactiva. Algunas de las ventajas y objetivos del diseño de planta pueden ser:

1. Minimización de la manipulación de materiales.
2. Eliminación de cuellos de botella
3. Alta rotación de material a través de un ciclo operativo más corto.
4. Utilización efectiva de la capacidad instalada para maximizar los rendimientos.
5. Utilización eficiente de la superficie del terreno
6. Utilización eficaz de los recursos humanos por eliminación de tiempos de inactividad.
7. Eliminación de los esfuerzos físicos requeridos por los trabajadores operativos.
8. Prevención de accidentes industriales.

A continuación, se presenta el plano general de la planta:



Medidas Lote		
Oeste	1	50
Norte	2	150
Este	3	50
Sur	4	150
Total perímetro		400
Superficie total:		7,656.07 m ²
Distancia total:		400.75 m

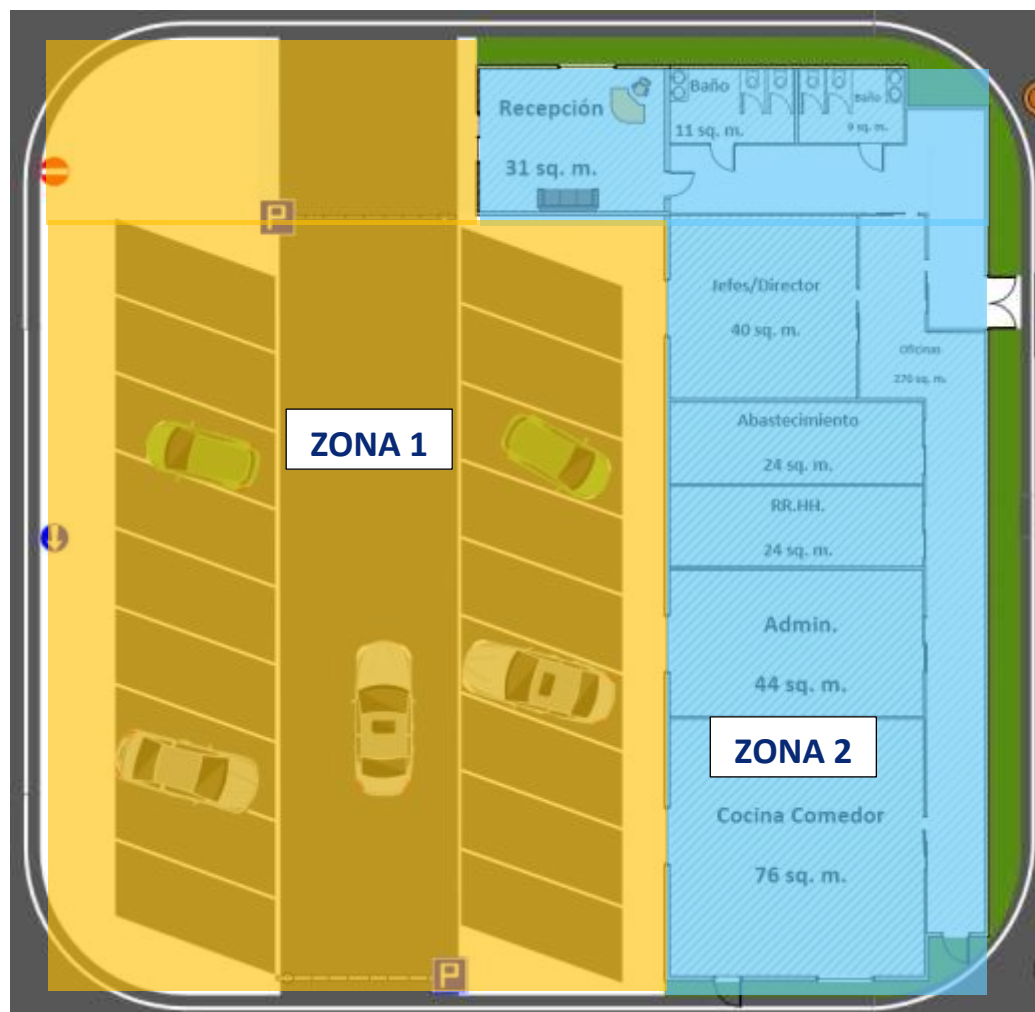


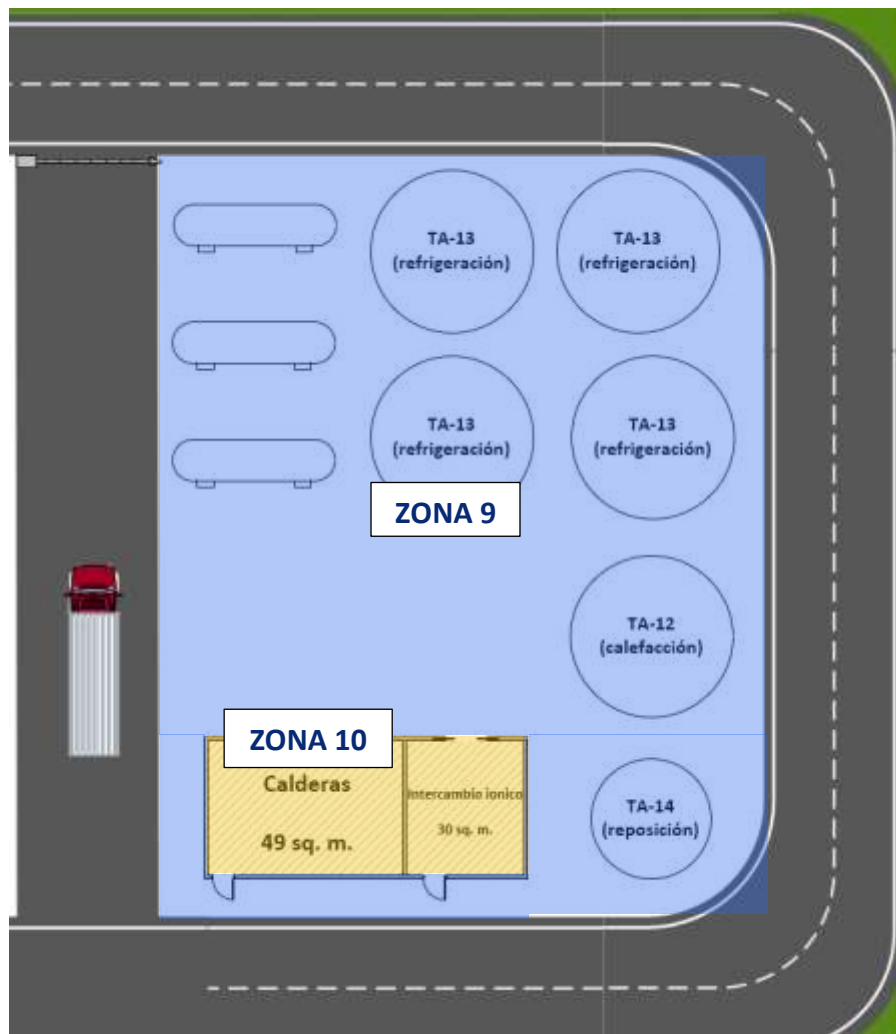
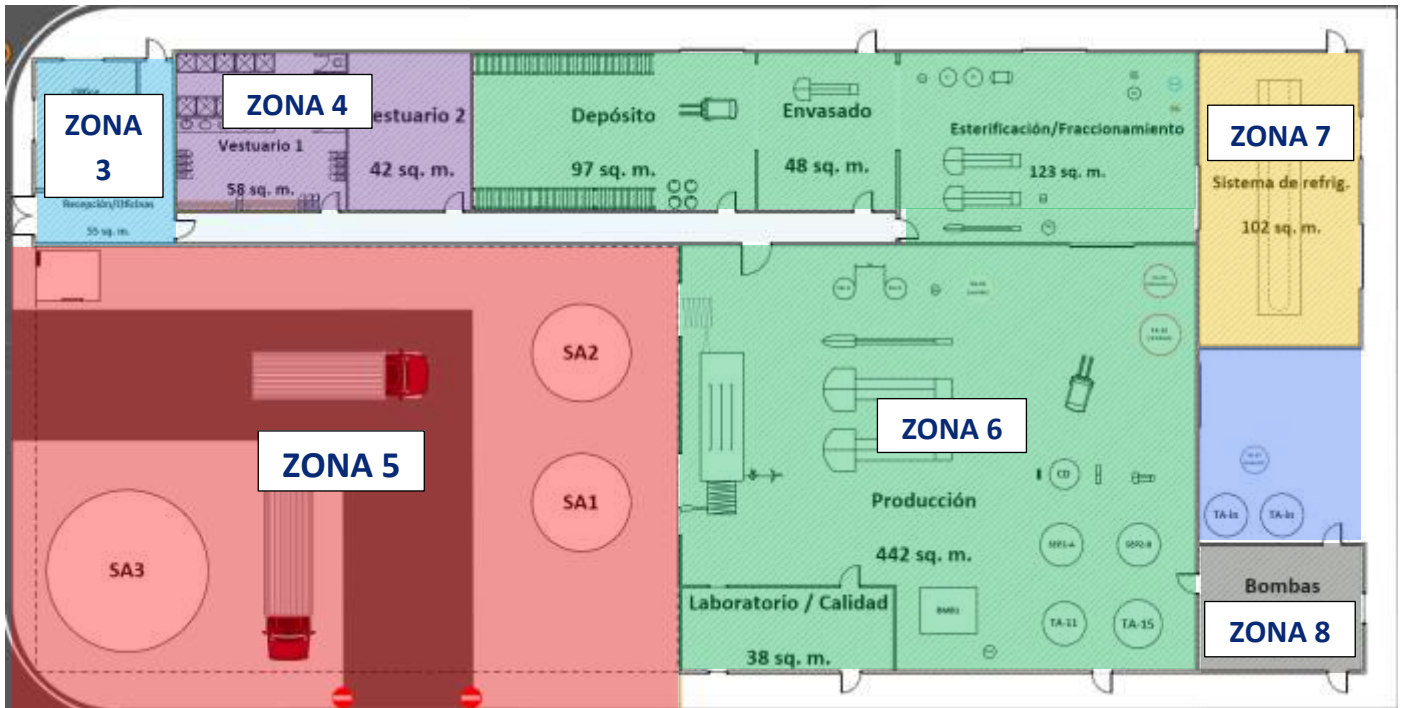
Las flechas azules indican el sentido de circulación de los camiones (sentido único), los cuales se anuncian en el sector de vigilancia y, dependiendo de la función que tengan (descarga de materias primas, carga de tanques de dióxido de carbono, descarga de efluentes, expedición de producto terminado, etc.) ingresarán al sector correspondiente.

En caso de que tengan que descargar la materia prima en los silos, ingresarán por la segunda barrera donde se pesarán en la báscula y, posteriormente, se descargará la materia prima en la playa de maniobras. En caso de tener que reponer la carga de CO₂ o cargar efluentes, los vehículos ingresarán por la calle interna posterior. Finalmente, para el despacho de producto terminado, se delimita una zona de carga al costado del depósito.

Zonas de la planta industrial

La planta industrial cuenta con diferentes zonas, que se describen a continuación:



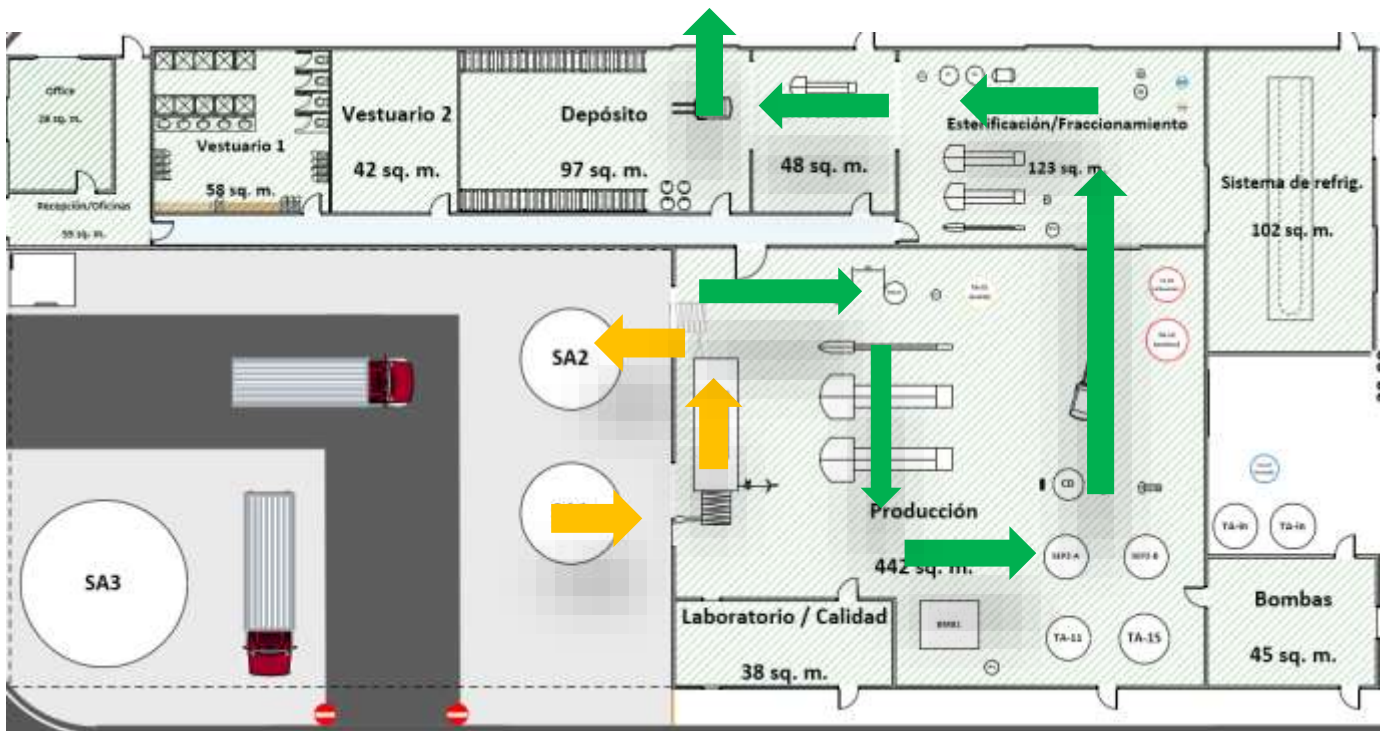


- **Zona 1:** Playa de estacionamiento. Es el lugar físico designado para que los empleados puedan estacionar sus vehículos. Tiene una superficie aproximada de 600 m².
- **Zona 2:** Edificio principal. Es el edificio donde se encuentran los empleados administrativos y jerárquicos y donde también se encuentra la oficina de recursos humanos. Por último, se encuentra una pequeña cocina comedor de 76 m² de superficie. La superficie total del sector es aproximadamente 300 m².
- **Zona 3:** En esta zona comienza el edificio de producción. Está conformada por una oficina para el jefe de planta y los supervisores y una recepción.
- **Zona 4:** Vestuarios. Cuenta con todas las instalaciones necesarias para que los operarios se cambien e higienicen.
- **Zona 5:** Playa de maniobras. Es el espacio físico donde los camiones proveedores de materia prima pesan el salvado a través de la báscula y descarguen en los silos. Tiene una superficie aproximada de 650 m².
- **Zona 6:** Producción y laboratorio. Tiene una superficie aproximada de 750 m² y es donde se realizan las operaciones de secado, extracción, desodorización, esterificación fraccionamiento y envasado. Cuenta con un depósito de casi 100 m² y un laboratorio para diferentes ensayos de investigación y control de calidad de 38 m².
- **Zona 7:** Es la sala del sistema de refrigeración. En este lugar se acondiciona el agua de refrigeración para el proceso. Tiene 102 m².
- **Zona 8:** Zona de bombas del sistema contra incendios. Contiene una motobomba, una electrobomba y una bomba jockey. Esta sala tiene 45 m².
- **Zona 9:** Es la zona de calderas y del sistema de intercambio iónico. Conforman un espacio de aproximadamente 80 m² y se encuentran en la parte más alejada de la planta para que, en caso de accidentes, provoque el menor daño posible.
- **Zona 10:** Zona de tanques de almacenamiento de agua e insumos.

Flujo de materiales del proceso

Se presenta un flujo de materiales del proceso de producción. Se pueden observar dos colores distintos. El naranja corresponde al proceso de secado del salvado de arroz. A partir del silo de salvado inicial, este recorre el secadero y se deposita en el silo de

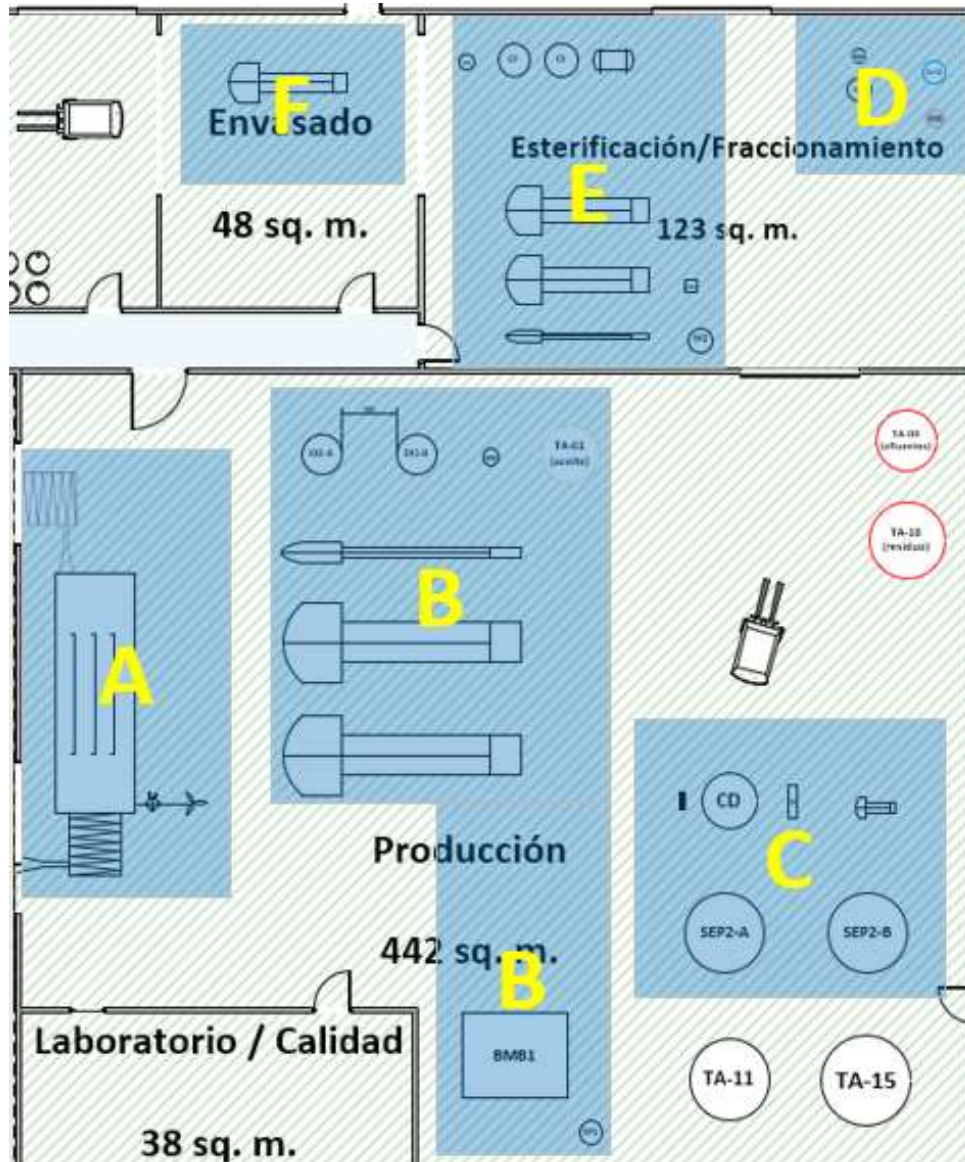
salvado seco. Ya con el salvado seco, empiezan las operaciones de extracción, desodorización, esterificación fraccionamiento y envasado. De esta manera, los materiales siguen un flujo continuo hasta la salida por la zona de carga de camiones.



Equipos y zonas de producción

En el plano siguiente, se puede ver detalladamente cada una de las operaciones del sector de producción. En la lista que se adjunta, se detallarán los equipos y tanques de almacenamiento que componen esta superficie.

- **Zona A:** Zona de secado de salvado de arroz. En esta área se encuentra el secadero de lecho vibrofluidizado junto con el ventilador y el precalentador, además de los tornillos de transporte correspondientes.
- **Zona B:** En la zona B, se pueden observar las torres de extracción, los intercambiadores de calor de doble tubo, la bomba de dióxido de carbono y su tanque pulmón.
- **Zona C:** Aquí se encuentra la columna de desodorización, el intercambiador de calor y el sistema de vacío. Además, hay dos tanques separadores de fases.

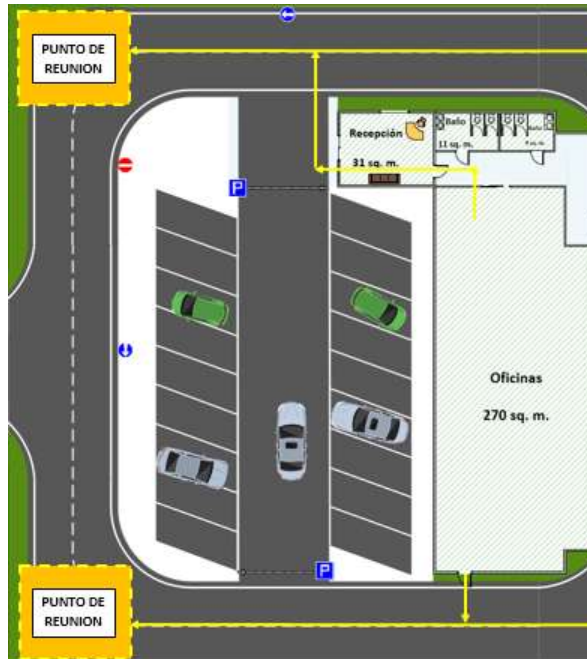


- **Zona D:** Es la zona de reacción. Se encuentra el reactor discontinuo y una centrifuga tubular separadora de fases.
- **Zona E:** El sistema de fraccionamiento supercrítico, que consta de intercambiadores de calor, torres de fraccionamiento, precalentador de alimentación y separador.
- **Zona F:** Se encuentra la maquina envasadora de vitamina E.
- **Tanques de almacenamiento:** En la superficie de producción se encuentran distribuidos los tanques de residuos, efluentes, aceites, etc. Tal como se describió en el capítulo anterior de equipos auxiliares.

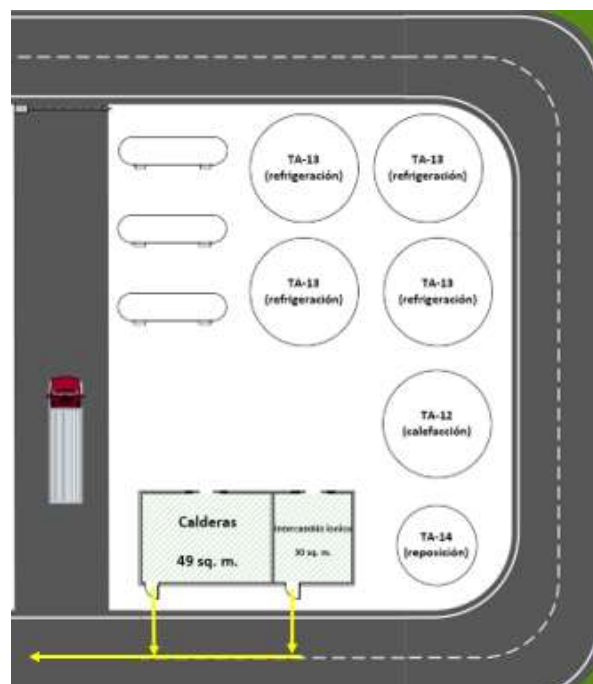
Plano de evacuación

Se establecen dos puntos de reunión en las esquinas correspondientes al ingreso de planta. La evacuación se realizará por las calles periféricas, siendo de fácil acceso desde todos los puntos de la planta industrial. Dada la longitud del layout, el plano de evacuación se dividirá en 3 partes para una mejor comprensión.

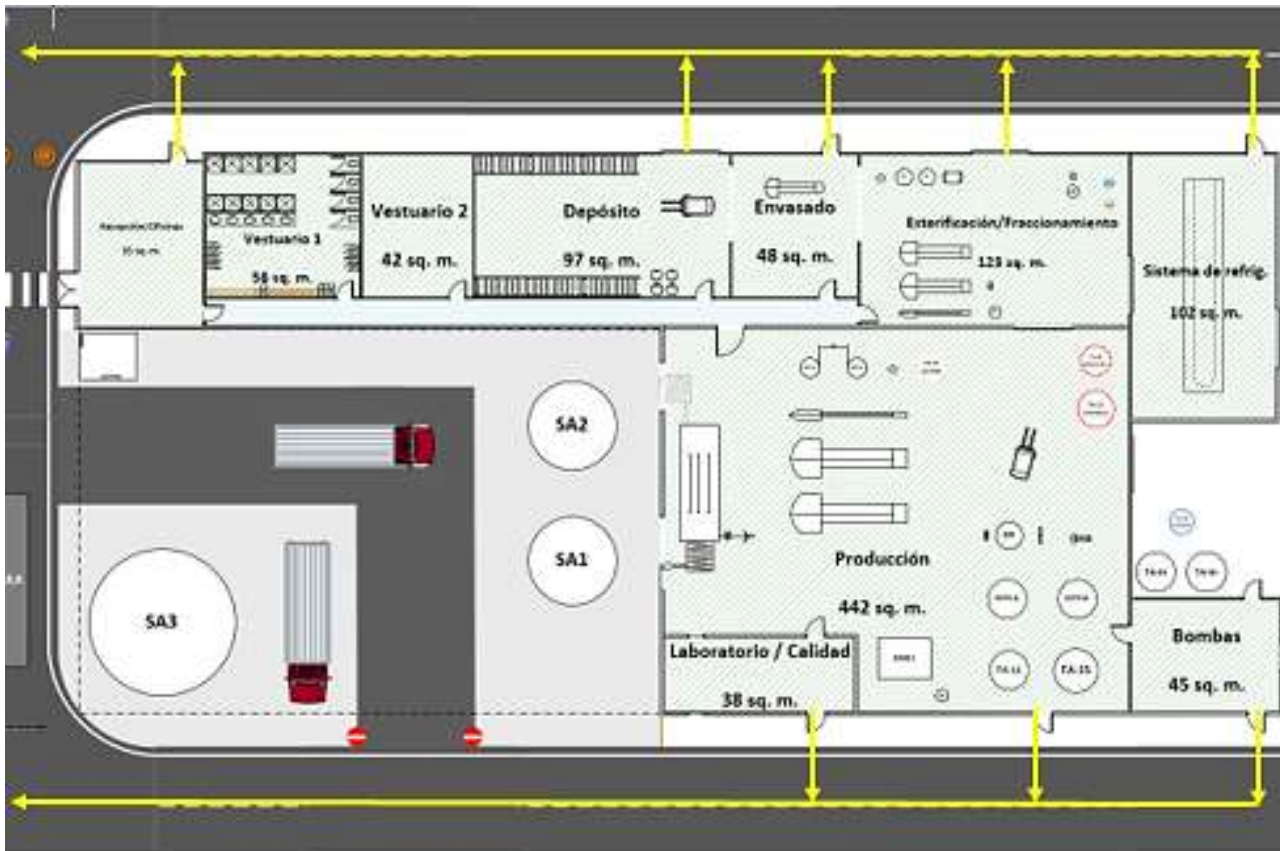
Zona de oficinas



Zona de calderas y tanques



Zona de producción



Sistema contra incendios

Se instalará un sistema contra incendios en función de la superficie cubierta. Este sistema cumplirá con las características detalladas a continuación:

- Se colocarán bocas de incendio provistas con mangueras de 25 m de largo para el sistema de hidrantes.
- Se establecerán 2 tanques de agua de reserva contra incendios cercanos al lugar donde están instaladas las bombas de agua de incendios, siendo estas la bomba principal, la bomba secundaria y la bomba jockey.
- Se instalarán alarmas sonoras en toda la nave de producción, oficinas y comedor.
- Se instalarán matafuegos en todos los sectores de la planta
- Se diseñará una red de rociadores en la nave de producción

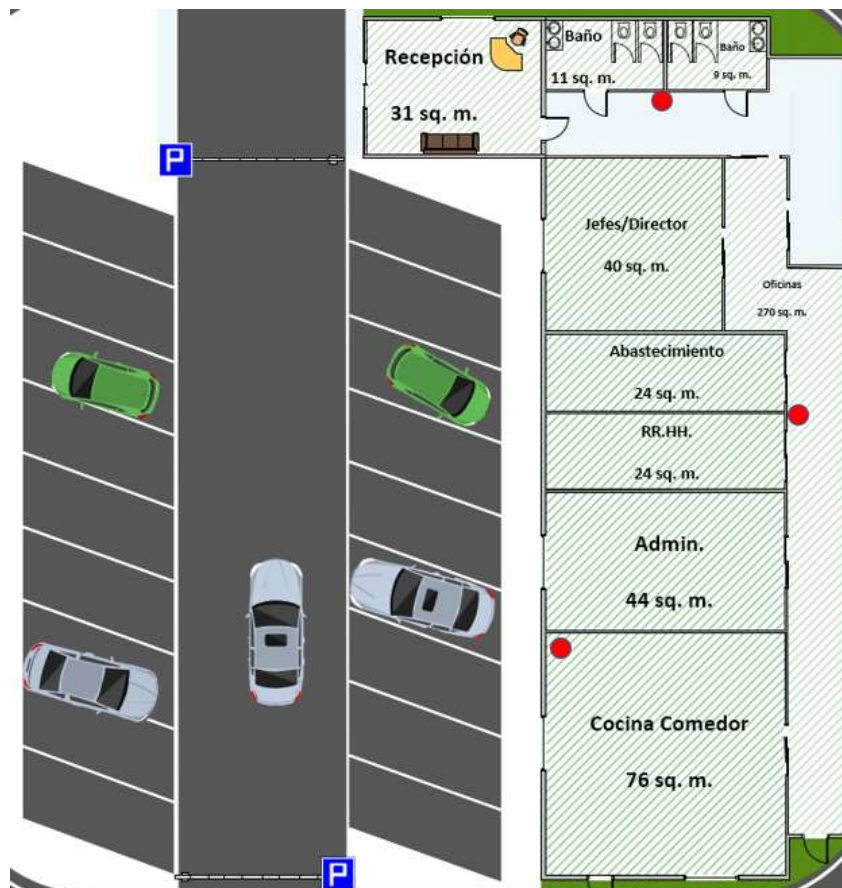
En resumen, el sistema contra incendios quedara conformado por los siguientes equipos:

- ❖ Matafuegos
- ❖ Rociadores
- ❖ Alarmas
- ❖ Bomba primaria
- ❖ Bomba secundaria
- ❖ Bomba jockey
- ❖ Tanques de reserva de agua

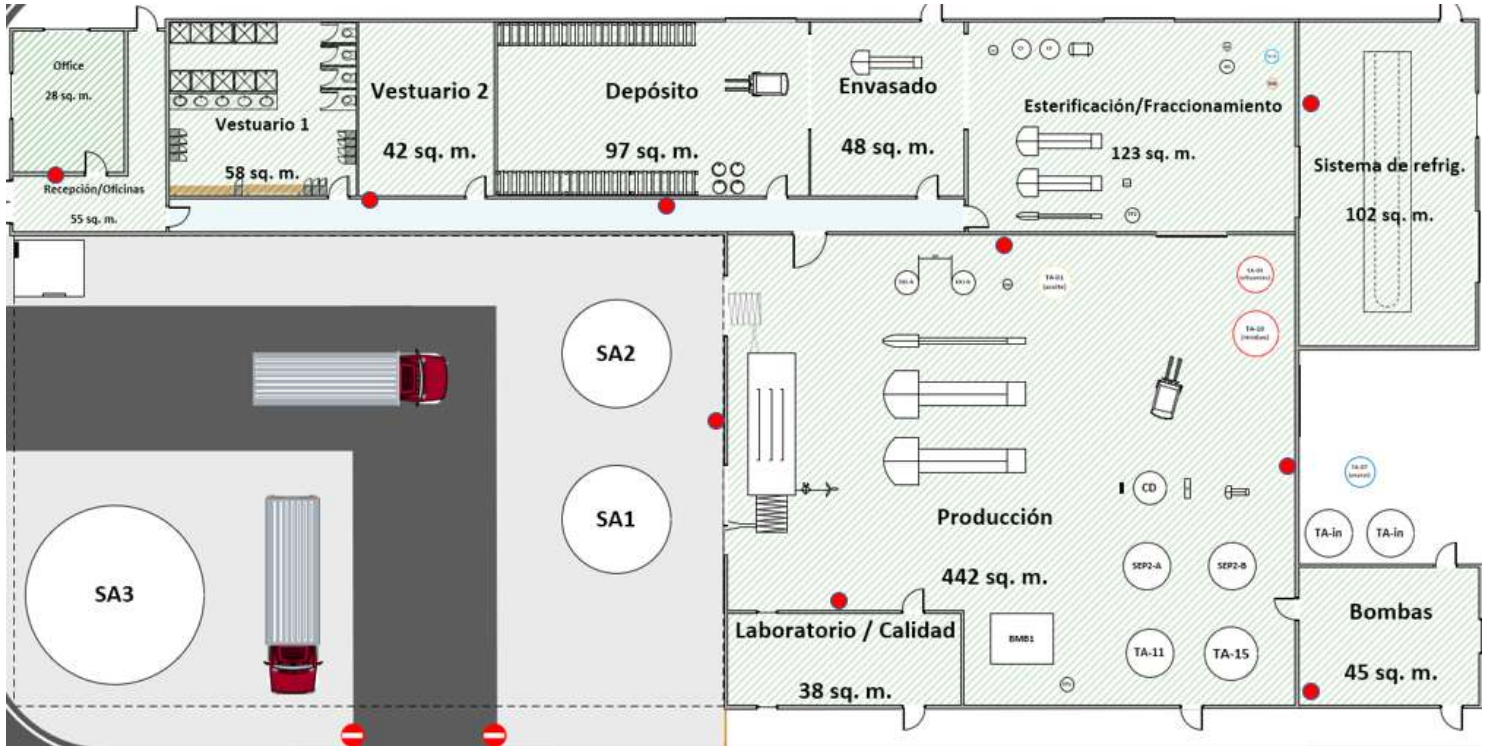
Distribución de matafuegos

Según la normativa se debe colocar 1 matafuego cada 200 m² y/o 1 matafuego en cada espacio cerrado. A continuación, se adjuntan los planos correspondientes a la distribución de los matafuegos:

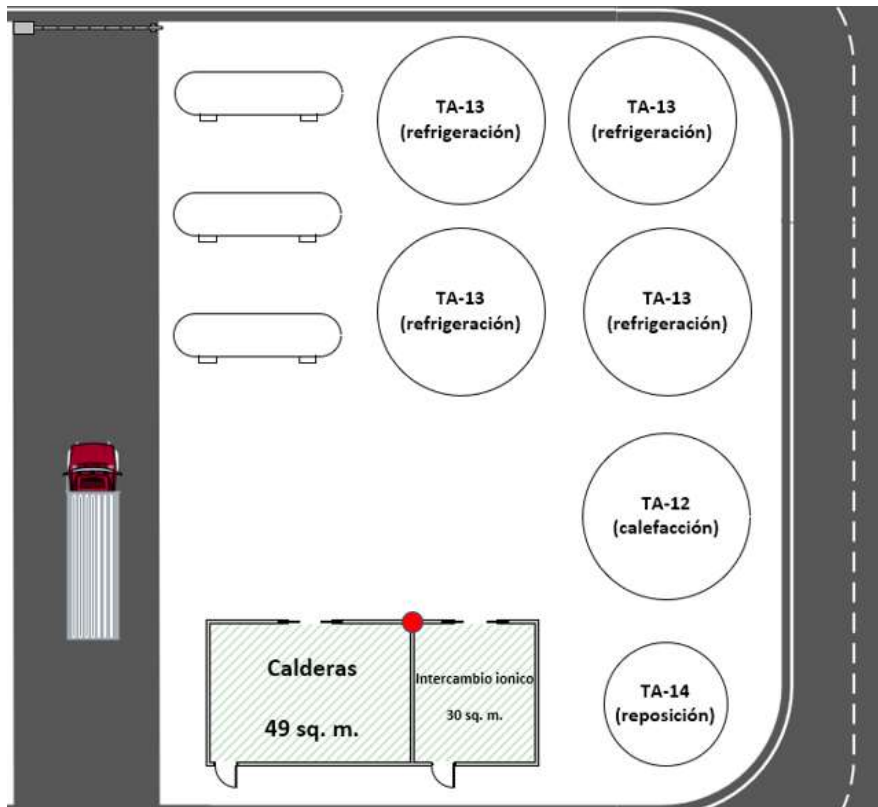
Zona de oficinas



Zona de producción

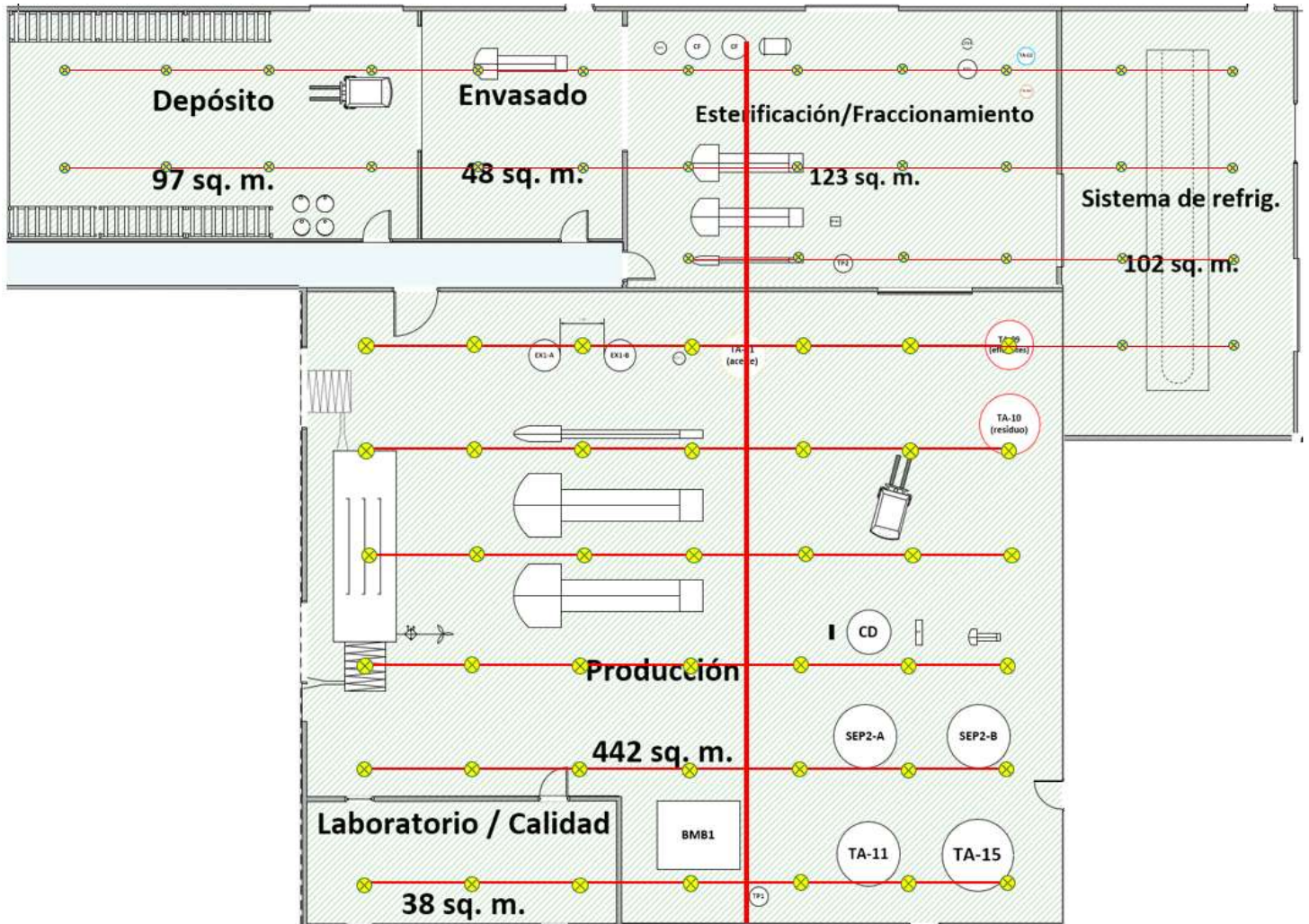


Zona de calderas y tanques



Sistema de rociadores

Se colocará 1 rociador tipo abierto cada 12 m² (según normativa). A partir de la distribución, el total de rociadores para la zona de producción es de 74 rociadores. A continuación, se adjunta el plano correspondiente:

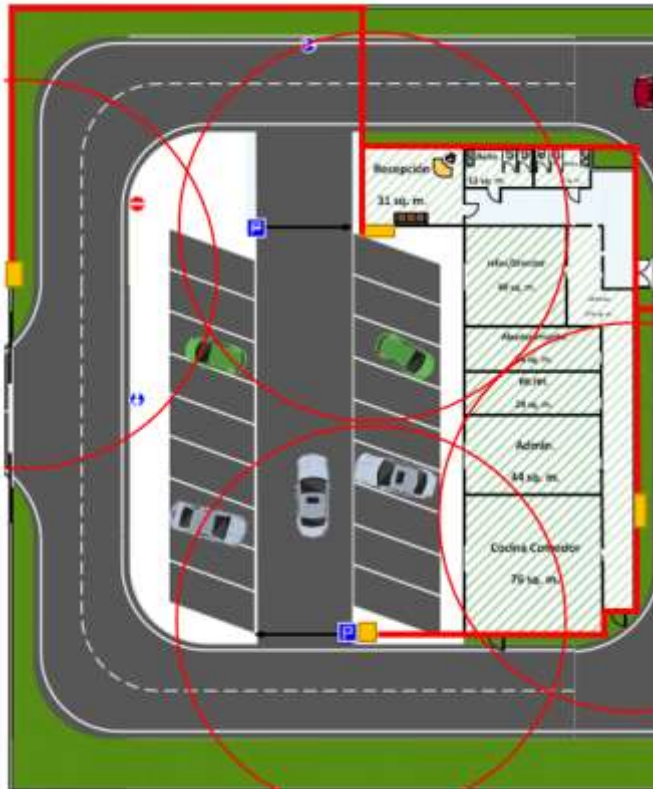


Sistema de hidrantes

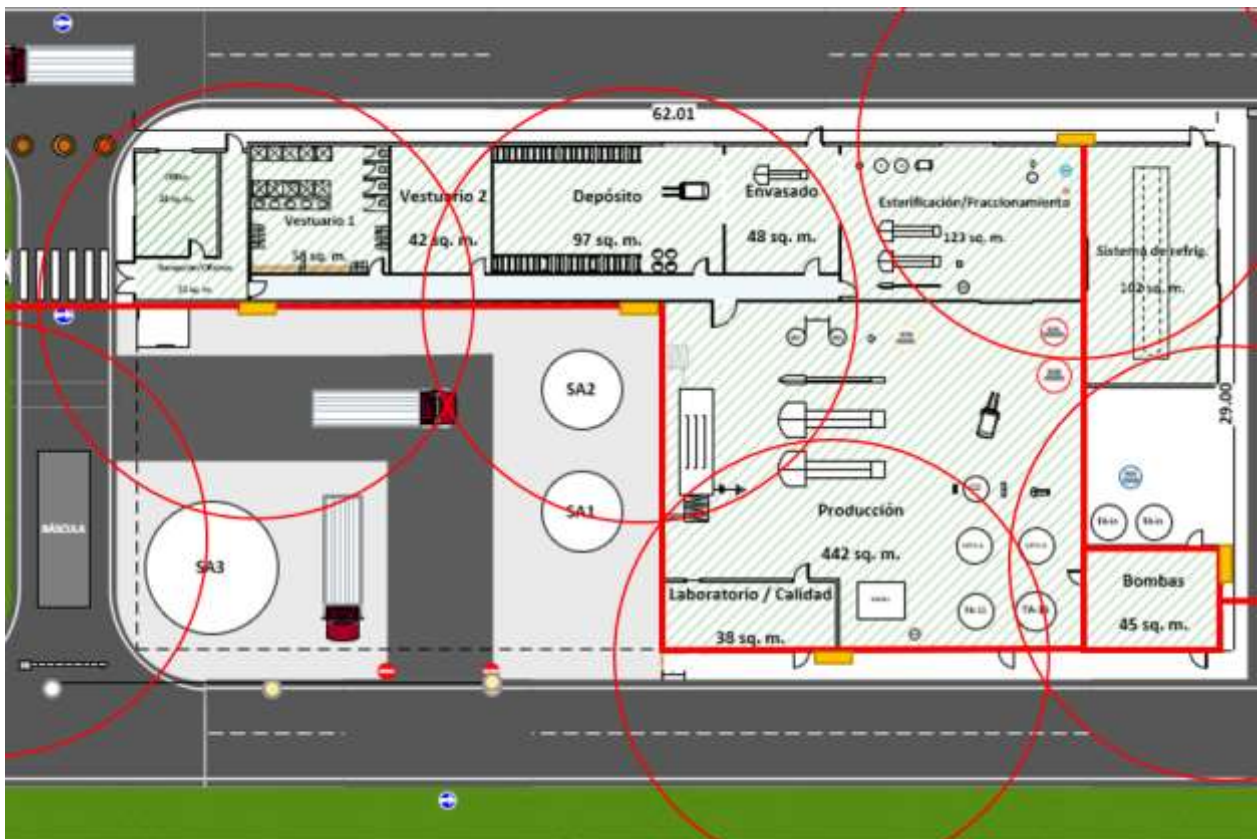
La planta contará con una red de hidrantes abiertos y bocas de incendio de 65 mm equipados con mangueras 25 metros de longitud para ser utilizados por bomberos o brigada interna de la empresa. De esta manera, el radio de cobertura será de 25 metros y se ubicarán en gabinetes que cumplan la normativa vigente.

A continuación, se adjunta el plano correspondiente:

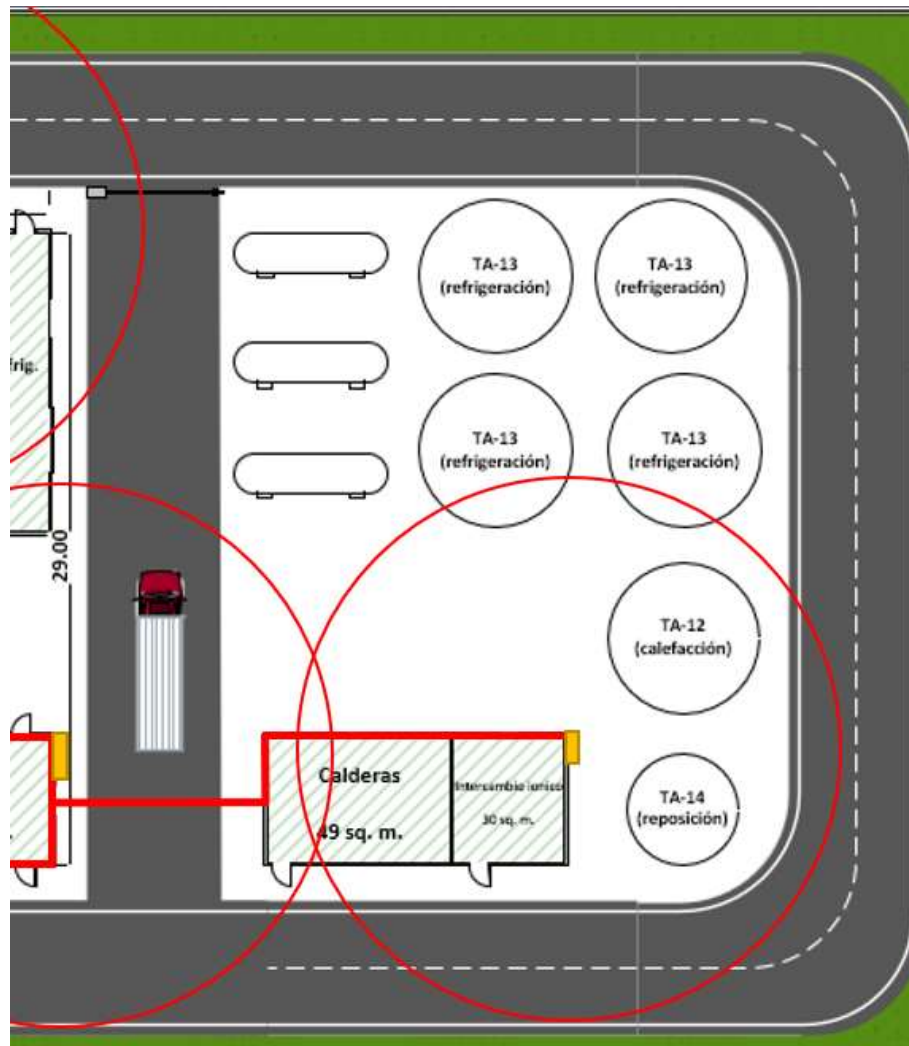
Zona de oficinas



Zona de producción



Zona de calderas y tanques



Abastecimiento de agua

Para asegurar el abastecimiento de agua durante la utilización del sistema, deberemos tener el agua disponible en tanques de reserva. A continuación, se detallan los caudales de rociadores e hidrantes:

- Rociadores: 50 L/min
- Hidrantes: 250 L/min
- Abastecimiento: 1 hora

De los 74 rociadores totales, se considerará que se activarán el 10% de ellas a la vez y a lo sumo 3 hidrantes al mismo tiempo. De esta manera, el cálculo resulta:

t: 1 hora

Caudal de hidrantes = 3 hidrantes * 250 L/min = 750 L/min

Caudal de rociadores = (74 rociadores · 10%) * 50 L/min = 350 L/min

Total = 1100 L/min * 60 min/h * 1 m³/1000 L = 66 m³/h = 1100 L/min

A partir de este cálculo y sobredimensionando un 25%, se instalarán dos tanques de reserva de agua de 40 m³ para evitar faltantes de agua. Los mismos tendrán forma cilíndrica y se situarán en posición vertical. El material de construcción es acero galvanizado con impermeabilización interna de PVC de 2 metros de diámetro. Por lo tanto, las dimensiones de cada tanque serán:

$$V = 40 \text{ m}^3 = \pi \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot H$$

$$\Rightarrow H = 12,8 \text{ m}$$

Bombas y cañerías

Se adquirirá una electrobomba principal de 1136 L/min como detalla la norma NFPA 20, una bomba diésel secundaria y una bomba jockey que mantiene la presión de la línea. Por otro lado, las cañerías serán de acero, aéreas de 6" de diámetro. Estarán sujetas a la pared y deberán cumplir con normas IRAM:

- IRAM IAS U 500-2502: Caños de acero para la conducción de fluidos de usos comunes.
- IRAM 2.506: Caños de acero al carbono sin costura
- IRAM IAS U 500-2613/NM 210: Caños de acero con o sin costura según norma.

Tabla 11.1 – Caudal de bombas de incendio

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Imagen 11.1 – Sistema de bombas contra incendios



Bibliografía

- Distribución de planta, Fundación CIDETER, Ing. Raúl Castaño
- La National Fire Protection Association, Normas NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 22, NFPA 24 y NFPA 25.

ANEXO I

Seguridad e Higiene

Introducción

Normativa vigente

Seguridad e higiene de la planta industrial

Introducción

La seguridad e higiene es uno de los aspectos más importantes en las actividades industriales, ya que permite proteger la salud de los trabajadores, de manera que se puedan prevenir accidentes relativos a la actividad laboral.

Para la planta de producción industrial de vitamina E, existen riesgos relacionados a las siguientes actividades:

- Riesgo químico: por manejo de sustancias acidas como el ácido sulfúrico
- Riego por sustancias inflamables: Etanol
- Riesgos eléctricos
- Accidentes de trabajo

Por lo descripto anteriormente, se deben implementar medidas de seguridad para evitar que ocurran accidentes. En caso de que ocurran, se deberá determinar su causa e implementar un plan de acción para evitar su ocurrencia en el futuro.

De esta manera, se anexa un breve capitulo donde se incluyen detalles sobre la normativa vigente, medidas de prevención de accidentes y normas de seguridad que se deberán respetar en la fábrica.

Normativa vigente

Las leyes y normas más importantes aplicables a la seguridad e higiene en el trabajo son las siguientes:

- Ley (Decreto Ley) 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo (B.O. 28/04/1972)
- Ley 24.557 sobre Riesgos del Trabajo. (B.O. 04/10/1995)
- Ley 26.773: Régimen de ordenamiento de la reparación de los daños derivados de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. (B.O. 26/10/2012)
- Ley 27.348: Complementaria de la Ley sobre Riesgos del Trabajo. (B.O. 24/02/2017)

- Decreto 351/1979: Reglamentación de la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Decreto 170/1996: Reglamentación de Ley 24.557 de Riesgos del Trabajo. Obligaciones de los actores 4 sociales en materia de Prevención. (B.O. 26/2/1996)
- Decreto 1338/1996: Servicios de Medicina y de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Se derogan los Títulos II y VIII del Anexo I del Decreto 351/79.

De las leyes y decretos anteriormente mencionadas, se destaca la ley 19.587 que determina las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina. En resumen, la ley 19.587:

Comprende normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;
- c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

En concordancia con la ley, el decreto 351/79 establece las características que debe reunir todo establecimiento con el fin de contar con un adecuado funcionamiento en la distribución y características de sus locales de trabajo previendo condiciones de higiene y seguridad. Entre los puntos detallados más importantes, se encuentran:

- Características constructivas de los establecimientos industriales
- Provisión de agua potable
- Control de carga térmica
- Contaminación ambiental en el ambiente de trabajo
- Ventilación
- Iluminación, colores y señalizaciones
- Ruidos y vibraciones
- Aparatos que puedan desarrollar presión interna
- Protección contra incendios
- Elementos de protección personal

Seguridad e Higiene

En este apartado se detallarán los aspectos más importantes de la ley de seguridad e higiene aplicada a la planta de producción industrial de Vitamina E.

Características constructivas

De acuerdo con la normativa vigente, la planta se construirá siguiendo los lineamientos propuestos, tales como:

- La planta industrial se construirá con materiales de adecuadas características para la función a cumplir. Además, toda construcción o estructura portante del establecimiento, ajustará las formas y cálculos de su estructura resistente a la mejor técnica de modo tal que asegure la máxima estabilidad y seguridad
- El establecimiento también dispondrá de servicios sanitarios adecuados e independientes para cada sexo, en cantidad proporcionada al número de personas que trabajan en él.
- Los locales sanitarios dispondrán de lavabos y duchas con agua caliente y fría, retretes individuales que dispondrán de una puerta que asegure el cierre del baño en no menos 2.10 metros y mingitorio.

Provisión de agua potable

La planta industrial contará con provisión y reserva de agua para uso humano. Se eliminará toda posible fuente de contaminación y polución de las aguas que se utilicen y se mantendrán los niveles de calidad.

También se adquirirán botellones para consumo tanto en el comedor como para la planta industrial. Se realizarán análisis de las aguas que se utilizan, sea obtenida dentro de su planta o traídas de otros lugares, los que serán realizados por dependencias oficiales. En los casos en que no se cuente con los laboratorios oficiales, podrán efectuarse en laboratorios privados o solicitar a los proveedores los análisis correspondientes vigentes.

Carga térmica

No se expone a los trabajadores a bajas temperaturas. En cuanto a altas temperaturas, se señalarán correspondientemente los lugares donde haya más

exposición a peligros por alta temperatura (por ejemplo, en zonas de calderas, cañerías por donde circula vapor, etc.).

Finalmente, se determinará el régimen de trabajo a través del calor metabólico, el cual se define como:

$$M = M_B + M_I + M_{II}$$

Siendo:

- M: calor metabólico
- M_B : metabolismo basal
- M_I : adiciones derivadas de la posición
- M_{II} : adiciones derivadas del tipo de trabajo

Considerando que el metabolismo basal se establece en 70 W y que el tipo de trabajo corresponde al trabajo con ambos brazos ligero (105 W) de pie (42 W), según la tabla AI.1 la suma total resulta:

$$70 \text{ W} + 42 \text{ W} + 105 \text{ W} = \mathbf{M = 217 \text{ W}}$$

Tabla AI.1 – Adiciones del calor metabólico

Posición de cuerpo	MI (W)	Tipo de trabajo	MII (W)
Acostado o Sentado	21	Trabajo manual ligero	28
De pie	42	Trabajo manual pesado	63
Caminando	140	Trabajo con un brazo: ligero	70
Subiendo pendiente	210	Trabajo con un brazo: pesado	126
		Trabajo con ambos brazos: ligero	105
		Trabajo con ambos brazos: pesado	175
		Trabajo con el cuerpo: ligero	210
		Trabajo con el cuerpo: moderado	350
		Trabajo con el cuerpo: pesado	490
		Trabajo con el cuerpo: muy pesado	630
		Coef. = 1,163 para pasar de K cal/H a Watt.	

Finalmente, considerando las condiciones medias más desfavorable para Concepción del Uruguay (31 °C, 90 % HR) se determina el régimen de trabajo será de 75% de trabajo y 25% de descanso cada hora a excepción de los días de máxima temperatura donde el régimen constará de 50% de trabajo con 50% de descanso cada hora según la tabla AI.2.

Tabla A1.2 – Límites permisibles para la carga térmica

LÍMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TÉRMICA Valores dados en C grados - TGBH			
Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Liviano (menos de 230 W)	Moderado (230-400W)	Pesado (mas de 400W)
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Trabajo continuo: Ocho horas diarias (48 horas semanales).
Si el lugar de descanso determina un índice menor a 24 grados C (TGBH) el régimen de descanso puede reducirse en un 25%.

Contaminación ambiental

Se establecerán los controles correspondientes para evitar todo tipo de contaminación, según lo establecidos en el Anexo 3 del decreto 351/79.

Tabla A1.3 – Límites establecidos por contaminación en el ambiente

Sustancia	CMP		CMP - CPT	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Acido sulfúrico	-	1	-	1
Etanol	1000	1900	1000	1900
Dióxido de carbono	5000	9000	15000	18000

Ventilación

Se mantendrá el flujo de aire correspondiente en todos los sectores para no perjudicar la salud de los trabajadores. La ventilación se logra de forma natural, tal como sugiere el decreto 351/79.

Para la planta de producción, se deberá cumplir con la siguiente tabla:

Tabla A1.4 – Ventilación mínima

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

Iluminación, colores y señalizaciones

La iluminación en los lugares de trabajo cumplirá con los siguientes requisitos:

1. La composición espectral de la luz deberá ser adecuada a la tarea a realizar.
2. Las fuentes de iluminación no deberán producir deslumbramientos, directo o reflejado, para lo que se distribuirán y orientarán convenientemente las luminarias y superficies reflectantes.
3. La uniformidad de la iluminación, así como las sombras y contrastes serán adecuados a la tarea que se realice.

Se utilizarán luces monocromáticas o de espectro limitado cuando las tareas a ejecutar no requieran el correcto discernimiento de los colores y sólo una visión adecuada de volúmenes. Tanto los valores de iluminancias, relaciones de iluminancias y uniformidad de la iluminación están detallados en el Anexo IV del decreto 351/79. Se adjunta la tabla de intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual.

Tabla A1.5 – Intensidad media de Iluminación para diversas clases de tarea visual

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)
Visión ocasional solamente	100
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	100 a 300
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000

Por otro lado, toda la planta contará con iluminación de emergencia tal como se requiere en el artículo 76. Este sistema suministrará una iluminancia no menor de 30 luxes a 80 cm del suelo y se pondrá en servicio en el momento de corte de energía eléctrica, facilitando la evacuación del personal en caso necesario e iluminando los lugares de riesgo.

En cuanto a los colores y señalizaciones, se utilizarán para identificar personas, lugares y objetos, a los efectos de prevenir accidentes. Los pasillos y lugares de tránsito

se marcarán de forma bien visible, ya sea pintando todo el piso o mediante dos franjas anchas delimitando la superficie de circulación. También se marcará en paredes o pisos, según convenga, líneas amarillas y flechas bien visibles, indicando los caminos de evacuación en caso de peligro, así como todas las salidas normales o de emergencia. Las partes de máquinas y demás elementos de la instalación industrial, así como el edificio, deberán pintarse de cualquier color que sea suficientemente contrastante con los de seguridad y no dé lugar a confusiones.

Todas las señalizaciones deberán conservarse en buenas condiciones de visibilidad, limpiándolas o repintándolas periódicamente. Las pinturas utilizadas deberán ser resistentes y durables y, al igual que en las partes de máquinas y edificios, deberán ser pintados en colores intensos y contrastantes con la superficie que los contenga para evitar confusiones. Finalmente, las cañerías se pintarán según lo establecido en el Anexo IV.

A continuación, se agregan imágenes de colores y señalización correspondientes:

Tabla A1.6 – Colores de seguridad y contraste (Norma IRAM 10005)

Color de Seguridad	Significado	Aplicación	Formato y color de la señal	Color del símbolo	Color de contraste
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> Pararse Prohibición Elementos contra incendio 	<ul style="list-style-type: none"> Señales de detención Dispositivos de parada de emergencia Señales de prohibición 	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo	Negro	Blanco
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> Precaución 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de riesgos (incendio, explosión, radiación ionizante) 	Triángulo de contorno negro	Negro	Amarillo
	<ul style="list-style-type: none"> Advertencia 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc. 	Banda de amarillo combinado con bandas de color negro		
Verde	<ul style="list-style-type: none"> Condición segura Señal informativa 	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de rutas de escape. Salida de emergencia. Estación de rescate o de Primeros Auxilios, etc. 	Cuadrado o rectángulo sin contorno	Blanco	Verde
Azul	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoriedad 	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoriedad de usar equipos de protección personal 	Círculo de color azul sin contorno	Blanco	Azul

Imagen A1.1 – Señales de prohibición



Imagen A1.2 – Señales de advertencia



Imagen A1.3 – Señales de obligatoriedad



Imagen A1.4 – Señales informativas



Imagen A1.5 – Identificación de cañerías

Elementos para la lucha contra el fuego (sistemas de rociado, bocas de incendio, agua de incendio, ignífugos, etc.)	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles (líquidos y gases)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacio	Castaño
Agua fria	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

Ruidos y vibraciones

El artículo 92 de la ley establece que todo trabajador expuesto a una dosis superior a 85 dB de nivel sonoro continuo equivalente, deberá ser sometido a los exámenes audiométricos prescritos en el capítulo 3 de la reglamentación.

Por otro lado, en el anexo V, se establecen los límites de dosis sonoras a los cuales pueden estar sometidos los trabajadores A continuación se detallan los niveles límite:

- Infrasonido y baja frecuencia de hasta 80 Hz: no se deben exceder los 145 dB, sin implicar un límite de tiempo para este tipo de exposición.
- Exposición a ruido continuo o intermitente: medición con dosímetro. No deberá sobrepasar los 85 dB para una jornada laboral de 8 horas.
- Ruido de impulso o de impacto: estará en el rango de 80 y 140 dB y no se permitirán exposiciones sin protección auditiva por encima de un nivel pico ponderado de presión acústica de 140 dB.
- Ultrasonido: puede ocasionar molestias en niveles entre 75 y 105 dB para las frecuencias desde 10 kHz.

Finalmente, se proveerá a todo el personal de la fábrica elementos de protección auditivos y se promoverá el uso constante en las áreas más requeridas.

Maquinaria con presión interna

Dado que en la planta de producción se utilizan varios equipos que pueden desarrollar altas presiones internas se deben tomar los recaudos necesarios para evitar accidentes. De esta manera, se fijarán instrucciones detalladas, con esquemas de instalación que señalen los dispositivos de seguridad en forma bien visible y prescripciones para ejecutar maniobras correctamente. Estas prescripciones se

adaptarán a las instrucciones específicas que hubiera señalado el fabricante de la máquina correspondiente. Por otro lado, los trabajadores encargados del manejo y vigilancia de estos aparatos, se capacitarán previamente y no se autorizará su trabajo hasta que no se encuentren debidamente capacitados.

Las calderas y demás aparatos que aumenten la temperatura ambiente, se protegerán mediante revestimientos para evitar la acción del calor excesivo sobre los trabajadores que desarrollen sus actividades en ellos o en sus inmediaciones dejando alrededor de los mismos un espacio libre igual o mayor que 1.50 m. Además, estos equipos serán controlados e inspeccionados totalmente por lo menos una vez al año.

Cuando entre vapor en las tuberías y en las conexiones frías, las válvulas se abrirán lentamente, hasta que los elementos alcancen la temperatura prevista. Igual procedimiento deberá seguirse cuando deba ingresar agua fría a tuberías y conexiones calientes.

Las calderas de vapor deberán tener, independientemente de su presión de trabajo, válvulas de seguridad y presóstatos, las cuales, al llegar a valores prefijados, deberán interrumpir el suministro de combustible al quemador. Las válvulas solenoides, los presóstatos, acuastatos y válvulas de seguridad que se usen, deberán integrar en serie el circuito de seguridad, el cual estará aislado térmicamente de la caldera. Este circuito deberá probarse todos los días.

En conclusión, los aparatos que puedan desarrollar presión interna deberán poseer:

1. Válvulas de seguridad, capaces de evacuar con la urgencia del caso la totalidad del volumen de los fluidos producidos al exceder los valores prefijados para ésta, previendo los riesgos que puedan surgir por este motivo.
2. Presóstatos, los cuales al llegar a sus valores prefijados interrumpirán el suministro de combustible, cesando el incremento de presión.
3. Elementos equivalentes, que cumplan con las funciones mencionadas en los apartados precedentes.

Finalmente, los aparatos sometidos a presión interna capaces de producir frío, con la posibilidad de desprendimiento de contaminantes, deberán estar aislados y ventilados convenientemente (como lo es el circuito de agua de refrigeración)

Protección contra incendios – Carga de fuego

El sistema de protección contra incendios se desarrolló en el capítulo de Layout.

Como adicional, se adiciona el cálculo de la carga de fuego para cada sector de la planta productiva.

La carga de fuego se define como el peso en madera por unidad de superficie (kg/m²) capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector de incendio, según el decreto 351/79.

A continuación, se presenta la carga de fuego para cada sector:

Sector	Superficie [m ²]	Material combustible	Cantidad [kg]	Poder calorífico [kcal/kg]	Poder calorífico madera [kcal/kg]	Relación de poderes caloríficos	Peso equivalente en madera [kg]	Carga de fuego parcial [kg/m ²]	Carga de fuego total [kg/m ²]
Silos	500	Salvado de arroz	138000	5000	4400	1.14	156818.18	313.64	313.6
Producción	600	Fluidos de proceso	28000	8000	4400	1.82	50909.09	84.85	401.8
		Residuo destilación	104585	8000	4400	1.82	190154.62	316.92	
Tanques	50	Etanol	4700	6500	4400	1.48	6943.18	138.86	138.9
Depósitos	97	Madera	100	4400	4400	1.00	100.00	1.03	38.6
		Tela	40	4500	4400	1.02	40.91	0.42	
		Papel	50	4000	4400	0.91	45.45	0.47	
		Conc. De Vitamina E	1923.6	8000	4400	1.82	3497.45	36.06	
		Plástico	50	5000	4400	1.14	56.82	0.59	
Bombas y calderas	45	Papel	20	4000	4400	0.91	18.18	0.40	2.0
		Madera	40	4400	4400	1.00	40.00	0.89	
		Tela	30	4500	4400	1.02	30.68	0.68	
Laboratorio	38	Aceite	50	8000	4400	1.82	90.91	2.39	5.0
		Plástico	35	5000	4400	1.14	39.77	1.05	
		Papel	50	4000	4400	0.91	45.45	1.20	
		Acido sulfúrico	1	6100	4400	1.39	1.39	0.04	
		Etanol	10	6000	4400	1.36	13.64	0.36	
Vestuarios	100	Papel	20	4000	4400	0.91	18.18	0.18	1.2
		Madera	50	4400	4400	1.00	50.00	0.50	
		Tela	50	4500	4400	1.02	51.14	0.51	
Total Planta								901.03	
Oficinas	310	Papel	400	4000	4400	0.91	363.64	1.17	2.07
		Madera	200	4400	4400	1.00	200.00	0.65	
		Tela	20	4500	4400	1.02	20.45	0.07	
		PVC	50	5000	4400	1.14	56.82	0.18	
Comedor	76	Aceite	20	9000	4400	2.05	40.91	0.54	0.91
		Tela	10	4500	4400	1.02	10.23	0.13	
		Papel	20	4000	4400	0.91	18.18	0.24	
Total Edificio								2.98	

Elementos de protección personal

Los EPP son elementos indispensables para prevenir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ante la presencia de riesgos específicos que no pueden ser aislados o eliminados.

Los mismos deben ser provistos por el empleador y en algunas categorías tienen que estar certificados por uno de los dos únicos entes certificadores reconocidos por la Secretaría de Comercio en la Argentina: IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) y UL (Underwriters Laboratories). Los equipos y elementos de protección personal, serán de uso individual y no intercambiables y deberán ser destruidos al término de su vida útil.

Ropa de trabajo

En cuanto a la ropa de trabajo, la misma deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Será de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
2. Ajustará bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.
3. Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas serán cortas y cuando sean largas, ajustarán adecuadamente.
4. Se eliminarán o reducirán en lo posible, elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar enganches.
5. Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
6. En casos especiales la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo resistente a sustancias agresivas, y siempre que sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios.

Protección de la cabeza

La protección de la cabeza comprenderá, cráneo, cara y cuello, incluyendo en caso necesario la específica de ojos y oídos. En los lugares de trabajo, en que los cabellos sueltos puedan originar riesgos por su proximidad a máquinas o aparatos en movimiento, o cuando se produzca acumulación de sustancias peligrosas o sucias, será obligatorio su cobertura con cofias, redes, gorros, boinas u otros medios adecuados, eliminándose los lazos, cintas y adornos salientes.

Cuando existan riesgos de golpes, caídas o de proyección violenta de objetos sobre la cabeza, será obligatoria la utilización de cascos protectores. Estos podrán ser con ala completa a su alrededor o con visera en el frente únicamente, fabricados con material resistente a los riesgos inherentes a la tarea, incombustibles o de combustión muy lenta y deberán proteger al trabajador de las radiaciones térmicas y descargas eléctricas.

Protección ocular

Los medios de protección ocular serán seleccionados para evitar daño por proyección o exposición de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas. La protección de la vista se efectuará mediante el empleo de anteojos, pantallas transparentes y otros elementos, los cuales deberán reunir las siguientes condiciones:

1. Sus armaduras serán livianas, indeformables al calor, ininflamables, cómodas, de diseño anatómico y de probada resistencia y eficacia.
2. Cuando se trabaje con vapores, gases o aerosoles, deberán ser completamente cerradas y bien ajustadas al rostro, con materiales de bordes elásticos. En los casos de partículas gruesas serán como las anteriores, permitiendo la ventilación indirecta; en los demás casos en que sea necesario, serán con monturas de tipo normal y con protecciones laterales, que podrán ser perforadas para una mejor ventilación.
3. Cuando no exista peligro de impacto por partículas duras, podrán utilizarse anteojos protectores de tipo panorámico con armazones y visores adecuados.
4. Deberán ser de fácil limpieza y reducir lo menos posible el campo visual.

Imagen A1.6 – Protección ocular



Las pantallas y visores estarán libres de estrías, rayaduras, ondulaciones u otros defectos y serán de tamaño adecuado al riesgo. Los anteojos y otros elementos de protección ocular se conservarán siempre limpios y se guardarán protegiéndolos contra el roce.

Protección auditiva

Cuando el nivel sonoro sea equivalente o supere los valores límites indicados previamente, será obligatorio el uso de elementos individuales de protección auditiva. La protección de los oídos se combinará con la de la cabeza y la cara.

Los aparatos de protección a la audición disminuyen la intensidad del sonido que llega al tímpano. Los protectores de la audición vienen en dos formas: tapones y tapaoídos. Los tapones son pequeños rollos que se introducen en el canal auditivo. Tienen que sellarse bien para que toda la circunferencia del canal auditivo esté bloqueada. Los tapaoídos (orejeras) encierran completamente el oído y forman un sello de aire para que esté bloqueada toda la circunferencia del canal auditivo, y están sujetos en lugar mediante una banda ajustable.

Imagen AI.7 – Protección auditiva



Protección de extremidades inferiores

Se proveerá al trabajador de zapatos de seguridad con refuerzos de acero. Si el riesgo es determinado por productos químicos o líquidos corrosivos, el calzado será confeccionado con elementos adecuados, especialmente la suela.

Imagen AI.8 – Zapatos de seguridad



Por otro lado, la protección de los miembros superiores se efectuará por medio de guantes y mangas que permitan adecuada movilidad de las extremidades. Los trabajadores expuestos a sustancias tóxicas, irritantes o infectantes, estarán provistos de ropa de trabajo y elementos de protección personal adecuadas que deberán cumplir lo siguiente:

1. Uso obligatorio con indicaciones concretas y claras sobre forma y tiempo de utilización.
2. Al abandonar el local en que sea obligatorio su uso, por cualquier motivo, el trabajador deberá quitarse toda ropa de trabajo y elemento de protección personal.
3. Se conservarán en buen estado y se lavarán con la frecuencia necesaria, según el riesgo.
4. Quedará prohibido retirar estos elementos del establecimiento, debiéndoselos guardar en el lugar indicado.

Por último, cuando exista riesgo de exposición a sustancias irritantes, tóxicas o infectantes, estará prohibido introducir, preparar o consumir alimentos, bebidas y tabaco. Los trabajadores expuestos, serán instruidos sobre la necesidad de un cuidadoso lavado de manos, cara y ojos, antes de ingerir alimentos, bebidas o fumar y al abandonar sus lugares de trabajo, para ello dispondrán dentro de la jornada laboral de un período lo suficientemente amplio como para efectuar la higiene personal sin dificultades.

Bibliografía

- Ministerio de Salud Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo (Nº 19.587). (http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Ley_19587.pdf)
- Decreto 351/79 reglamentario de la ley 19.587 de higiene y seguridad en el trabajo (https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/pepst/files/2017/02/Decreto_351-79.pdf)
- Norma IRAM 10005: Colores y señales de seguridad según la norma IRAM 10005 (<https://www.trabajo.gba.gov.ar/documentos/legislacion/Compendio%20de%20legislaci%C3%B3n%20espec%C3%ADfica/Normas%20IRAM%2010005-2407.doc>)
- Apuntes de la cátedra de Seguridad e Higiene, UTN FRA.
- Normativa vigente (<https://www.argentina.gob.ar/srt/institucional/normativa>)
- IRAM 2407 Normativa de Seguridad Industrial - Identificación de Cañerías (<https://exactas.uba.ar/higieneysseguridad/wp-content/uploads/2019/08/IRAM-2407-Identificacion-de-ca%C3%B1erias.pdf>)

CAPITULO 12

Sistema de gestión integrado

Introducción

Sistema de gestión integrado

Política de calidad

Estructura de la organización

Introducción

En el presente capítulo, se establecerán las políticas y normativas necesarias para implementar un sistema de gestión integrado (SGI) de la empresa.

El SGI estará conformado principalmente por tres subsistemas de gran importancia. Los distintos subsistemas integrantes del SGI se detallan a continuación:

- Sistema de gestión de calidad (SGC)
- Sistema de gestión ambiental (SGA)
- Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST)

Tener un SGI implica articular la implementación de los tres subsistemas de manera conjunta para que la organización pueda desarrollar sus actividades de la manera más eficiente.

Sistema de Gestión Integrado

Un sistema de gestión integrado se puede definir como un conjunto de acciones y tareas interrelacionadas entre sí a través de la realización de acciones concretas que impacten sobre la organización a fin de alcanzar las metas y objetivos propuestos de la manera más eficiente. En otras palabras, el SGI permite determinar los lineamientos de la organización, tanto generales como de operación. Sin embargo, el propósito final de la implementación del SGI no es único, sino que es múltiple, algunos de ellos son:

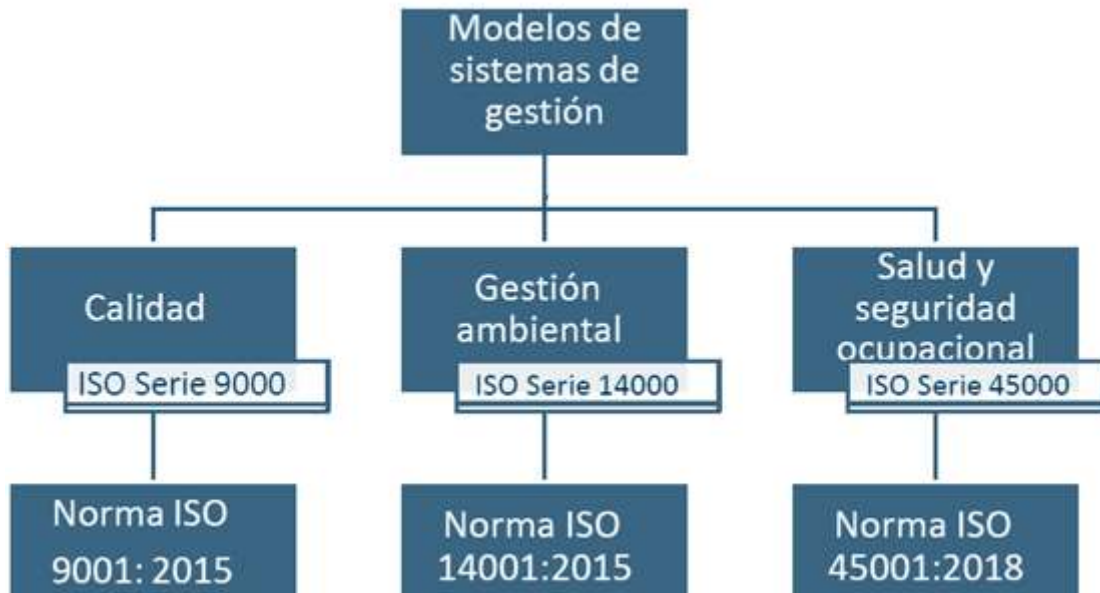
- Obtener la satisfacción del cliente
- Mejorar la eficacia de los procesos de la organización
- Crecimiento y rentabilidad de la organización
- Proteger el medio ambiente y cumplir con la normativa vigente
- Desarrollar el talento humano y promover la calidad de vida laboral
- Actuar con responsabilidad social

El diseño del sistema está pensado para gestionar los diferentes aspectos de las operaciones de la organización en armonía con las distintas normas implicadas, como las relativas a la gestión de la calidad, el medioambiente y la salud y seguridad laboral.

Este conjunto de normas y pautas relacionadas a la calidad y a la seguridad tanto medioambiental como laboral, se pueden encontrar en las normas ISO (International Standardization Organization), organización encargada de la creación de estas normas y que cuentan con alcance internacional. Establecer en la empresa este sistema de gestión integral es una garantía de que el proceso cumple los estándares establecidos por normas internacionales. De esta manera, se adoptarán las normas ISO para llevar a cabo el sistema de gestión integral. Las tres normas que se utilizarán para el SGI serán:

- Sistema de gestión de calidad: ISO 9001:2015
- Sistema de gestión ambiental: ISO 14001:2015
- Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: ISO 45001:2018

Figura 12.1 – Modelos de sistemas de gestión



Sistema de Gestión de Calidad: Norma ISO 9001

Como se mencionó anteriormente, la ISO 9001 es una norma internacional aplicable a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones públicas y privadas independientemente del tamaño que tengan.

El sistema de gestión de calidad propiamente dicho se basa en estas normas, de manera que la organización completa se debe comprometer en respetar el sistema para lograr el objetivo de la calidad de un producto o servicio. Sin embargo, se debe mencionar que las normas ISO 9001 pertenecen a un arreglo más grande de normas, la serie 9000. La serie 9000 queda, entonces, estructurada de la siguiente manera:

- ISO 9000:2015 SGC – Fundamentos y vocabulario: Se definen términos relacionados con la calidad y establecen lineamientos generales para los SGC.
- ISO 9001:2015 SGC – Requisitos: establece los requisitos mínimos que debe cumplir un SGC. Puede utilizarse para aplicación interna, certificación o fines contractuales. La última versión de la norma se publicó el 23 de septiembre de 2015 (esta revisión fue confirmada en 2021)
- ISO 9004:2018 SGC – Directrices para la Mejora del desempeño: proporciona orientación para ir más allá de los requisitos de la ISO 9001, ya que tiene en cuenta no solamente al cliente sino a todas las partes interesadas.
- ISO 19011:2018 - Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión: Estas normas corresponden a las directrices para la gestión y ejecución de auditorías.

Por último, se enlistan algunas de las ventajas que se logran al implementar el SGC:

- Mayor eficiencia, menor desperdicio
- Mejor control de los principales procesos
- Mejor comprensión de las necesidades del cliente
- Mejor gestión de riesgos
- Aumento de la satisfacción del cliente
- Mejora de la participación de los empleados
- Mejor comunicación interna
- Mayor consistencia en la calidad de los productos y servicios
- Diferenciación del negocio respecto de la competencia
- Aumento de los beneficios y reducción de errores costosos

Sistema de Gestión Ambiental: Norma ISO 14001

La norma ISO 14001 es una norma internacional para el diseño e implementación de un sistema de gestión ambiental (SGA).

Este conjunto de lineamientos se ha convertido en el estándar internacional para diseñar e implementar un sistema de gestión ambiental. La versión más reciente de los

requisitos del sistema de gestión ambiental se publicó en el año 2015 y se la conoce como "ISO 14001: 2015". El estándar fue acordado por la mayoría de los países miembros antes de ser lanzado y actualizado y, como tal, se ha convertido en un estándar reconocido internacionalmente aceptado por la mayoría de los países de todo el mundo.

El objetivo principal de ISO 14001 es la mejora de la gestión de todos los aspectos ambientales, ayudando a las organizaciones a controlar consumos, residuos, vertidos y emisiones atmosféricas, así como la mitigación de riesgos ambientales, generando así oportunidades de beneficio económico. Cuidar nuestro medio ambiente y evitar que nuestras empresas causen impactos negativos en el medio ambiente, son dos de los desafíos más importantes que enfrentan las empresas hoy en día.

Uno de los mayores beneficios de implementar este sistema es el reconocimiento que conlleva estar entre aquellas empresas que se preocupan lo suficiente como para reducir su huella ambiental. Esto puede traer mejores relaciones con los clientes, el público y la comunidad en general, aunque también trae otros beneficios. Junto con la buena imagen pública, muchas empresas pueden ahorrar dinero a través de la implementación del sistema de gestión ambiental. Esto puede lograrse, por ejemplo, reduciendo los incidentes que pueden resultar en costos de responsabilidad, pudiendo obtener un seguro a un costo más razonable y conservando los materiales de entrada y la energía a través de esfuerzos de reducción. Esta mejora en el control de costos es un beneficio que no puede pasarse por alto a la hora de tomar la decisión de implementar un sistema de gestión ambiental.

Hay muchas razones por las que una organización debe adoptar un enfoque estratégico para mejorar su desempeño ambiental. Los usuarios de la norma han informado que ISO 14001 ayuda a:

- Demostrar el cumplimiento de los requisitos legales actuales y futuros
- Aumentar la participación del liderazgo y el compromiso de los empleados
- Mejorar la reputación de la empresa y la confianza de las partes interesadas a través de la comunicación estratégica
- Lograr objetivos comerciales estratégicos mediante la incorporación de cuestiones ambientales en la gestión empresarial
- Proporcionar una ventaja competitiva y financiera a través de eficiencias mejoradas y costos reducidos
- Fomentar un mejor desempeño ambiental de los proveedores integrándolos en los sistemas comerciales de la organización

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo: ISO 45001

ISO 45001 es la norma internacional para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST). La norma ISO 45001 proporciona soluciones prácticas y viables para la mejora continua de la salud y la seguridad de los empleados y la evaluación y el control de los riesgos y oportunidades que una empresa puede enfrentar.

La última versión de esta norma (ISO 45001:2018) especifica los requisitos para la implementación de un SGSST y brinda orientación para su uso, de manera que las organizaciones puedan proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables mediante la prevención de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo. ISO 45001:2018 es aplicable a cualquier organización que desee establecer, implementar y mantener un SGSST para mejorar la seguridad ocupacional y la salud, eliminar peligros y minimizar los riesgos de accidentes, aprovechar las oportunidades de mejora y abordar las no conformidades del SGSST.

ISO 45001:2018 ayuda a las organizaciones a lograr los resultados previstos del SGSST. De acuerdo con la política de las empresas a la seguridad y salud en el trabajo, los resultados previstos de un SGSST incluyen:

- a) Mejora continua en el desempeño de seguridad y salud
- b) Cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos
- c) Logro de los objetivos de seguridad y salud ocupacional

ISO 45001:2018 es aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño, tipo y actividades. Algunas de las ventajas de implementar un SGSST son:

- Permite a las organizaciones integrar ISO 45001 con los sistemas existentes de calidad ISO 9001 e ISO 14001 de gestión ambiental: Este enfoque ha reducido la complejidad de los requisitos de múltiples cláusulas en diferentes aplicaciones de estándares, ahorrando tiempo y recursos.
- La norma proporciona un enfoque sistemático para que el liderazgo superior evalúe el riesgo y las oportunidades de la seguridad y salud en el trabajo, monitoree y revise el desempeño de seguridad y establezca objetivos para la mejora continua dentro del "contexto" de las actividades organizacionales.
- La implementación es una demostración y un compromiso de la alta dirección con las partes interesadas internas y externas (partes interesadas)

de la intención de proteger a los trabajadores de los accidentes, incluidos los efectos nocivos para la salud a corto y largo plazo.

- La norma promueve la participación de los trabajadores en la identificación de peligros, eliminación o reducción de riesgos mediante la implementación de controles integrados con otros procesos de negocio. Este enfoque puede mejorar la cultura de seguridad, minimizar el riesgo e incorporar las mejores prácticas, lo que resulta en una mayor productividad.
- Además de los controles internos del proceso, la norma ha proporcionado requisitos para evaluar la adquisición de productos y servicios que pueden tener influencias en la seguridad y la salud.
- La norma proporciona una estructura para monitorear y revisar las obligaciones de cumplimiento para garantizar que la organización cumpla con la ley, incluidos los productos y servicios. Es importante que una organización entienda lo que debe lograr, por qué necesita lograrlo y, si lo ha logrado, esto debe demostrarse dentro del sistema.

Implementación conjunta del SGI

A fin de satisfacer las expectativas de sus clientes, resulta insuficiente la sola preocupación por la calidad. El desafío de las actuales empresas consiste también en encontrar alternativas posibles para garantizar la seguridad y la protección del medio ambiente al mismo tiempo que aumenta la productividad y la calidad mediante una gestión integrada.

Al plantear el sistema de gestión de la calidad, la norma ISO 9001 incluye de forma general tres importantes preceptos:

1. Satisfacción del cliente.
2. Mejora continua.
3. Consideración sistémica de la organización.

Estos puntos provocaron un cambio de la mirada tradicional (es decir, agente interno contra agente externo), derivando hacia lo que la norma ISO 9000 llama partes interesadas o stakeholders, que incluye no sólo a empleados, accionistas, clientes y proveedores, sino también a los grupos de interés y la comunidad en general. En otras palabras, este nuevo enfoque supone que la sola preocupación de una organización por la calidad resulte insuficiente para crear una imagen corporativa.

Figura 12.2 – Relación de la organización con el entorno

En conclusión, a fin de contribuir con las estrategias competitivas de las empresas, la implementación del sistema de gestión de la calidad basados en la norma ISO 9001 se ha tornado insuficiente y debe considerarse, además de la calidad, al medio ambiente y a la salud y seguridad en el trabajo.

Se pueden encontrar numerosas similitudes entre los conceptos de gestión de la calidad, gestión medioambiental y gestión de la prevención de riesgos laborales, ya que los principios de una buena gestión son los mismos, así como sus implantaciones y puntos normativos. Poco tiempo atrás, calidad, medio ambiente y seguridad han seguido un desarrollo independiente y paralelo en el mundo industrial. Así, en muchas organizaciones, la seguridad sigue dependiendo de RR. HH. mientras que la calidad lo hace depende de producción y medio ambiente se ubica en las áreas técnicas como ingeniería, I+D, etc. Aun así, a pesar de las diferencias, estas funciones cuentan con una filosofía común basada en la gestión.

La separación entre los diversos sistemas de gestión (SGC, SGA y SGSST) ocasiona dificultades y doble esfuerzo, por lo que el planteo actual se orienta a la integración de estos sistemas como un modo de disminuir los costos y simplificar las acciones. La implementación de varios sistemas de gestión en forma conjunta genera importantes ahorros, entre los que es posible mencionar a los siguientes:

1. Unificación de controles y operaciones de las distintas unidades.
2. Reducción de estructuras, esfuerzos y costos.
3. Utilización de un enfoque único para los objetivos de negocio.

4. Mayor visibilidad de la misión y las políticas de la organización a través de una estructura integrada de documentos.
5. Mejor claridad de roles y responsabilidades.
6. Mejora de la ejecución de las operaciones y de los métodos de gestión.
7. Mayor motivación del personal y menor número de conflictos.
8. Menor cantidad y mayor coordinación de las distintas auditorías.
9. Aumento de la confianza de los clientes y de la imagen positiva

Figura 12.3 – Sistema de gestión integrado



Dado que no existe una norma aplicable específicamente para implementar los SGI existen modelos o fórmulas que consisten en integrar los principios que rigen la calidad y la mejora continua en un concepto más amplio enfocado en minimizar el riesgo laboral y el impacto sobre el medio ambiente. En general, los modelos o fórmulas para implementar un SGI se podrían sintetizar mediante la consideración de dos dimensiones del modelo de integración: el nivel y el modo de integración. Para el presente proyecto, se implementarán los diferentes niveles de integración progresivamente hasta alcanzar la integración total. Se consideran tres etapas de integración:

1. Alineamiento: El alineamiento de los tres sistemas ocurre cuando cada uno de ellos está bajo la órbita de un departamento o unidad cuyo responsable sigue autónomamente sus propias metas y objetivos. La integración es sólo documental y, aunque simplifica la burocracia, no es real desde el punto de vista de la estrategia organizativa.
2. Combinación: La combinación de los sistemas es un nivel de integración que mantiene la separación departamental de las responsabilidades, las políticas, planes y objetivos, los procedimientos de emergencia y el sistema

de evaluación y revisión de los resultados. Aparecen los procedimientos operativos comunes, tanto para el control de la documentación y el registro de los datos, como para las acciones correctoras y preventivas, la formación y la auditoría interna.

3. **Integración:** La integración total de los sistemas es el estado final con un sistema único SIG (SGC-SGA-SGSSO) plenamente integrado en sus aspectos documentales (política, manual de gestión, procedimientos operativos y procedimientos técnicos administrativos de apoyo), y en los referentes a la autoridad y dirección.

En cuanto al modo de integración, puede ser realizada de diferentes maneras, siendo seleccionado para el presente proyecto el modo de integración por procesos. Este modo, indica que las políticas y objetivos globales definidos por la dirección se despliegan y se harán operativos sobre la base de los procesos existentes y no de los proyectos a desarrollar.

Ciclo PHVA

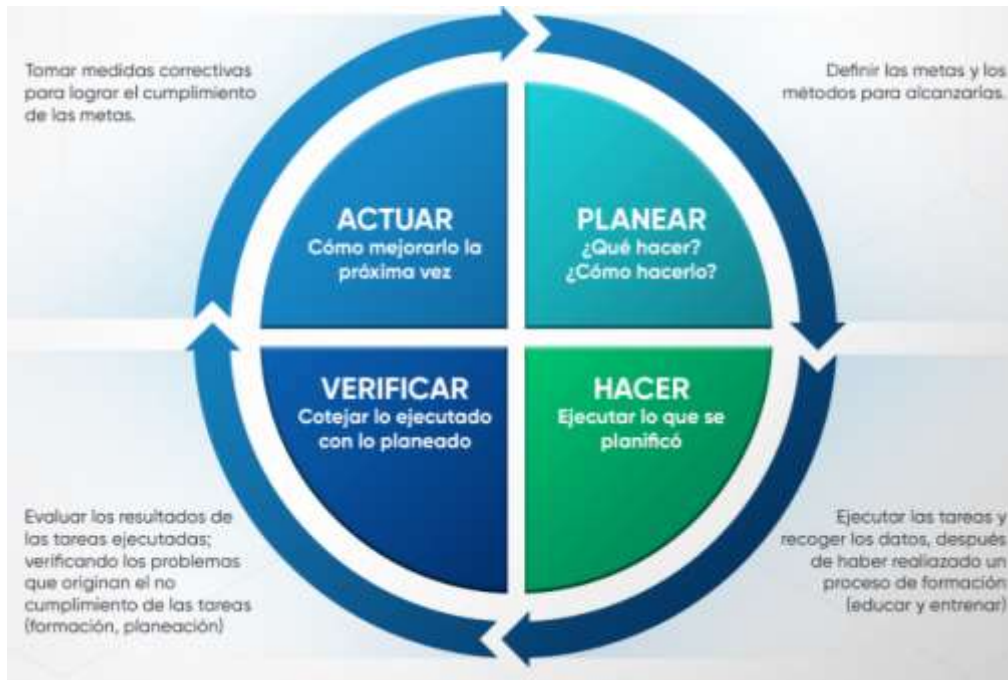
Uno de los pilares del sistema de gestión integrado es el ciclo PHVA, el cual hace referencia a Planear, Hacer, Verificar y Actuar. A través de este ciclo se podrá utilizar el enfoque por procesos. Esto permite a la empresa asegurar que sus procesos se gestionan adecuadamente y cuentan con los recursos necesarios para hacerlo. Además, se logra identificar las oportunidades de mejora para actuar en consecuencia.

Sin embargo, para lograr estos progresos es indispensable llevar a cabo ciertas acciones. A continuación, se detallan las etapas del ciclo que también pueden apreciarse en la figura 12.4:

- **Planificar (Plan):** Establecer los objetivos del sistema, sus procesos y los recursos que se necesitan para generar y suministrar resultados conforme con los requisitos del cliente y políticas de la organización, además de identificar y abordar riesgos y oportunidades.
- **Hacer (Do):** Implementar lo que se planificó.
- **Verificar (Check):** Realizar el seguimiento y medición de los procesos (siempre que sea aplicable) y los productos y servicios que resultan de las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas. Estos resultados deben ser informados.

- Actuar (Act): Tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario.

Figura 12.4 – Ciclo PHVA
(Fuente: Grupo Seiton)



Finalmente, para mantener el nivel de desempeño óptimo, los procesos deberían operarse bajo condiciones controladas. Es necesario, de igual manera, realizar regularmente el seguimiento de los resultados, a fin de detectar desvíos e identificar y tomar las acciones correspondientes de manera oportuna.

Principios del SGI

En este apartado se describirán los elementos del sistema de gestión integrado que se implementará en la compañía.

La mayoría de las organizaciones tienen más de un estándar de sistema de gestión para implementar y certificar. Hacer esto individualmente requiere mucho tiempo y recursos adicionales, por lo que existe una clara necesidad de encontrar una manera de integrar y combinar los estándares de la mejor manera posible. Los estándares del sistema de gestión hasta la fecha presentan diferentes estructuras, requisitos y terminología, por lo que la integración sigue siendo un desafío. Para abordar este problema, ISO desarrolló el Anexo SL, el marco para un sistema de gestión genérico y el plan para todas las normas de sistemas de gestión nuevas y revisadas en el futuro.

El Anexo SL es el estándar que define la nueva estructura para todos los sistemas de gestión de las normas ISO. De alguna manera, este anexo es la estructura de alto nivel para las normas ISO modernas. A través de esta nueva estructura, ISO garantiza la coherencia y compatibilidad entre las diferentes normas del sistema de gestión. A su vez, la estructura permite una implementación más sencilla al integrar múltiples estándares y facilita el seguimiento de las empresas y su personal. A continuación, se adjuntan los diferentes principios junto a una breve descripción:

1. Alcance: define los resultados previstos del sistema de gestión
2. Referencias normativas: hace referencia a cualquier norma o publicación relevante
3. Términos y definiciones: Se definen las definiciones de los términos comunes utilizados en toda la norma.
4. Contexto de la organización: Define las áreas que cubrirá el Sistema de Gestión
5. Liderazgo: destaca la importancia de la implicación del equipo de liderazgo en el funcionamiento del sistema
6. Planificación: cómo el sistema de gestión alcanzará sus objetivos y cómo la empresa afrontará el riesgo
7. Soporte: cómo se apoyará el funcionamiento del sistema de gestión para que funcione de manera eficiente
8. Operación: Detalles sobre los procesos y operaciones diarios en su negocio, incluida la forma en que realizará un seguimiento del rendimiento de estas áreas.
9. Evaluación del desempeño: Análisis y monitoreo de qué tan bien está operando su negocio en comparación con los requisitos de su Sistema de Gestión
10. Mejora: uso de los resultados de su evaluación de desempeño para mejorar su negocio y sus procesos

Elementos del SGI

Para lograr estos principios, la empresa deberá adoptar una serie interdisciplinaria de controles de calidad. El SGI debe incluir los nueve elementos centrales que se describen a continuación:

Objetivos de calidad: Estos objetivos están diseñados para alentar a las organizaciones a definir objetivos estratégicos y un propósito para el SG.

Manual de calidad: El manual de calidad se define como la primera documentación de un SG.

Estructura organizacional y responsabilidades: Un SGI debe incluir un modelo claro y actualizado de la estructura de la organización y las responsabilidades de todas las personas dentro de la organización.

Gestión de datos: Los datos son el centro de los enfoques modernos para la gestión de la calidad total. La disponibilidad y gestión de datos es fundamental para el éxito del SGI para impulsar la mejora continua. Los datos necesarios para demostrar el rendimiento eficaz del SGI deben incluir las siguientes fuentes:

- ✓ Satisfacción del cliente
- ✓ Rendimiento de los proveedores
- ✓ Monitoreo de productos y procesos
- ✓ Tendencias
- ✓ Acciones preventivas

Procesos: El estándar de gestión de la calidad requiere que la organización identifique y defina todos los procesos que utilizan cualquier recurso para transformar entradas en salidas. Cada responsabilidad en la organización puede estar vinculada a un proceso. Después de identificar los procesos, la organización puede comenzar a definir estándares y métricas de éxito:

- ✓ Identificar procesos organizacionales
- ✓ Definir estándares de proceso
- ✓ Establecer métodos para medir el éxito
- ✓ Documentar un enfoque estándar para garantizar resultados de calidad
- ✓ Impulsar la mejora continua

Satisfacción del cliente con la calidad del producto: Un componente central del SGI es el requisito para que las organizaciones monitoreen la satisfacción del cliente para determinar si se logran los objetivos de calidad. Un primer paso para establecer sistemas de monitoreo para la satisfacción del cliente debe ser la definición de métodos apropiados para medir las actitudes y quejas de los clientes. Esto puede incluir:

- ✓ Encuestas de satisfacción
- ✓ Procedimientos de queja
- ✓ Aplicaciones analíticas para medir tendencias de satisfacción
- ✓ Revisión de la gestión de la satisfacción del cliente

Mejora continua: La mejora continua y la adaptación son necesarias para que las organizaciones generen beneficios con el SGI y mantengan la satisfacción del cliente. Si bien el SGI dicta que la mejora continua es una responsabilidad de toda la organización,

en la norma ISO 9001 se deja en claro que el liderazgo debe desempeñar un papel central en la implementación de una cultura basada en la calidad. Como se mencionó previamente, se establece que "la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al SG asumiendo la responsabilidad de la eficacia". Los estándares del SGI para la mejora continua requiere documentación clara de los controles en toda la organización. La documentación de mejora debe abarcar, como mínimo, los siguientes puntos:

- ✓ Procedimientos de planificación de calidad
- ✓ Requisitos de conformidad
- ✓ Diseño de seguridad
- ✓ Pensamiento basado en el riesgo
- ✓ Mejora gradual y revolucionaria
- ✓ Innovación
- ✓ Evaluación del SG

Instrumentos de calidad: El control y la calibración de las herramientas utilizadas para medir la calidad son parte integral del éxito de un SGC. El diseño del sistema SGC dentro de una organización debe dictar una política clara para el mantenimiento de instrumentos de calidad basados en estándares reconocidos a nivel nacional o internacional para cada equipo de calidad. Esta documentación debe abordar:

- ✓ Intervalos para la calibración del instrumento.
- ✓ Estándares reconocidos para calibración de instrumentos
- ✓ Instrucciones del fabricante para el ajuste
- ✓ Procedimientos para identificar y documentar la calibración.
- ✓ Controles contra la manipulación o el ajuste posterior a la calibración
- ✓ Métodos para proteger los instrumentos y equipos de daños.

Además de estos requisitos, el SGI debe abordar la documentación efectiva de los resultados de la calibración, incluidos los procedimientos para mantener registros completos de las actividades y los resultados de la calibración.

Control de documentos: El SGC dicta los estándares para los tipos de documentación que son necesarios para apoyar, mínimamente, la gestión de la calidad. Esto generalmente incluye objetivos de calidad, un manual de calidad, procedimientos, documentación de procesos y mantenimiento de registros. Si bien los estándares SGC generalmente no prescriben un método para la gestión de documentos, la capacidad de capturar y retener toda la evidencia de respaldo generalmente se logra mejor con el software de Sistemas de Gestión de Calidad. De acuerdo con las normas ISO, la definición de un documento en una organización basada en la calidad es amplia por lo que se podrán incluir todos los registros de:

- ✓ Comunicaciones
- ✓ Evidencia
- ✓ Conformidad del sistema de gestión
- ✓ El intercambio de conocimientos

Política de calidad

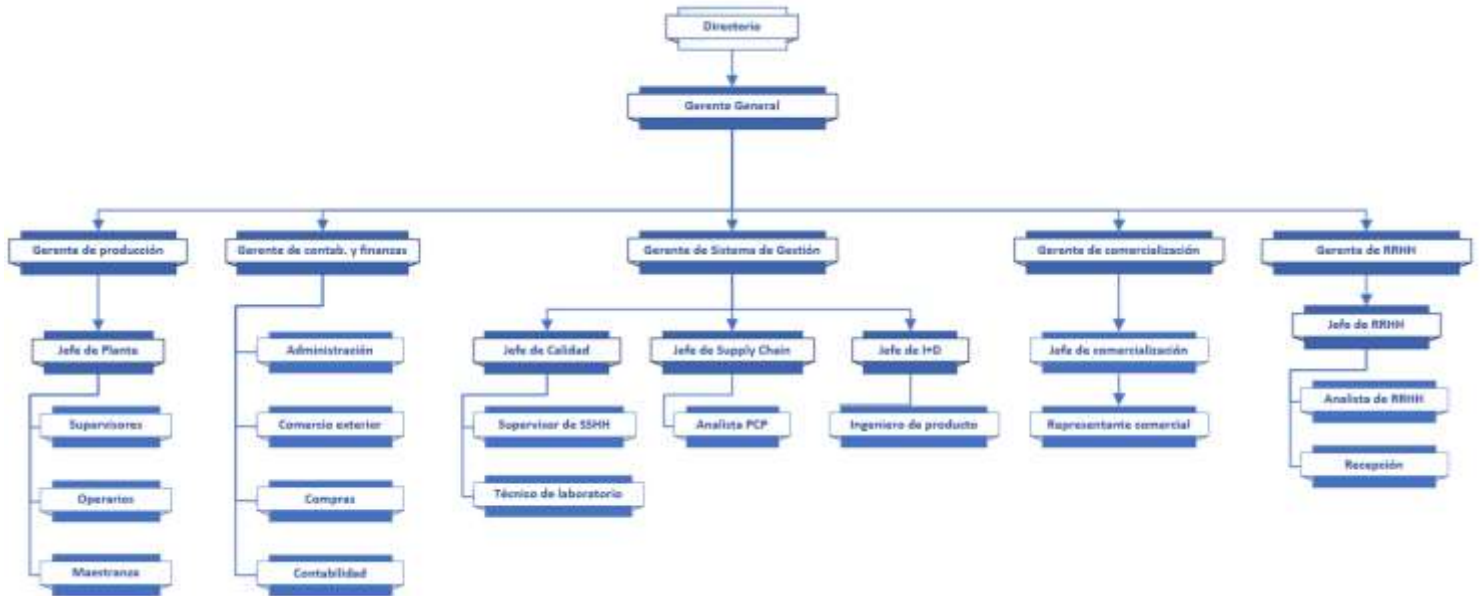
Nuestra empresa, dedicada a la producción industrial de Vitamina E Natural, tiene como política otorgar a nuestros clientes un servicio de alta calidad que supere sus expectativas y garantice altos niveles de satisfacción. Para lograrlo, hemos desarrollado un Sistema de Gestión de Calidad para nuestra planta ubicada en el Parque Industrial Concepción del Uruguay, Entre Ríos. La gestión de la calidad cumple con los requisitos de la norma ISO 9001 y forma parte de nuestro Sistema de Gestión Integrado el cual también cumple con las normas ISO 14001 (Gestión Ambiental) e ISO 45001 (Salud y Seguridad en el Trabajo). De esta manera, nuestra empresa se compromete a:

- ❖ *Lograr altos estándares de calidad conforme a los requisitos técnicos y legales.*
- ❖ *Gestionar en torno a la sostenibilidad mediante el uso de materiales y tecnología ecológica.*
- ❖ *Satisfacer al cliente mediante la creación de soluciones objetivas tanto para los requerimientos como para las disconformidades.*
- ❖ *Promocionar el compromiso, dedicación y profesionalismo junto con la formación continua de los empleados.*
- ❖ *Informar a los empleados de los riesgos inherentes a sus actividades.*
- ❖ *Prevenir, evaluar, eliminar o reducir riesgos mediante la protección de instalaciones y equipos, y la mejora continua de los métodos de trabajo.*
- ❖ *Desarrollar permanentemente el sistema de gestión integrado, enfocado a la mejora continua de procesos y procedimientos.*

Estamos comprometidos con la participación de todos nuestros empleados en la implementación y mejora continua de la eficacia de este sistema y proporcionaremos el personal y los recursos necesarios para garantizar que las necesidades del cliente se comuniquen y comprendan en toda nuestra organización.

Estructura organizativa

La empresa cuenta con una nómina de 75 empleados entre directivos, personal de planta y administrativos. El organigrama a continuación da un panorama claro de la estructura jerárquica y funcional de la organización.



Bibliografía

- Norma ISO 9001:2015
- Norma ISO 14001:2015
- Norma ISO 45001:2018
- The importance of leadership in ISO management system standards, (www.bsigroup.nl)
- Introducing Annex SL (www.bsigroup.nl)
- Los 9 Elementos Centrales de un Sistema de Gestión de Calidad (<https://koneggi.com.ec/blogiso/blog-calidad/los-9-elementos-centrales-de-un-sistema-de-gestion-de-calidad>)

CAPITULO 13

Evaluación de impacto ambiental

Introducción

Etapas del proyecto

Marco Legal

Evaluación de entorno

Matriz de impacto ambiental

Introducción

En el pasado, la promoción del crecimiento económico como motor de un mayor bienestar era el principal impulso de desarrollo, pero con poca (o nula) sensibilidad hacia los impactos sociales o ambientales adversos. La necesidad de evitar los efectos desfavorables y garantizar beneficios a largo plazo condujo al concepto de sostenibilidad. Esto ha sido aceptado como una característica esencial del desarrollo si se quiere alcanzar el objetivo de aumentar el bienestar y una mayor equidad en la satisfacción de las necesidades básicas para esta y las generaciones futuras.

Con el fin de predecir las huellas ambientales de cualquier actividad de desarrollo y brindar la oportunidad de mitigar los impactos negativos y aumentar los impactos positivos, en la década de 1970 se desarrolló el procedimiento de evaluación del impacto ambiental (EIA).

En este contexto, una EIA puede definirse como un proceso formal para predecir las consecuencias ambientales de las actividades de desarrollo humano y planificar medidas apropiadas para eliminar o reducir los efectos adversos y aumentar los efectos positivos. Por lo tanto, la EIA tiene tres funciones principales:

- predecir los problemas
- encontrar formas de evitarlos
- potenciar los efectos positivos

La EIA ofrece una oportunidad única para demostrar formas en que el medio ambiente puede mejorarse como parte del proceso de desarrollo. Por otro lado, predice los conflictos y limitaciones entre el proyecto y su entorno y, además, brinda una oportunidad para que se incorporen medidas de atenuación para minimizar los problemas y permite establecer programas de monitoreo para evaluar los impactos futuros y proporcionar datos sobre los cuales el nivel directivo puede tomar decisiones informadas para evitar daños ambientales.

La EIA es una herramienta de gestión para planificadores y tomadores de decisiones y se complementa con otros estudios de proyectos sobre ingeniería y economía. La evaluación ambiental se acepta ahora como una parte esencial de la planificación y gestión del desarrollo. Debe ser tan familiar e importante como el análisis económico en la evaluación de proyectos.

El documento técnico central de la EIA es el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) y deberá contener una descripción del proyecto, su línea de base ambiental y social, el marco legal de cumplimiento, un análisis de alternativas, la identificación y valoración

de los potenciales impactos ambientales y sociales que el proyecto (en todas sus etapas) puede causar en el corto, mediano y largo plazo, así como la previsión de la gestión ambiental para abordarlos (prevención, mitigación y compensación), que se concreta a través del Plan de Gestión Ambiental dentro del EsIA.

Objetivo

El objetivo de cualquier EIA debe ser facilitar el desarrollo sostenible protegiendo los recursos naturales, la salud, la higiene y la ecología. Los efectos ambientales beneficiosos se maximizan, mientras que los efectos adversos se mejoran o evitan en la mayor medida posible. La EIA ayudará a seleccionar y diseñar proyectos, programas o planes con viabilidad a largo plazo y, por lo tanto, mejorará la rentabilidad del proyecto. Un resultado clave de la EIA debe ser un plan de acción que debe seguirse durante la ejecución y después de la aplicación durante la fase de seguimiento. En resumen, los principales objetivos de la EIA son:

- Determinar la viabilidad ambiental para la toma de decisiones informadas
- Promover la transparencia y la participación pública en el proceso de planificación y toma de decisiones
- Propiciar la prevención y adecuada gestión de los potenciales impactos ambientales y sociales asociados a determinados proyectos.

Etapas del proyecto

El impacto sobre el medio ambiente no ocurre simplemente durante la operación de la planta. Se deben analizar, también, las consecuencias de las actividades desde el inicio de la construcción hasta el cierre (es decir, durante todo el ciclo de vida del proyecto). El estudio de impacto ambiental se dividirá entre las tres etapas principales:




1. Etapa de construcción
2. Etapa de operación y mantenimiento
3. Etapa de cierre

La descripción de las actividades que componen cada una de las etapas será muy variable dependiendo de la tipología del proyecto. Para el presente, las mismas se detallan a continuación.

Etapa de construcción

Esta etapa es la primera del proyecto y engloba todo lo relacionado a los residuos generados por la construcción de la infraestructura de la planta. En la figura 13.1 se adjunta un detalle de los residuos más comunes generados por la construcción:

Figura 13.1 – Residuos de la construcción

Inertes - Pétreos	No peligrosos	Peligrosos
		
<p>Escombros limpios</p> <ul style="list-style-type: none"> ladrillos tejas azulejos hormigón endurecido mortero endurecido 	<p>Metal</p> <ul style="list-style-type: none"> armaduras de acero y restos de estructuras metálicas perfiles para montar el cartón-yeso paneles de encofrado en mal estado <p>Madera</p> <ul style="list-style-type: none"> restos de corte restos de encofrado palets <p>Papel y cartón</p> <ul style="list-style-type: none"> sacos de cemento, de yeso, de arena y cal cajas de cartón <p>Plástico</p> <ul style="list-style-type: none"> lonas y cintas de protección no reutilizables conductos y canalizaciones marcos de ventanas desmantelamiento de persianas <p>Otros</p> <ul style="list-style-type: none"> cartón-yeso vidrio 	<p>Envases y restos de</p> <ul style="list-style-type: none"> aceites, lubricantes, líquidos de freno, combustibles desenconfantes anticongelantes y líquidos para el curado de hormigón adhesivos aerosoles y agentes espumantes betunes con alquitrán de hulla decapantes, imprimaciones, disolventes y detergentes madera tratada con productos tóxicos pinturas y barnices silicona y otros productos de sellado tubos fluorescentes pilas y baterías que contienen plomo, níquel, cadmio o mercurio productos que contienen PCB materiales de aislamiento que pueden contener sustancias peligrosas trapos, brochas y otros útiles de obra contaminados con productos peligrosos restos del desmantelamiento de bajantes, cubiertas y tabiques pluviales que contienen fibras de amianto restos del desmantelamiento de materiales de aislamiento, pavimentos, falsos techos, etc., que contienen fibras de amianto

Durante esta etapa se generarán residuos sólidos asimilables a los domiciliarios y efluentes líquidos debido a la actividad humana normal. También se podrán producir residuos de materiales de construcción, ya sea en estado sólido o líquido que contengan restos de estos materiales.

Los materiales desechados se deberán colocar en rellenos sanitarios cuando no produzcan un impacto ambiental considerable. En caso de que dichos residuos se encuadren en el perfil de residuos peligrosos deberán disponerse de forma adecuada.

Entre las actividades susceptibles de producir un impacto ambiental en esta etapa se encuentran:

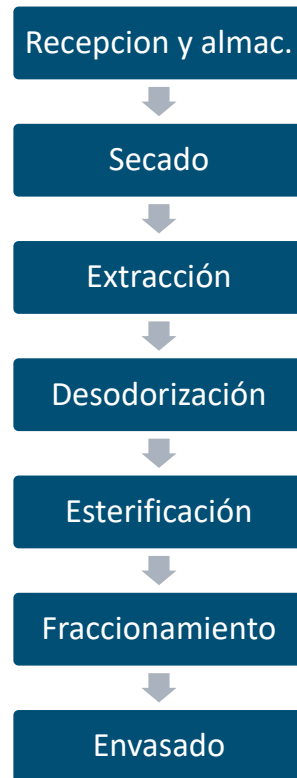
- Preparación del sitio (desmontes, movimientos de tierra y transporte, entre otros)
- Obras civiles del proyecto principal y otras obras de instalaciones o servicios auxiliares
- Movimiento de vehículos, maquinarias, etc.
- Construcción y uso de caminos de accesos temporales y permanentes

Etapa de operación y mantenimiento

En esta etapa, posterior a la etapa de construcción, se considera el impacto que producen cada una de las operaciones mientras la planta se encuentra en pleno funcionamiento. En cuanto a las actividades características de la etapa se encuentran:

- Incluir los procesos productivos/acciones principales y auxiliares vinculadas.
- Incluir diagramas de flujo del proceso donde se incorporen la generación de emisiones y/o residuos y el uso de recursos. Describir los productos por fase de proceso y los productos finales. Presentar balances de masas.
- Detallar puesta en marcha, condiciones de operación ordinaria, extraordinaria y contingencias.

De esta manera, se procede a detallar el diagrama de proceso (descrito en capítulos anteriores) para conocer los puntos del proceso donde se producen efluentes que generen impacto sobre el medio ambiente:

Figura 13.2 – Descripción del proceso

Se analizará el proceso para determinar cuáles son las actividades que puedan llegar a generar desechos o efluentes y, posteriormente, tomar medidas para mitigar el impacto. En la presente etapa se analizarán los efluentes sólidos líquidos y gaseosos. En cuanto a los residuos peligrosos, el proceso no en caso de que correspondan.

Residuos sólidos

Los efluentes sólidos generados durante el proceso productivo serán:

- Residuos sólidos asimilables a urbanos no recuperables: Corresponden a los restos de materia orgánica, es decir, el salvado de arroz desgrasado (se comercializa)
- Residuos sólidos asimilables a urbanos recuperables: Corresponden a los restos de papel, cartón y vidrio.
- Peligrosos: No se generan, solo en caso de derrame accidental de ácido sulfúrico.

Efluentes líquidos

Los efluentes líquidos pueden ser clasificados en dos categorías:

- Domésticos: estos efluentes son aquellos derivados de la actividad humana normal y se generarán en baños, vestuarios, comedor, etc.
- Industriales: La planta de producción genera efluentes líquidos durante el proceso de destilación (una emulsión de agua y aceite en mínima cantidad) y durante la decantación de los productos de la esterificación.

Emisiones gaseosas

La planta de producción generará emisiones gaseosas por los procesos que se describen a continuación:

- Emisiones de dióxido carbono generadas en la caldera: Se medirán los gases de salida y se determinará la composición de los gases exhaustos.
- Emisión de aire en la etapa de secado: el secadero de salvado provoca una variación en la humedad del aire en bajos niveles.

Etapa de cierre

En la etapa de cierre de planta, se deben detallar las actividades previstas para la finalización de la operación y el destino de sus instalaciones: retiro, demolición o permanencia (instalaciones remanentes). Durante esta etapa, los residuos sólidos y efluentes serán similares a los de la etapa de operación y mantenimiento, dado que ambas etapas presentan estrechas similitudes.

Marco legal

A continuación, se adjunta una tabla con las leyes nacionales, provinciales y decretos y ordenanzas municipales que se ocupan de regular los aspectos relacionados al medio ambiente.

Tabla 13.1 – Leyes Nacionales, Provinciales y Municipales

N°	Nacionales
Art. 41 C.N.	Reconoce del derecho de todos los habitantes a un ambiente sano y el deber de preservarlo. Además, impone a quien provoca un daño al ambiente la obligación de recomponerlo.
Art. 43 C.N.	Toda persona puede interponer acción de amparo contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por la Constitución Nacional.

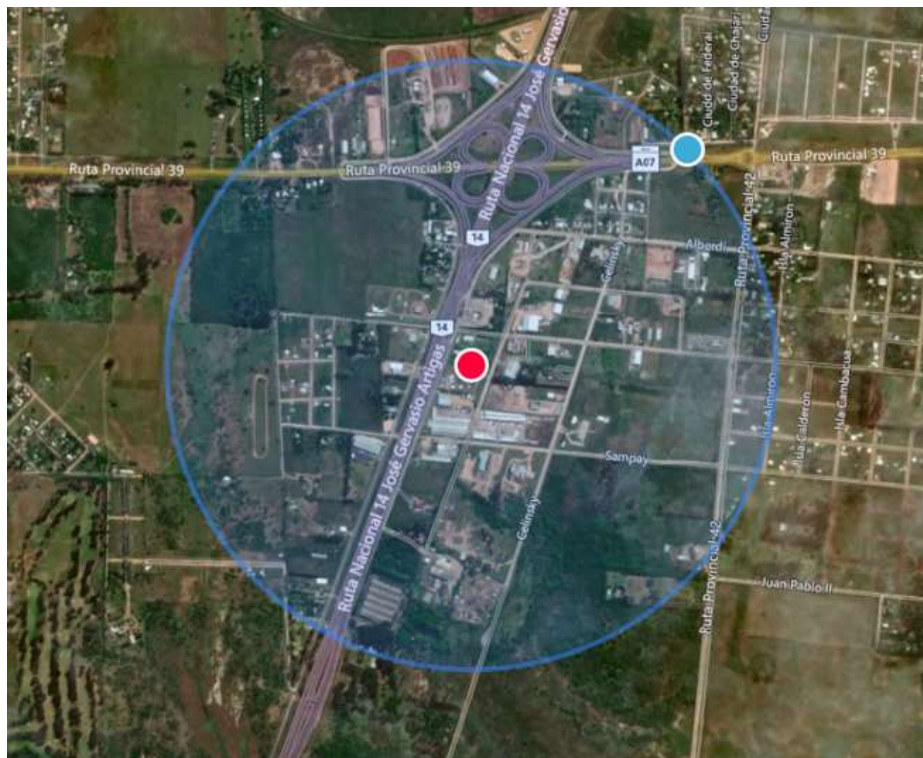
Art. 124 C.N.	Corresponde a las provincias el dominio de los recursos naturales.
Ley 25675	Ley General del Ambiente
Ley 25612	Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio
Ley 25916	Gestión de Residuos Domiciliarios.
Ley 25688	Régimen de Gestión Ambiental de Aguas
Ley 27520	Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global
Ley 24051	Ley de Residuos Peligrosos
Ley 19587	Seguridad e higiene
Categoría	Provinciales
Impacto Ambiental	Decreto 4977/09 (modif. por Decreto 3237/10). Reglamentación Estudio de Impacto Ambiental.
	Resoluciones SA 38/10 y 504/12. Registro de Consultores en Estudios de Impacto Ambiental.
Industria	Ley 6260/78. Prevención y control de la contaminación ambiental industrial. Habilitación de establecimientos industriales. Decreto 5837/81 (modificado por el Decreto 5394/96).
Aire	Decreto 5837/91 reglamentario de la Ley 6260. Anexo I, norma complementaria sobre Efluentes Líquidos. Zonificación y clasificación industrial, efluentes, certificados.
Agua	Ley 9172/. Código de Aguas. Decreto Reglamentario 7547/99.
	Decreto 2235/02 SEOYSP. Valores guías para la calidad del agua potable. Valores máximos permitidos para el vertido de líquidos cloacales a cursos de agua con o sin tratamiento.
Suelos	Ley 8318/89. Conservación de suelos.
Residuos	Decreto 5837/91 (modificado por el Decreto 5394/96) reglamenta Anexo III de Ley 6260: norma complementaria sobre Efluentes Sólidos de origen industrial.
	Ley 8880/94. Adhiere a la Ley Nacional 24051 sobre residuos peligrosos. Decreto 603/06, prohíbe el ingreso de residuos peligrosos procedentes de otras provincias, crea el Registro Provincial de Generadores, Operadores y Transportistas de Residuos Peligrosos. Decreto 6009/00, relativo a los residuos potencialmente biopatogénicos.
	Ley 10311/14. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.
Sustancias Químicas	Ley 6599/80 (ratificada por Ley 7495). Expendio, aplicación, transporte y almacenamiento de plaguicidas en las prácticas agropecuarias.
	Decreto 279/03. Reglamentario de Ley 6599/80. Expendio, transporte y almacenamiento de plaguicidas.
	Ley 10028/11. Tratamiento integral de los envases vacíos de productos fitosanitarios utilizados en la producción agrícola.
N°	Municipales
Ord. N°3684	Residuos Patógenos
Ord. N°4088	Residuos Peligrosos, generación, manipulación, transporte y tratamiento
Ord. N°6495	Evaluación de impacto ambiental
Ord. N°6508	Regulación y medición de ruidos - relativa a ord. 3109

Ord. N°4527	Código de ordenamiento urbano de Concepción del Uruguay
Ord. N°4604	Tasa para el cobro del servicio de recolección de Residuos Patológicos
Dec. N°25633	Regulación de las tareas de Tratamiento y Disp. Final de RSU
Ord. N°3126	Control y descarga de efluentes
Ord. N°3169	Autorización volcamiento de residuos sólidos urbanos
Ord. N°2962	Clasificación de los residuos sólidos

Evaluación del entorno

Para la elaboración del estudio de impacto se necesitará saber cuál será el lugar físico que se modificará por las actividades relacionadas a la construcción y funcionamiento del presente proyecto. De esta forma, se podrá evitar o disminuir los posibles impactos negativos. Se tomará como radio de influencia 1 km.

Imagen 13.1 – Radio de influencia



Ubicación geográfica

El lote seleccionado para el presente proyecto se encuentra sobre la colectora Ruta Nacional N° 14 en la localidad de Concepción del Uruguay, provincia de Entre Ríos, más precisamente en el Parque Industrial Concepción del Uruguay, con una superficie aproximada de 7500 m² (se observa la ubicación en la imagen 13.1).

Se destaca que la empresa se localizará en un parque industrial registrado y reconocido a nivel nacional. De esta manera, se puede asegurar que el mismo cumple

con los requerimientos ambientales y se ajusta a las leyes ambientales nacionales y provinciales además de las ordenanzas municipales. Por otro lado, las industrias instaladas no implican un riesgo ambiental significativo para el proyecto. En tabla 13.2 se detallan las empresas lindantes al proyecto radicadas dentro del Parque Industrial Concepción del Uruguay.

Empresas radicadas en el parque industrial

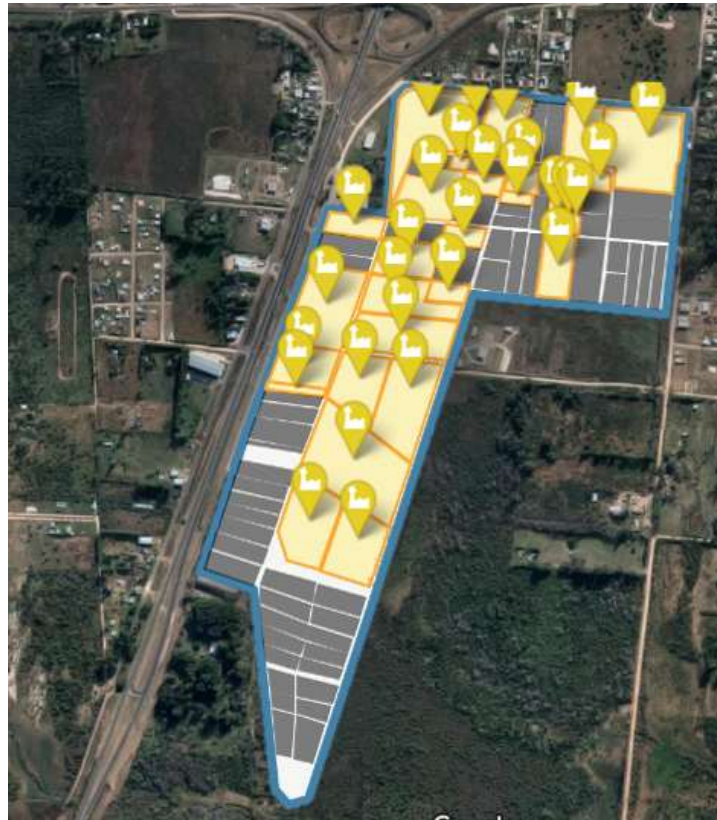
Tabla 13.2 – Empresas radicadas en el parque industrial Concepción del Uruguay

Empresa
A.M. ROPELATO (Premoldeados de hormigón)
ARENERA DON ANTONIO S.A. (Procesamiento de arena, hormigón y canto rodado)
AVEC S.R.L. (Metalúrgica)
BIONET S.R.L. (Elaboración de coadyuvantes y fertilizantes)
CARNES DEL LITORAL S.A. (Frigorífico bovino)
CELINSKI HNOS. (Metalúrgica – Fabricación de prensas peletizadoras)
COOP. APÍCOLA RÍO DE LOS PÁJAROS (Planta de extracción y fraccionamiento de Miel)
CHICCHITTI PABLO ROBERTO (Fabricación de subproductos ganaderos)
DYNCORP S.A. (Impregnación de postes de madera)
EMBOLSAR S.A. (Fabricación de bolsas de polietileno)
ENTRECOR S.A. (Fabricación de cartón corrugado y complementos)
ERYM S.R.L. (Fabricación de implementos para minicargadores)
HÉCTOR RETAMAL (Premoldeados de hormigón)
INDUSTRIAS PLÁSTICAS R.P. (Fabricación de deflectores aerodinámicos)
INMOBAL NUTRER S.A. – QUIMTIA (Producción de premezclas y productos químicos para nutrición – Coadyuvantes para elaboración de biodiesel)
INSUMA (Fabricación de subproductos ganaderos)
L.P. PIETROBONI S.A. (Planta asfáltica para construcción de obras civiles y viales)
LA SAMPEDRINA S.A. (Fabricación de láminas de cartón asfálticas)
LAMBERT HNOS. S.H. (Fabricación de acoplados y remolques)
LIN CAR (Fabricación de carrocerías)
LONGUE VIE S.R.L. (Impregnación de postes de madera)
MAGNUS LAB S.R.L. (Fabricación de productos veterinarios)
ONNER SERVICIOS S.R.L. (Fabricación de columnas para iluminación)
PACLAMAR S.R.L. (Metalúrgica)
PROYECTOS S.R.L. (Fabricación de muebles de madera)
QUEMIDUR S.A. (Procesamiento de propóleos)
TERCEC S.R.L. (productos metálicos p/uso estructural – implementos p/minicargadores)
TRIMADERAS S.R.L. (Impregnación de postes de madera)
TRIMES S.A. (Fabricación de muebles y aberturas de madera)
YPF GAS S.A. (Fraccionamiento y comercialización de GLP)

Accesibilidad

Se cuenta con vías de acceso en buen estado capaces de asegurar el recorrido de camiones recolectores durante todo el año y bajo inclemencias climáticas. En el caso en estudio, el acceso a la localidad de C. del Uruguay, sobre Ruta Nacional Nº 14, la Ruta Provincial Nº 42 y Ruta Provincial Nº 39, proveen un adecuado acceso, con buen estado de conservación durante todo el año.

Imagen 13.2 – Parque Industrial Concepción del Uruguay



Demografía

La ciudad cuenta con una población de 94.033 habitantes. Los hogares en Concepción del Uruguay disponen de servicios de agua potable, cloacas y gas natural, en gran mayoría. Estos indicadores determinan una buena cobertura de los servicios básicos de los hogares.

Por otro lado, la actividad industrial está altamente concentrada en el parque industrial. El conjunto de la actividad económica genera una tasa de actividad y desempleo del 51% y 2% respectivamente, ambos valores mejores a los provinciales.

En el aspecto técnico operativo el municipio no cuenta con separación en origen. El basural municipal denominado “La China”, se encuentra a 10 km del ejido, con una

superficie de 39 hectáreas y la superficie ocupada por RSU es de 5 hectáreas. No se quema basura ni se disponen residuos patológicos. Se disponen 90 ton/día. Próximo a este sitio pasa el arroyo La China, un brazo del Río Uruguay. Además, el municipio de Concepción del Uruguay cuenta con una campaña de concientización sobre el manejo responsable de los residuos domiciliarios, bajo el lema “Juntos por un ambiente limpio”.

En el aspecto social hay separación informal en el basural donde 60 personas trabajan de lunes a viernes de 8 a 14 horas. Esta localidad dispone de dos empresas acopiadora de material reciclable y se encuentra cercana a la localidad de Concordia donde existen 5 empresas más y Gualeguaychú con 6 que desarrollan esta actividad por lo que resulta un factor importantísimo a la hora de ubicar el material reciclado. En el aspecto institucional Concepción del Uruguay posee un área de Coordinación de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y una de recolección de residuos 2 dependientes de la Secretaría de Ambiente Sustentable.

Humedad relativa

La humedad relativa media anual correspondiente a los registros históricos es del 73,92 %, la máxima media mensual es de 97% en el mes de junio y la mínima media mensual es de 41% en el mes de enero (INTA, 2019).

Radiación global

La radiación global promedio anual histórica es de 13,44 MJ.m⁻².día⁻¹, la media mensual más baja está registrada para el mes de junio con 6,4 MJ.m⁻².día⁻¹ y la mayor en el mes diciembre con 20,7 MJ.m⁻².día⁻¹ (INTA, 2019).

Heliofanía efectiva

La heliofanía efectiva, tiempo en que se recibe la luz solar directa, presenta en la ciudad un valor promedio anual histórico de 7,06 horas diarias. Su valor varía con la época del año, se registra una media mensual mínima de 4,6 horas/día en el mes de junio y una media mensual máxima de 9,4 horas/día en febrero (INTA, 2018).

Precipitaciones

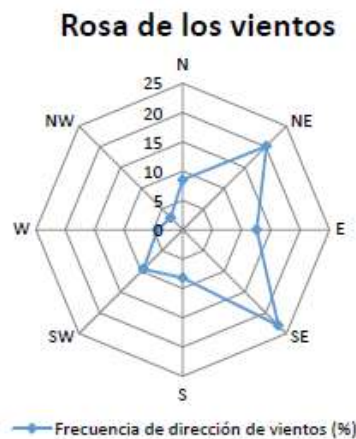
Las precipitaciones en la ciudad registran un promedio anual histórico de 94,97 mm de media, 9,42 mm de mínima y 252,12 mm de máxima. A su vez, muestra el promedio más elevado en el mes de abril con 130,3 mm, la máxima mayor se da en el mes de febrero con 441,5 mm y el menor registro de precipitaciones mínimas en el mes de junio con 0,1 mm (INTA, 2019).

Temperatura

La ciudad presenta un promedio histórico (1981-2010) de temperatura media de 17,8°C, con un promedio de máxima absoluta de 35,8 °C y mínima absoluta de 0,69. A su vez, los meses de enero y diciembre presentan la mayor temperatura máxima absoluta con 40,4 °C y el mes de julio la menor temperatura mínima absoluta de -4,80 °C. El mes de enero registra una máxima media de 31,1 °C y julio una mínima media de 5,9 °C (INTA, 2019).

Vientos

Se estudió, también, la frecuencia de dirección de los vientos. Como se ve en el gráfico siguiente, se puede apreciar que la frecuencia de la dirección es hacia el sudeste. De esta manera, las emisiones gaseosas de la planta se dirigirán hacia este punto cardinal, donde solamente se encuentran terrenos disponibles y no existen viviendas ni industrias.



Matriz de impacto ambiental

De acuerdo con la información provista anteriormente, se adjunta la matriz de impacto ambiental en la figura la matriz queda como se detalla en la figura 13.3.

La matriz de Leopold es un método cualitativo utilizado para realiza la evaluación de impacto. Para cada impacto sobre el ambiente, se le asigna un signo positivo o negativo y una magnitud conforma a la incidencia que tiene sobre el medio. Esta magnitud puede ser baja, media o alta.

En las columnas de la matriz se puede observar que se enlistan los distintos aspectos ambientales de las tres etapas detalladas previamente (construcción, operación y mantenimiento y cierre). Por el lado de las filas, se incluye la información con los factores que tienen un impacto sobre el medio.

Figura 13.3 – Matriz de impacto ambiental

EFFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE			ETAPA DE CONSTRUCCION						ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						ETAPA DE CIERRE										
			ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	MOVIMIENTO DE MATERIALES	USO DE MAQUINARIAS	ESTRUCTURA Y MONTAJE DE EQUIPOS	MANO DE OBRA	EFLUENTES LIQUIDOS	EMISIONES GASEOSAS	RESIDUOS SOLIDOS	ALMACENAMIENTO DE INSUMOS Y MP	TRANSPORTE INTERNO	SECADO	EXTRACCIÓN	DESODORIZACION	ESTERIFICACION	FRACCIONAMIENTO	ENVASADO	LIMPIEZA DE MAQUINARIAS	DESMONTAJE DE EQUIPOS Y ESTRUCTURAS	MOVIMIENTO DE MATERIALES	USO DE MAQUINARIAS	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	MANO DE OBRA	DISPOSICION DE RESIDUOS Y EFLUENTES
ASPECTOS AMBIENTALES	Aire	Calidad del aire																							
		Sonoro																							
		Olfativo																							
	Suelo	Geomorfología																							
		Calidad																							
	Agua	Calidad superficial																							
		Calidad subterránea																							
	Paisaje	Alteración visual																							
	ASPECTOS SOCIALES Y ECONOMICOS	Socio-Cultural	Generación de empleo																						
			Capacitación/Especialización																						
Calidad de vida																									
Económico		Servicios terciarizados																							
	Desarrollo industrial																								
	Ingresos economía local																								

Medidas de mitigación

A continuación, se trabajará sobre los puntos que resultaran más perjudiciales para el ambiente. De esta manera, se adoptarán una serie de medidas para los aspectos medianamente negativos y muy negativos.

En la matriz se pueden apreciar 5 impactos que cumplen con estas características:

- Contaminación sonora por uso de maquinarias en las etapas de construcción y cierre de planta (medianamente negativos)
- Desarrollo industrial medianamente negativo por desmontaje de equipos y estructuras
- Despido del personal por cierre de planta (muy negativo)
- Calidad de vida por cierre de planta (muy negativo)

- Ingresos a la economía local por cierre de planta (muy negativo)

Entonces, para proteger al personal y a las personas que trabajan en la construcción y desmantelamiento de la planta, se entregará, promoverá y exigirá la utilización de elementos de protección personal, tanto para la parte auditiva como para la parte visual y respiratoria (en caso de ser necesario). Se destaca también que se entregarán estos elementos a las empresas vecinas que se vean afectadas por el ruido.

Por otro lado, el despido de personal hará que su calidad de vida se vea afectada. Para mitigar este impacto, se pagarán las indemnizaciones correspondientes y se trabajará junto a empresas locales para lograr, si es posible, la reubicación de los trabajadores. De esta manera, se podrá contener este efecto en cierta medida.

En cuanto al desarrollo industrial y los ingresos a la economía local, se plantea la venta a muy bajos precios de materiales sobrantes. Así, se podrán reutilizar algunos materiales y otros generarán un beneficio para empresas locales al ser vendidos a bajo precio.

Finalmente, se propone también la parquización de alrededores para mitigar el impacto visual de los movimientos de terreno y de la construcción y desmantelamiento. En cuanto a emisiones y efluentes, se debe recordar que el proceso de este proyecto es sumamente limpio al utilizar circuitos cerrados para agua y dióxido de carbono, pero en todos los casos que se generen se contratarán empresas certificadas para su posterior disposición

A pesar de estos puntos negativos, se cuentan con numerosos aspectos positivos tanto para la sociedad como para la economía. Algunos de estos pueden ser:

- la generación de empleo local
- la capacitación de la mano de obra
- el desarrollo industrial por un nuevo emprendimiento en la zona
- el aumento de la actividad económica local, dado que la materia prima se obtendrá mayoritariamente de los molinos cercanos.

Por último, se destaca también que la materia prima es un subproducto de la industria arrocera y que este proyecto no solamente empleará personal de manera directa, sino que también se logrará un aumento de la actividad de las empresas locales que se contrataran como terciarizados

Bibliografía

- Plan Estratégico de Concepción del Uruguay, prediagnóstico socio urbano ambiental, Municipalidad de Concepción del Uruguay
- Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Presidencia de la Nación
- Informe consultora INCOCIV, Área metropolitana CEAMSE Ecología Urbana, Municipio de Concepción del Uruguay
- Agrometeorología Promedios, mínimos y máximos mensuales históricos (1981-2010) INTA - EEA Concepción del Uruguay, Ministerio de Producción y Trabajo, Presidencia de la Nación
- Apuntes de la cátedra Introducción a la Ingeniería Ambiental, UTN – FRA.

CAPITULO 14

Evaluación económica

Introducción

Inversión de capital fijo

Costo del producto

Análisis financiero

Introducción

En el presente capítulo, el último del proyecto, se realizará una evaluación económica para analizar si su realización es factible en función de si este es rentable económicamente o no.

Luego de realizar un estudio integral sobre los diferentes aspectos involucrados (detalles del proceso, ingeniería, servicios y equipos necesarios, etc.) se procederá a definir los costos y gastos en los que la empresa pueda incurrir. Normalmente, los costos están asociados al precio de los equipos, la compra del terreno, insumos, instalaciones, prestamos, entre otros. Con esta información se obtendrá la inversión inicial total a la que luego se le sumaran los costos del producto. Finalmente, se determinará la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN). Estos indicadores financieros nos permitirán conocer de antemano las posibilidades de éxito, la rentabilidad, los beneficios y, en conclusión, la viabilidad del proyecto.

Para el caso de los ingresos, se considerará que no habrá ingresos por ventas durante los primeros 6 meses de vida del proyecto y que, posteriormente, irán aumentando progresivamente los meses subsiguientes. Se plantea una duración de vida del proyecto de 10 años.

Inversión de capital fijo

La inversión de capital fijo estará compuesta por la suma de los costos directos e indirectos. Los costos directos corresponden a los costos adquiridos por la adquisición de los equipos, infraestructura, instalaciones, etc.

Por otra parte, los costos indirectos serán aquellos derivados de ingeniería y supervisión, gastos de construcción, sueldos, etc.

El precio de los equipos fue determinado por reconocidas páginas web, tales como Matche, MercadoLibre y Alibaba. Se considerará un 40% adicional al precio obtenido para equipos importados y un 10% adicional en concepto de traslado para aquellos de fabricación nacional. Finalmente, se aplicarán factores que se obtuvieron del libro "Diseño de plantas químicas y su evaluación económica" de Peters y Timmerhaus. Estos índices hacen referencia a los costos de instalación, de cañerías, etc.

Todos los precios estarán expresados en dólares estadounidenses.

Costos directos

Los costos directos son todos aquellos gastos que corresponderán a las siguientes categorías:

- Equipos
- Instalación de equipos
- Instrumentación
- Cañerías
- Instalación eléctrica
- Edificio
- Acondicionamiento del terreno
- Instalación de servicios

Dado que en el presente proyecto se emplea una extracción y un fraccionamiento con dióxido de carbono supercrítico, los costos de ambos sectores fueron provistos por proveedores chinos, los cuales incluyen no solo el precio de los equipos sino la instalación, supervisión, instrumentación etc. Por este motivo, se hace una diferenciación entre estos dos sectores y el resto de los equipos.

Costo de los equipos

A continuación, se adjuntan los costos de los equipos:

Operación	Cant.	Equipos principales	Precio Final [U\$S]
Secado	1	Secador de lecho vibrofluidizado	\$ 34,628
	1	Calentador de aire	\$ 10,125
Extracción	2	Extractor	\$ 4,492,800
	2	Separador	
	1	Tanque Pulmón de CO ₂	
	1	Intercambiador de calor	
	1	Evaporador	
	1	Condensador	
	1	Bomba de CO ₂	
Desodorización	1	Pre calentador de alimentación	\$ 590
	1	Columna de destilación	\$ 20,959
	1	Condensador de destilado	\$ 2,700
	2	Separador	\$ 12,474
	1	Sistema de vacío	\$ 2,164

Operación	Cant.	Equipos principales	Precio Final [U\$S]
Esterificación	1	Reactor tanque discontinuo	\$ 13,500
	1	Centrifuga tubular	\$ 6,750
Fraccionamiento	1	Pre calentador de alimentación	\$ 1,822,500
	2	Columna de fraccionamiento	
	1	Intercambiador de calor	
	1	Evaporador	
	1	Condensador	
	2	Separador	
	1	Bomba de CO ₂	
	1	Tanque Pulmón de CO ₂	
Envasado	1	Envasadora	\$ 30,375
Equipos Auxiliares	2	Silo de salvado de arroz	\$ 36,450
	1	Silo de salvado de arroz agotado	\$ 36,450
	1	Tanque de aceite de salvado de arroz 8 m ³	\$ 10,328
	5	Tanques de almacenamiento 0,5 m ³ 316	\$ 24,678
	1	Tanque de etanol 5 m ³	\$ 7,155
	1	Tanque de efluentes 8 m ³	\$ 16,200
	1	Tanque de residuo de destilación al vapor 19 m ³	\$ 25,819
	1	Tanque de condensados 19 m ³	\$ 25,819
	1	Tanque de agua caliente 900 m ³	\$ 174,446
	4	Tanque de agua de enfriamiento 800 m ³	\$ 664,556
	1	Tanque de agua de reposición 300 m ³	\$ 59,886
	1	Tanque de agua para sanitarios 30 m ³	\$ 11,000
	3	Tornillo sinfín	\$ 16,800
	1	Báscula	\$ 20,250
	2	Transportador neumático portátil	\$ 14,000
	1	Bomba roots	\$ 4,050
	1	Caldera de agua caliente	\$ 60,750
	3	Depósito de gas	\$ 40,500
	2	Caldera de vapor	\$ 65,347
	12	Bomba centrífuga	\$ 1,980
	1	Sistema de refrigeracion	\$ 33,750
	2	Autoelevadores	\$ 15,974
	1	Sistema de intercambio ionico	\$ 8,505
1	Red de incendios	\$ 150,000	
1	Tanque agua incendios	\$ 14,300	
TOTAL COSTO DE EQUIPOS			\$ 7,988,555

Finalmente, se determinó que el costo total de los equipos para la planta de producción asciende a U\$S 7.988.555.

Costo de instalación, instrumentación y otros costos directos

Para definir el resto de los costos directos (es decir, aquellos que se detallaron anteriormente como instrumentación, cañerías, edificio, etc.), se utilizó la biografía de “Diseño de plantas químicas y su evaluación económica” de Peters y Timmerhaus.

En el capítulo 6, se establece un método de coeficientes para determinar el resto de los costos a partir del costo total de los equipos. Sin embargo, estos coeficientes resultaron bastante holgados, por lo que se decidió utilizar la mitad de los valores mínimos sugeridos para obtener valores más ajustados a la realidad. Además, se diferencié la planta de extracción y fraccionamiento del resto, dado que ciertos costos venían incluidos en el precio del proveedor.

A continuación, se adjunta la tabla correspondiente:

Costos directos - Planta de sólidos	Índices sugeridos	Índice estipulado	Total [U\$S]
Equipos	1	1	\$1,673,255
Instalación	(0.25-0.55) C_{eq}	0.125	\$209,157
Instrumentación	(0.06-0.30) C_{eq}	0.040	\$66,930
Cañerías	(0.10-0.80) C_{eq}	0.050	\$83,663
Instalación eléctrica	(0.10-0.40) C_{eq}	0.050	\$83,663
Edificio	(0.10-0.70) C_{eq}	0.100	\$167,326
Acondicionamiento del terreno	(0.1-0.2) C_{eq}	0.050	\$83,663
Instalación de servicios	(0.3-0.8) C_{eq}	0.015	\$25,099
Costos directos - Planta Supercrítica	Índice	Índice estipulado	Total [U\$S]
Equipos + Instalación + Instrumentación	1	1	\$6,315,300
Cañerías	(0.10-0.80) C_{eq}	0.050	\$315,765
Instalación eléctrica	(0.10-0.40) C_{eq}	0.050	\$315,765
Edificio	(0.10-0.70) C_{eq}	0.100	\$631,530
Acondicionamiento del terreno	(0.1-0.2) C_{eq}	0.050	\$315,765
Instalación de servicios	(0.3-0.8) C_{eq}	0.015	\$94,730

Restaría obtener el precio del terreno, el cual se determinó por el valor del m^2 de los lotes disponibles, entonces:

Terreno	Valor
Superficie [m^2]	\$ 7,500.00
Precio [U\$S/ m^2]	\$ 22.10
TOTAL TERRENO	\$ 165,746

Finalmente, se determinan los costos directos:

COSTOS DIRECTOS	Total (U\$S)
Equipos + Instalación + Instrumentación	\$ 8,264,642
Cañerías	\$ 399,428
Instalación eléctrica	\$ 399,428
Edificio	\$ 798,856
Acondicionamiento del terreno	\$ 399,428
Instalación de servicios	\$ 119,828
Terreno	\$ 165,746
TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 10,547,355

Los costos directos, entonces, ascienden a U\$S 10.547.355.

Costos indirectos

Se definen los costos indirectos como aquellos derivados de los gastos de construcción, sueldos de los contratistas, la ingeniería y supervisión y el valor de dinero establecido para contingencias. Se determinan de la misma manera que los directos, es decir, a partir de coeficientes sugeridos por la bibliografía. Así, los costos indirectos resultan:

Costos indirectos - Planta de sólidos	Índices sugeridos	Índice estipulado	Total (U\$S)
Equipos	1	1	\$1,673,255
Ingeniería y supervisión	$(0.05-0.3) C_{dir}$	$.02 C_{eq}$	\$33,465
Gastos construcción	$(0.06-0.3) C_{dir}$	$0.03 C_{dir}$	\$316,421
Sueldos contratistas	$(0.015-0.06) C_{eq}$	$0.0075 C_{eq}$	\$12,549
Contingencias	$(0.05-0.15) C_{eq}$	$0.025 C_{eq}$	\$41,831
Costos indirectos - Planta Supercrítica	Índice	Índice estipulado	Total (U\$S)
Equipos + Instalación + Instrumentación	1	1	\$6,315,300
Ingeniería y supervisión	$(0.05-0.3) C_{dir}$	$.02 C_{eq}$	\$128,400
Sueldos contratistas	$(0.015-0.06) C_{eq}$	$0.0075 C_{eq}$	\$47,365
Contingencias	$(0.05-0.15) C_{eq}$	$0.025 C_{eq}$	\$157,883

COSTOS INDIRECTOS	Total (U\$S)
Ingeniería y supervisión	\$ 161,865
Gastos construcción	\$ 316,421
Sueldos contratistas	\$ 59,914
Contingencias	\$ 199,714
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 737,914

Finalmente, los costos indirectos suman U\$S 737.914.

Inversión total de capital fijo

De la suma de los costos directos e indirectos determinados previamente, resulta la inversión de capital fijo necesario para la planta de producción, el cual suma un total de U\$S 11.285.269.

CAPITAL FIJO	Total (U\$S)
Costos directos	\$ 10,547,355
Costos indirectos	\$ 737,914
TOTAL	\$ 11,285,269

Costo del producto

Para determinar el costo de fabricación del producto, se dividirán los costos de manufactura de los gastos generales de la planta. A continuación, se hará un detalle de ambos para, posteriormente, calcular el costo total de fabricación.

Costo de manufactura

Corresponde a la suma de los costos fijos y variables. Por una parte, los costos fijos serán:

- Costos directos de producción
- Depreciación del terreno y equipos
- Gastos generales de planta

Por otro lado, los costos variables corresponderán a:

- Costos de materia prima
- Costos directos de producción

Costos directos de producción

Los costos directos de producción están conformados por los sueldos de los empleados (jerárquicos y operativos), el costo de mantenimiento anual de los equipos, los gastos de insumos de planta y los de laboratorio.

A continuación, se adjunta la planilla con los sueldos de los empleados:

Nombre	Cant.	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (U\$S/mes)	Cargas Soc. (U\$S/mes)	Total (U\$S/mes)	Total (U\$S/año)
Director	1	\$ 4,000,000	\$ 17,699	\$ 7,080	\$ 24,779	\$ 322,124
Gerente general	1	\$ 1,500,000	\$ 6,637	\$ 2,655	\$ 9,292	\$ 120,796
Gerente de producción	1	\$ 1,000,000	\$ 4,425	\$ 1,770	\$ 6,195	\$ 80,531
Gerente de contabilidad y finanzas	1	\$ 950,000	\$ 4,204	\$ 1,681	\$ 5,885	\$ 76,504
Gerente de sistema de gestion	1	\$ 900,000	\$ 3,982	\$ 1,593	\$ 5,575	\$ 72,478
Gerente de comercialización	1	\$ 900,000	\$ 3,982	\$ 1,593	\$ 5,575	\$ 72,478
Gerente de recursos humanos	1	\$ 750,000	\$ 3,319	\$ 1,327	\$ 4,646	\$ 60,398
Jefe de comercialización	1	\$ 450,000	\$ 1,991	\$ 796	\$ 2,788	\$ 36,239
Jefe de planta	1	\$ 450,000	\$ 1,991	\$ 796	\$ 2,788	\$ 36,239
Jefe de calidad	1	\$ 450,000	\$ 1,991	\$ 796	\$ 2,788	\$ 36,239
Jefe de investigacion y desarrollo	1	\$ 450,000	\$ 1,991	\$ 796	\$ 2,788	\$ 36,239
Jefe de cadena de suministro	1	\$ 450,000	\$ 1,991	\$ 796	\$ 2,788	\$ 36,239
Jefe de recursos humanos	1	\$ 400,000	\$ 1,770	\$ 708	\$ 2,478	\$ 32,212
Ingeniero de producto	1	\$ 300,000	\$ 1,327	\$ 531	\$ 1,858	\$ 24,159
Analista de comercio exterior	1	\$ 300,000	\$ 1,327	\$ 531	\$ 1,858	\$ 24,159
Analista planificación y control	1	\$ 300,000	\$ 1,327	\$ 531	\$ 1,858	\$ 24,159
Analista de seguridad e higiene	1	\$ 300,000	\$ 1,327	\$ 531	\$ 1,858	\$ 24,159
Contabilidad	1	\$ 270,000	\$ 1,195	\$ 478	\$ 1,673	\$ 21,743
Representante técnico comercial	2	\$ 250,000	\$ 1,106	\$ 442	\$ 3,097	\$ 40,265
Analista de Recursos Humanos	1	\$ 250,000	\$ 1,106	\$ 442	\$ 1,549	\$ 20,133
Supervisores	5	\$ 250,000	\$ 1,106	\$ 442	\$ 7,743	\$ 100,664
Compras	1	\$ 250,000	\$ 1,106	\$ 442	\$ 1,549	\$ 20,133
Técnico analista	3	\$ 250,000	\$ 1,106	\$ 442	\$ 4,646	\$ 60,398
Administrativo	2	\$ 200,000	\$ 885	\$ 354	\$ 2,478	\$ 32,212
Recepcionista	1	\$ 190,000	\$ 841	\$ 336	\$ 1,177	\$ 15,301
Operarios	40	\$ 175,000	\$ 774	\$ 310	\$ 43,363	\$ 563,717
Portero	3	\$ 165,000	\$ 730	\$ 292	\$ 3,066	\$ 39,863
Maestranza	3	\$ 165,000	\$ 730	\$ 292	\$ 3,066	\$ 39,863
Total						\$ 2,069,646

Los sueldos suman U\$S 2.069.646 por año, considerando un 40% de cargas sociales y 13 sueldos mensuales (12 sueldos + el sueldo anual complementario). Los sueldos para los empleados con cargos jerárquicos suman U\$S 1.405.265 mientras que para los cargos operativos U\$S 664.381. Es importante esta distinción, dado que varios costos saldrán de la multiplicación de unos u otros por factores estipulados por la bibliografía.

Los costos directos totales del producto, entonces, resultan en U\$S 2.329.207. Se adjunta la tabla a continuación:

Costos directos de producción	Importe
Cargos operativos	\$ 664,381
Cargos jerárquicos	\$ 1,405,265
Mantenimiento (2% cap. fijo)	\$ 225,705
Insumos (10% del manten.)	\$ 22,571
Laboratorio (5% mantenim.)	\$ 11,285
Total (U\$S/año)	\$ 2,329,207

Costos por depreciación de equipos e inmuebles

Se determinará el costo de depreciación de los equipos e inmuebles. Se considera que los equipos se deprecian un 10% por año (período de 10 años), mientras que el terreno e inmuebles se deprecian a un 5% anual, completando la depreciación en 20 años. Por último, se tiene en cuenta un seguro para la planta de producción.

De esta manera, el costo total por depreciación y seguro de planta resulta en U\$S 918.891. Se adjunta la tabla:

Costos de depreciación y seguro	Importe
Equipos	\$8,055,486
Depreciación 10% [U\$S/año]	\$ 805,549
Inmuebles	\$1,364,029
Depreciación 5% [U\$S/año]	\$ 68,201
Seguros (0.4% del capital fijo)	\$ 45,141
TOTAL DEPRECIACION [U\$S/año]	\$ 918,891

Gastos generales de planta

Los gastos generales de planta se determinan como el 25% de los gastos de sueldos operativos y del mantenimiento de equipos, por lo tanto:

Gastos de planta	Importe
25% de los cargos operativos y mantenimiento	\$ 222,521
Total (U\$S/año)	\$ 222,521

Costos de materia prima y reactivos

En función de las cantidades determinadas en capítulos anteriores, se establecieron los precios para materias primas y reactivos utilizados durante el proceso de producción. Se considera un 5% extra por el costo del flete. Así, los costos anuales de materia prima y reactivos suman U\$S 3.010.880 por año.

Materia Prima y Reactivos	Precio [U\$S/ton]	Cantidad [ton/año]	Costo sin flete [U\$S/año]	Costo Final [U\$S/año]
Salvado de arroz	\$ 103.0	17,940.0	\$ 1,847,820	\$ 1,940,211
CO ₂ Inicial	\$ 625.0	44.1	\$ 27,563	\$ 2,894
CO ₂ Reposición	\$ 625.0	1,560.6	\$ 975,351	\$ 1,024,119
Etanol	\$ 300.0	136.5	\$ 40,959	\$ 43,007
Acido sulfúrico	\$ 450.0	1.4	\$ 618	\$ 649
TOTAL COSTOS DE MATERIAS PRIMAS [U\$S/AÑO]				\$ 3,010,880

Costos de servicios

Nuevamente, el costo de los servicios se calcula en función de los cálculos realizados previamente de consumo de agua, luz y gas. Estos dependen de los requerimientos de la planta y de los equipos seleccionados. Así, el costo anual de servicios da un valor de U\$S 411.669 anual.

Costos de servicios	Precio [pesos]	Consumo anual	Total [pesos]	Total [U\$S]
Electricidad [kW-año]	\$ 24.93	4,761,120	\$ 118,694,722	\$ 370,921
Gas Natural [m ³ /año]	\$ 12.32	804,947	\$ 9,915,658	\$ 30,986
Agua [m ³ /año]	\$ 32.73	47,721	\$ 3,123,817	\$ 9,762
TOTAL COSTOS DE SERVICIOS [U\$S/año]				\$ 411,669

Costo total de manufactura

El costo total de manufactura resultará de la suma de todos los ítems anteriormente descriptos. El costo de manufactura anual será de U\$S 5.589.964.

Costo de Manufactura	Importe
Costos MP (Variable)	\$ 3,010,880
Costos directos de producción	\$ 2,329,207
Depreciacion	\$ 918,891
Costo de servicios (Variable)	\$ 411,669
Gastos de planta	\$ 222,521
Total (U\$S/año)	\$ 6,893,169

Separando los costos fijos y variables, se obtiene:

	Total (U\$S/año)
Costo Variable	\$ 3,422,549
Costo Fijo	\$ 3,470,620

Costo de gastos generales

Los gastos generales serán aquellos relacionados a los gastos administrativos, de distribución y de investigación. De esta manera, el costo por gastos generales es de U\$S 130.841 anual.

Gastos Generales	Importe
Administrativos (10% cargos operativos)	\$ 66,438
Distribución (10% cargos jerárquicos)	\$ 140,527
Investigacion (10% cargos jerárquicos)	\$ 140,527
Total (U\$S/año)	\$ 347,491

Costo total de fabricación

La suma de los costos de manufactura y los gastos generales resultan en el costo total del producto, entonces:

Costo total del producto	IMPORTE
Costo de Manufactura	\$ 6,893,169
Gastos Generales	\$ 347,491
TOTAL COSTO DE FABRICACION	\$ 7,240,660

El costo total de fabricación da un total de U\$S 5.720.805 anual.

Análisis financiero

Con los costos calculados previamente se realizará un análisis financiero para poder determinar, finalmente, si la realización del proyecto es viable o no. Se define la duración del proyecto en 10 años.

En principio se determina la inversión inicial. Posteriormente se estableció que el proyecto se financiará un 50% con capital propio y el resto con un crédito del BID, el cual se devolverá en 10 cuotas (1 cuota por año), con una tasa de interés del 8% anual y un sistema de amortización francés. Entonces:

Inversion Inicial	Importe
Capital fijo	\$ 11,285,269
Costos de fabricación	\$ 7,240,660
Total	\$ 18,525,929
50% capital propio	\$ 9,262,965
Crédito	\$ 9,262,965

Crédito	\$ 9,262,965
Tasa interes BID	8%
Sistema	Frances
Pago	Anual
Numero de cuotas	10

La inversión inicial será de U\$S 17.006.074, de los cuales U\$S 8.503.037 serán financiados. Analizando el crédito solicitado, se puede observar como el valor de la cuota se mantiene constante mientras se modifica el valor de los componentes. Cuando

el interés va disminuyendo al transcurrir las cuotas el componente amortización de capital va aumentando.

Año	Cuota	Interes	Capital	Pago anual	Saldo
2023	-	-	-	-	\$ 9,262,965
2024	1	\$ 741,037	\$ 639,418	\$1,380,455	\$ 8,623,547
2025	2	\$ 689,884	\$ 690,571	\$1,380,455	\$ 7,932,976
2026	3	\$ 634,638	\$ 745,817	\$1,380,455	\$ 7,187,159
2027	4	\$ 574,973	\$ 805,482	\$1,380,455	\$ 6,381,677
2028	5	\$ 510,534	\$ 869,921	\$1,380,455	\$ 5,511,756
2029	6	\$ 440,940	\$ 939,514	\$1,380,455	\$ 4,572,242
2030	7	\$ 365,779	\$ 1,014,676	\$1,380,455	\$ 3,557,566
2031	8	\$ 284,605	\$ 1,095,850	\$1,380,455	\$ 2,461,717
2032	9	\$ 196,937	\$ 1,183,518	\$1,380,455	\$ 1,278,199
2033	10	\$ 102,256	\$ 1,278,199	\$1,380,455	\$ 0

Posteriormente se determinan los precios de venta de los productos y subproductos del proyecto. Como se definió anteriormente, el precio de la vitamina E será de 40 U\$S/kg y los subproductos se venden a precios levemente menores que los de mercado. Además, se hará un ajuste de precios por año del 6%, para contemplar periodos inflacionarios y aumentos en los costos variables.

A continuación, se adjunta una tabla donde se pueden ver los ingresos por ventas suponiendo que se vende el 100% de lo producido anualmente:

Ajuste anual	Concepto	Precio U\$S/kg	Cantidad anual (kg)	2023	2024	2025	2026	2027
6%	Vitamina E	\$ 40.00	71,448	\$ 2,857,920	\$ 3,029,395	\$ 3,211,159	\$ 3,403,828	\$ 3,608,058
	Aceite Desodorizado	\$ 1.00	3,884,587	\$ 3,884,587	\$ 4,117,662	\$ 4,364,722	\$ 4,626,606	\$ 4,904,202
	Concentrado de AG	\$ 0.70	46,176	\$ 32,323	\$ 34,263	\$ 36,318	\$ 38,497	\$ 40,807
	Salvado Desgrasado	\$ 0.09	12,109,469	\$ 1,089,852	\$ 1,155,243	\$ 1,224,558	\$ 1,298,031	\$ 1,375,913
Total				\$ 7,864,683	\$ 8,336,564	\$ 8,836,757	\$ 9,366,963	\$ 9,928,981
Ajuste anual	Concepto	Precio U\$S/kg	Cantidad anual (kg)	2028	2029	2030	2031	2032
6%	Vitamina E	\$ 40.00	71,448	\$ 3,824,542	\$ 4,054,014	\$ 4,297,255	\$ 4,555,090	\$ 4,828,396
	Aceite Desodorizado	\$ 1.00	3,884,587	\$ 5,198,454	\$ 5,510,361	\$ 5,840,983	\$ 6,191,442	\$ 6,562,928
	Concentrado de AG	\$ 0.70	46,176	\$ 43,256	\$ 45,851	\$ 48,602	\$ 51,518	\$ 54,609
	Salvado Desgrasado	\$ 0.09	12,109,469	\$ 1,458,468	\$ 1,545,976	\$ 1,638,735	\$ 1,737,059	\$ 1,841,282
Total				\$10,524,719	\$11,156,203	\$11,825,575	\$12,535,109	\$13,287,216

Finalmente se realiza el flujo de fondos. Un flujo de fondos es un análisis financiero que proporciona datos agregados sobre todas las entradas de efectivo que una empresa recibe de sus operaciones en curso y fuentes de inversión externas. También incluye todas las salidas de efectivo que pagan por actividades comerciales e inversiones durante un período determinado. Los estados financieros de una empresa ofrecen a los

inversores y analistas un retrato de todas las transacciones que pasan por el negocio, donde cada transacción contribuye a su éxito. Se cree que el flujo de fondos es el más intuitivo de todos los estados financieros porque sigue el efectivo realizado por la empresa de tres maneras principales: a través de operaciones, inversión y financiamiento. La suma de estos tres segmentos se denomina flujo de caja neto. A continuación se adjunta el flujo de fondos de la compañía:

Año	Producción Vendida	Ingresos por ventas	Costos Fijos	Costos Variables	Depreciación	Intereses crédito	Utilidad Operativa	Cuota Préstamo	Imp. Ganancias	Flujo de Fondos
2023	55%	\$ 4,325,575	\$2,748,477	\$3,422,549	\$ 918,891	\$ 706,625	\$ (3,470,968)	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (4,787,318)
2024	60%	\$ 5,001,938	\$2,817,189	\$3,508,113	\$ 918,891	\$ 657,847	\$ (2,900,103)	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (4,216,453)
2025	65%	\$ 5,743,892	\$2,887,619	\$3,595,815	\$ 918,891	\$ 605,167	\$ (2,263,601)	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (3,579,951)
2026	70%	\$ 6,556,874	\$2,959,810	\$3,685,711	\$ 918,891	\$ 548,273	\$ (1,555,810)	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (2,872,161)
2027	75%	\$ 7,446,735	\$3,033,805	\$3,777,854	\$ 918,891	\$ 486,826	\$ (770,641)	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (2,086,991)
2028	80%	\$ 8,419,776	\$3,109,650	\$3,872,300	\$ 918,891	\$ 420,464	\$ 98,470	\$ 1,316,350	\$ -	\$ (1,217,880)
2029	85%	\$ 9,482,772	\$3,187,391	\$3,969,107	\$ 918,891	\$ 348,794	\$ 1,058,589	\$ 1,316,350	\$ 370,506	\$ (628,268)
2030	90%	\$ 10,643,017	\$3,267,076	\$4,068,335	\$ 918,891	\$ 271,389	\$ 2,117,326	\$ 1,316,350	\$ 741,064	\$ 59,911
2031	95%	\$ 11,908,354	\$3,348,753	\$4,170,044	\$ 918,891	\$ 187,792	\$ 3,282,874	\$ 1,316,350	\$1,149,006	\$ 817,518
2032	100%	\$ 13,287,216	\$3,432,472	\$4,274,295	\$ 918,891	\$ 97,507	\$ 4,564,051	\$ 1,316,350	\$1,597,418	\$ 1,650,283

Se considero que el primer año se vende el 55% de la producción y que luego irá aumentando un 5% por año hasta llegar al 100% de ventas. En las columnas se pueden apreciar los costos calculados previamente (fijos y variables), los ingresos por ventas, los intereses derivados del crédito solicitado y los impuestos en caso de percibir ganancias.

Finalmente, con la información obtenida del flujo de fondos se calcula el VAN (valor actual neto) el cual es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. El VAN puede tomar valor negativo, positivo, o ser igual a cero. Entonces:

- Si el VAN > 0 → El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- VAN = 0 → El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- VAN < 0 → El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

La fórmula de cálculo del VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

- F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

- I_0 es la inversión realizada en el momento inicial ($t = 0$)
- n es el número de periodos de tiempo
- k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

A partir de esta información, se calcula el VAN para el proyecto de producción industrial de Vitamina E a partir de salvado de arroz:

VAN	\$ (19,637,563)
------------	------------------------

Dado que el VAN resulta negativo, el proyecto generará pérdidas por lo que se desestima su realización. En cuanto a la tasa interna de retorno (TIR), se omite el cálculo dado que el VAN es negativo.

Bibliografía

- Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, Ronald E. West
- Precios: Alibaba.com
- Precios: matche.com
- Tasa de interés y cargos financieros históricos, BID, finanzas
- Cuadros tarifarios, ENERSA, Agua y Gas Provincia de Entre Ríos

CAPITULO 15

Conclusiones

Conclusiones

Dado que el VAN es negativo, no se logra recuperar la inversión inicial, por lo que el proyecto no resulta viable económicamente. Las principales causas de la inviabilidad de este proyecto son:

- La necesidad de utilizar grandes cantidades de materia prima: En consecuencia, la escala de la planta supercrítica será considerable, aumentando los costos de inversión inicial.
- Las bajas cantidades de Vitamina E producida, que además posee un precio moderado en el mercado
- Los bajos precios de los subproductos, que se generan en grandes cantidades.

Así, el estudio realizado permite evitar realizar una alta inversión que no se logra recuperar. Como alternativa, se podría hacer un estudio con otra materia prima que logre recuperar grandes cantidades de producto y que tenga un precio mucho mayor en el mercado. De esta manera, la rentabilidad podría ser mayor.

Como aspectos positivos del proyecto, se destaca la obtención de un producto con CO₂ supercrítico, dado que es un proceso amigable con el medio ambiente, no produce grandes cantidades de efluentes y no requiere altas cantidades de recursos, dado que la mayoría de los servicios utilizados se manejan en circuitos cerrados.

Finalmente, bajo las condiciones propuestas, no se recomienda un estudio en detalle para la instalación de una planta de extracción de vitamina E mediante CO₂ supercrítico.

ANEXOS

EPC-ES & HRV CALDERA DE FLUIDO TÉRMICO

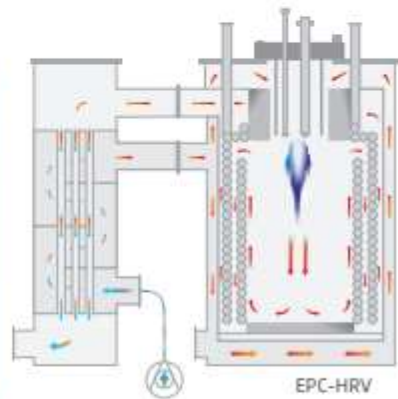
SOLUCIONES FLEXIBLES

- La gama del modelo de caldera Babcock Wanson EPC-ES & HRV ha sido diseñada para operar en una amplia gama de industrias con gran variedad de soluciones de fluido térmico en circuitos presurizados o atmosféricos.
- Uso de todo tipo de combustibles gaseosos o líquidos.
- La elección de Babcock Wanson asegura cumplir con los requerimientos de su proceso.



AMPLIA GAMA DE EQUIPOS AUXILIARES

- Bombas de fluido térmico.
- Desgasificador y tanque de almacenamiento.
- Desgasificador y tanque de expansión combinado.
- Válvulas y auxiliares.
- Circuitos Secundarios y controles de temperatura de los usuarios.
- Servicio completo, instalaciones llave en mano.
- Servicio Post-Venta completo



EPC- ES & HRV	modelo	1000 ES	1500 ES	2000 ES	2500 ES	3000 ES	4000 HRV	5000 HRV	6000 HRV
Producción	Kcal/h*1000	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
	kW	1163	1745	2326	2908	3489	4652	5815	6978
Anchura A	mm	1595	1780	2130	2630	2695	2600	3025	3500
Longitud B	mm	2790	3185	3650	4325	4630	6200	6250	6500
Altura C	mm	2730	3455	3480	3515	4265	5250	5900	6400



[Buscar Artículos Similares](#)

Modelo Zlg de lecho fluido vibrante industrial de harina de maíz de grano de pelo Secador de Lecho Fluidizado Precio

Precio FOB de Referencia: **US\$ 28.500,00 / Set**
Pedido Mínimo: 1 Set

Puerto: Shanghai, China

Capacidad de Producción: 30 Sets/Month

Condiciones de Pago: L/C, T/T

[Contacta Ahora](#)

[Dejar un mensaje](#)

[Home](#) / [Industrial Machinery](#) / [Chemical Machinery](#) / [Extractor](#)



[View larger image](#)



[Add to Compare](#) [Share](#)

Large Scale Supercritical CO2 Extraction Machine / CO2 oil Extractor

FOB Reference Price: [Get latest price](#)

\$510,000.00 - \$600,000.00 / set | 1 set/sets (Min. order)

Benefits: Quick refunds on orders under US \$1,000

[Claim now >](#)

Quantity: sets



SS316 Screw Conveyor with Best Price High Quality

Reference FOB Price ⓘ

[Get Latest Price >](#)

US \$2,000.00-30,000.00 / Piece | 1 Piece (Min. Order)

Structure:	Helical Blades
Material:	Carbon Steel
Material Feature:	Oil Resistant, Heat Resistant, Fire Resistant
Application:	Chemical Industry, Grain Transport, Mining Transport, Power Plant, Sludge
Condition:	New
Transport Package:	Wooden Box

♥ Favorites | 🔄 Share [f](#) [t](#) [p](#) [in](#) [es](#)

Customization: Available [📄 Customized Request](#)



[Inicio](#) [La Empresa](#) [Productos](#) [Sectores de Actividad](#)

Sistemas de Vacío con Eyectores

Un sistema de vacío típico consiste en una o más etapas de eyectores unidos por medio de condensadores donde se produce la condensación de los vapores procedentes de la etapa anterior.





[Find Similar Items](#)

Industrial Water Cooling System Screw Air Cooled Chiller 50 Ton Chilled Water Unit Price

Purchase Qty.: (Pieces)	1-2	3-4	5+
FOB Unit Price:	US\$24,000.00	US\$22,000.00	US\$20,000.00

Port: Qingdao, China
 Production Capacity: 300pieces/Mouth
 Payment Terms: L/C, T/T, D/P, Western Union, Paypal, Money Gram

[Contact Now](#) [Leave a message](#) [Inquiry Basket](#)

Volver al listado: [Inmuebles](#) > [Depósitos y Galpones](#) > [Venta](#) > [Entre Ríos](#) > [Federación](#) > [Chajari](#)

[Compartir](#)



Depósito y galpón en Venta

Galpon Oficinas En Parque Industrial Chajari Entre Rios

Publicado hace 4 meses
 Particular con identidad verificada

\$ 400.000

21500 m² totales

4 privados

5 baños

[Contactar](#) [WhatsApp](#)

¿Tuviste un problema con la publicación? [Avisanos.](#)

Ubicación

Chajari, Entre Rios, Argentina, Chajari, Federación, Entre Rios

Información del particular

Guillermo

[Ver teléfono](#)

Home / All Industries / Material Handling / Transporting / Conveyors



View larger image



Add to Compare Share

Good Quality High Efficiency Transporting Materials Industry Pallet Conveyor System

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$5,000.00 - \$10,000.00 / set | 1 set/sets (Min. order)

Type

Load Capacity

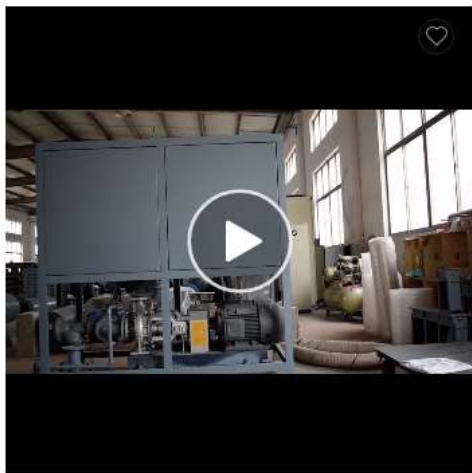
Model Number

Lead time: ⓘ

Quantity (sets)	1 - 1	> 1
Lead time (days)	7	To be negotiated

Shipping:

Home / All Industries / Industrial Machinery / Refrigeration & Heat Exchange Equipment / Heating Equipment



View larger image



Add to Compare Share

130kw 1000kw Electric Thermal Thermic Fluid Oil Boiler Heater

>= 1 sets
\$51,000.00

Benefits: 3-day coupon giveaway: up to US \$80 off [Claim now >](#)

Model Number

Power

Samples: LYYL-1000 , 5KW - 1000KW
\$5,100.00/set | Min. order : 1 set | [Get samples](#)

Lead time: ⓘ

Quantity (sets)	1 - 2	> 2
Lead time (days)	15	To be negotiated

Customization: Customized packaging (Min. order 1 set)
Wattage (Min. order 1 set)

Protection: Trade Assurance Protects your Alibaba.com orders

- On-time Dispatch Guarantee
- Refund Policy



Nuevo

Caldera Vapor Vulcano Nueva 500 Kgs./hora.



\$ 9.600.000

Duplica puntos: sumás 98991 137142 Mercado Puntos

Ver los medios de pago

Envío gratis a todo el país

Dorrego, Guaymallén, Mendoza

Ver costos de envío

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad (7 disponibles)

Comprar ahora



Compralo, subi de nivel y ahorraré 10% en tus envíos

Es tu próximo beneficio de



Nuevo

Bomba Centrifuga Moto-rarg Bc 50

\$ 30.889

en 6x \$ 7.637³¹

Ver los medios de pago

Llega gratis mañana con Mercado Envíos

Solo en CABA y zonas de GBA

Compralo dentro de los próximos 55 min

Ver más formas de entrega

Color: Azul

Fase Eléctrica: Monofásica

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad (3 disponibles)

80000 GALLON GALVANIZED STEEL WATER TANK

The protection water tank, rain harvesting water tank, stormwater management tank, potable water tank



Images may be inaccurate. See specs table below to ensure accuracy.

Quick Summary	
PART#	MPN: 3603-WT-CHR Store ID: X0976816
DIMENSIONS	36" Diameter x 20' 0" Height
LIQUID ACCESS	Customized to Project Needs
WEIGHT / SHIP CLASS	lbs. / Ship Class No.
SHIPS FROM	TX
DRAWING	Corgal 3603 Drawing Corgal 3603 Specifications



Installation not included in price.
Base price may vary depending on requirements and location.

~~\$55,649.99~~ **\$49,289.99**

11% Off MSRP Guaranteed for 9 hours only

Qty: 1 **ADD TO CART**

PayPal Pay monthly for purchases of \$199-\$10,000. [Learn more](#)

GET A QUOTE

100000 GALLON GALVANIZED STEEL WATER TANK

The protection water tank, rain harvesting water tank, stormwater management tank, potable water tank



Images may be inaccurate. See specs table below to ensure accuracy.

Quick Summary	
PART#	MPN: 4203-WT-CHR Store ID: X1714309
DIMENSIONS	42" Diameter x 23' 1" Height
LIQUID ACCESS	Customized to Project Needs
WEIGHT / SHIP CLASS	lbs. / Ship Class No.
SHIPS FROM	TX
DRAWING	Corgal 4203 Drawing Corgal 4203 Specifications



Installation not included in price.
Base price may vary depending on requirements and location.

~~\$76,319.99~~ **\$68,369.99**

10% Off MSRP Guaranteed for 9 hours only

Qty: 1 **ADD TO CART**

PayPal Pay monthly for purchases of \$199-\$10,000. [Learn more](#)

GET A QUOTE



Preure Veel 20M3 Liquid **Co2** Vacuum Tank
Horizontal Cryogenic S Carbon Dioxide...

\$10,000.00 / set

1 set (Min. order)

 **CN** Henan Yuji Boiler Vessel Co., Ltd.

2YRS

5.0 ★ (7) | "Professional supplier"

Contact supplier



lastic Tank Manufacturers => TMT



1000 Gallon Stainless Steel Water Tank

SKU: TM-MT1000S-WS

\$5,857⁰⁰

Part Number: TM-MT1000S-WS

Capacity: 1000 Gallons

Dimensions: 60"D x 84"H

Ships From: Dripping Springs,
TX

Technical Drawings

 [View Technical Drawing](#)

- 1 +

 Add To Cart



3512022435

\$ 2.200.000
2013

Autoelevador Darc Diesel 2.5 Ton

Córdoba - Córdoba



Stainless Steel Vegetable Oil Tank 5000 Liter Olive Oil Tank For Indoor

>= 1 sets
\$5,300.00

Benefits: Quick refunds on orders under US \$1,000 [Claim now >](#)

Model Number

Lead time ⓘ

Quantity (sets)	1 - 10	> 10
Lead time (days)	40	To be negotiated

Shipping: Ocean freight

Protection: Trade Assurance Protects your Alibaba.com orders

Refund Policy

View larger image



Add to Compare Share



500L 1000L 2000L 3000L 5000L Stainless Steel conic ferment tank beer equipment brewery

\$3,000.00

1 set (MOQ)

6 yrs CN Supplier >

★ 3.8 (1) : "good customer service"

Contact supplier

Chat Now!

Compare

1/6

HEM



800l Fermentation Tanks 300l 500l 800l 1000L Stainless Steel Fermentation Tank Beer Brewery Micro...

€

\$5,000.00

1 set (Min. order)

Verified 5 yrs CN Supplier >

★ 5.0 (5) : "Fast shipping"

Contact supplier

Chat Now!

Compare

1/6



Good Quality High Pressure **Roots** Wlw Vertical Oil-Free Reciprocating Vacuum

\$2,700.00

1 piece (MOQ)

1 yrs CN Supplier >

Home > All Industries > Industrial Machinery > Chemical & Pharmaceutical Machinery > Chemical Machinery & Equipment > Chemical Storage Equipment



ZT Factory 500 Liter Water/Liquid Storage Tank Stainless Steel 304/316 L Sealed Aseptic Storage Tank

≥ 1 units
\$3,000.00

Benefits: 3-day coupon giveaway up to US \$80 off [Claim now](#) >

Model Number

Samples: ZT
\$3,000.00/unit Min. order: 1 unit [Get samples](#)

Lead time	Quantity (units)	1 - 1	> 1
	Lead time (days)	15	To be negotiated

Customization: Customized logo (Min. order: 1 unit)
Customized packaging (Min. order: 1 unit)
[More >](#)



[Add to Compare](#) [Share](#)

For product pricing, customization, or other inquiries

[Contact supplier](#)

[Call us](#)

[Chat now](#)

Verified supplier

[Yanzhuan Zhenrong Machinery Co., Ltd.](#)

Production location

🇨🇳 CN 🇻🇳 VN

[Registered trademarks \(1\)](#)

Trade rating On-time delivery rate

3.0/5

100.0%

Response time

≤4h

Transactions

\$100,000+

Floor space

8432m²

Main markets

Southern Europe...



10m3 Vertical **Horizontal** Cryogenic Storage Tank Vertical Liquid CO2 Tank

\$21,700.00-\$21,800.00/ set

1 set (Min. order)

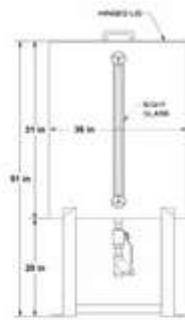
🇨🇳 CN [Xinxiang Chengde Energy...](#)

9YRS **Verified**

5.0 ★ (2) | "Fast shipment"

[Contact supplier](#)





610

100 Gallon 10 GA 304 Stainless Steel Tank
& Stand



Add to compare

\$3,656.00 ~~\$4,570.00~~



**Secador de lecho de líquido Vibrador
continuo serie Zlg máquina de secado
Farmacéutica Máquina**

Precio FOB de
Referencia

[Conseguir Precio Último](#)
>

US\$ 28.500,00 / Set

1 Set (Pedido Mínimo)



Bomba Vacío Anillo Líquido 400 Litros Rotor Bronce / Inox
\$ 250.000

Technical Dimension Data

Design pressure	3.5MPa/50Psi
Testing pressure	4.5MPa/65Psi
Design temperature	-196-200°C
Maximum flow	18m³/h
Quantity of mass plates	150
Pipe Size	1"1/4"
Channel	H.M.L
Distributor	Q

Model	Number	Size	Flow	Weight (kg)	Volume(m³)		Heat exchange area(m²)
		Apex	Apex		F1/2	F3/4	
79C252	8	11x2.4m	9x2.4m	1.8x0.25m	0.594*10m³	0.594*10m³-2)	121.057

Intercambiador De Calor A Placas Evap 61/4/cond 8 (hb125x56)

\$ 163.459 en 12x \$ 27.785.47

Llega gratis entre el jueves y el miércoles 23 de noviembre

Devolución gratis

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad

Comprar ahora

Agregar al carrito

Publicaciones del vendedor

Exchanger Type:

Area should be between 50 and 300 ft²

Area : ft²

Material:

Internal Pressure:

Cost 2014 US \$: **8400**

F.O.B. Gulf Coast U.S.A.

COLUNA DE DESTILAÇÃO EM INOX



Visualizações: 1103 (Cód. 299345)

Tipo: Usado
 Santo Antônio da Patrulha/RS

R\$ 98.000,00

Unidade

Fale com o anunciante

Seu nome

Seu e-mail

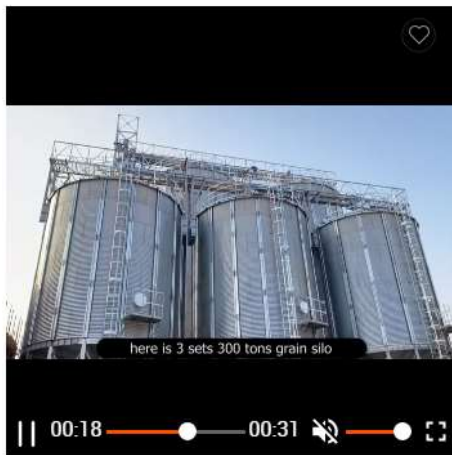
Seu telefone

Seu CEP

Olá, gostaria de mais informações sobre o produto.

Compartilhar Mais opções do vendedor Indicar amigo Denunciar

Home / All Industries / Industrial Machinery / Agricultural Machinery & Equipment / Silos



500/1000/5000 Tons Cereal Steel Farm Used Grain Silos for Rice Corn Seed Paddy Storage Maize Silo Supplier Manufacturers Sale

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$18,000.00 - \$23,500.00 / set | 1 set/sets (Min. order)

5% DE DESCUENTO Valor del producto mayor que \$10,000.00, limitad... [Get Coupon](#)

Benefits: 3-day coupon giveaway: up to US \$80 off [Claim now](#) >

Capacity

Model Number

Samples: 692m3, TCZ07313
\$30,000.00/set | Min. order : 1 set | [Get samples](#)

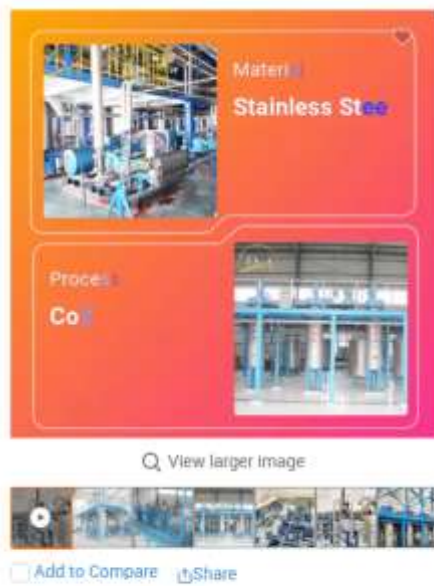
Lead time: ⓘ

Quantity (sets)	1 - 1	2 - 5	> 5
Lead time (days)	25	65	To be negotiated

Customization: Customized logo (Min. order 1 set)
 Customized packaging (Min. order 1 set)

[View larger image](#)

Add to Compare Share



500L Professional Supercritical Co2 Fluid Extraction Device For Oil Extraction

€ View More

FDB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$34,000.00 - \$75,000.00 / set | 1 set/sets (Min. order)

Benefits: 3-day coupon giveaway: up to US \$80 off [Claim now >](#)

Quantity: + sets

Samples: **\$364,510.00/set** Min. order : 1 set [Get samples](#)

Customization: Customized logo (Min. order 10 sets)
Customized packaging (Min. order 10 sets)
More >

Shipping: Ocean freight

Protection: Trade Assurance Protects your Alibaba.com orders:

- On-time Dispatch Guarantee
- Refund Policy



Automatic Bottling Plant / Can Oil / Olive Oil / Cooking Oil / Essential Oil Liquid Filling and Capping Machine Packing Packaging Machinery for Filling Line

Reference FOB Price

[Get Latest Price >](#)

US \$5,000.00-45,000.00 / Set | 1 Set (Min. Order)

After-sales Service: 24 Hour Online

Warranty: 2-3 Years

Type: Piston Filling Machine

Automatic Grade: Fully Automatic

Material Type: Liquid

Filling Valve Head: Multi-Head

Customization: Available: [Customized Request](#)



Favorites Share

Terrano en venta en S/C, Concepcion Del Uruguay, Entre Rios, Argentina. **USD 20.000** [Editar](#)



Terrano en venta en S/C, Concepcion Del Uruguay, Entre Rios, Argentina. USD 20.000

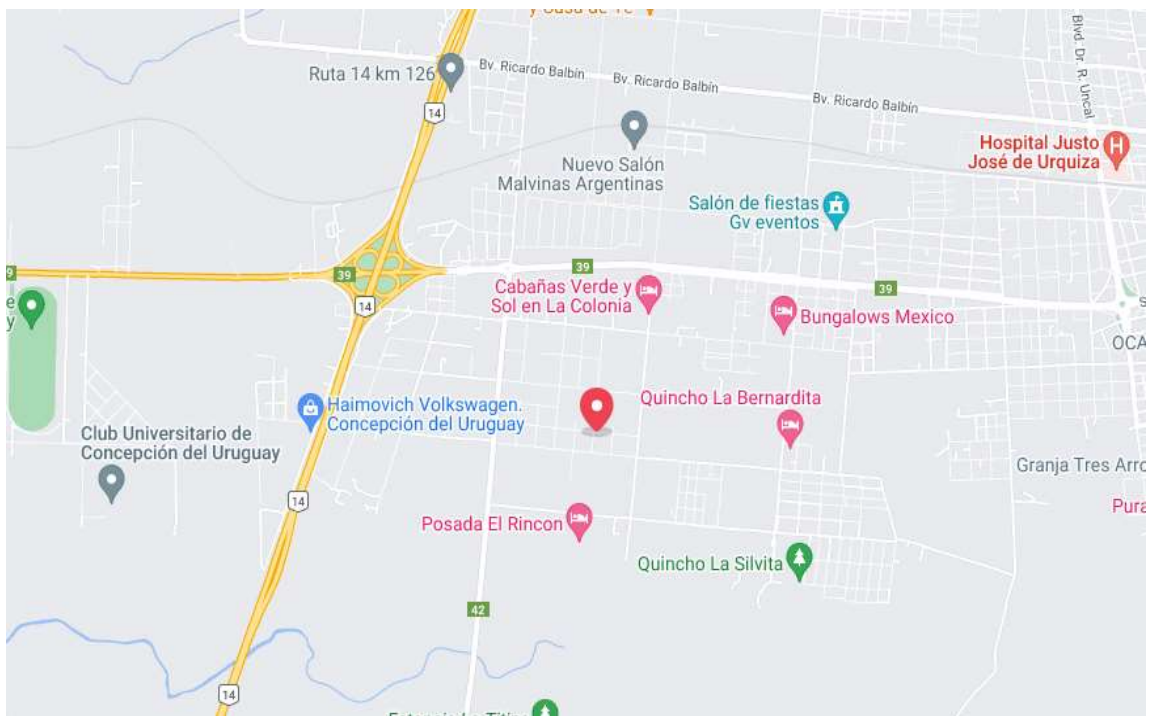
 **Arribeño**

VENDO TERRENO EN LOTE. EL REMANSO
MEDIDAS 1155 X 55,27 + 909M2. Aviso publicado por Pixel Inmobiliario (Servicio de Páginas Web para Inmobiliaristas)
ID:33752

Walter Barcos Inmobiliaria
Rutina desde 1997
Publicaciones: 5
Alquiler: 1000

Ver mis publicaciones de este proveedor

Escribale un mensaje





Ablandadores Automáticos Twin

Ablandadores Automáticos Twin (Funcionamiento en Paralelo)

Recomendado especialmente para aplicaciones donde se requiere provisión de agua tratada de forma continua (24 hrs, 365 días del año) sin contar con tiempo para la regeneración de los equipos o bien si se desea duplicar el caudal de trabajo de un ablandador.

MODELO	CAUDAL DE TRABAJO	RESINA INTERCAMBIO IÓNICO	CABEZAL DE REGENERACIÓN AUTOMÁTICA	TIPO DE REGENERACIÓN	CONEXIONES DE ENTRADA Y SALIDA
AA2.000 GE Twin	2.000 lts/hr	40 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 3/4"
AA3.000 GE Twin	3.000 lts/hr	66 Litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 3/4"
AA4.000 GE Twin	4.000 lts/hr	100 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 3/4"
AA7.600 GE Twin	7.600 lts/hr	190 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 1"
AA10.000 GE Twin	10.000 lts/hr	250 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 1"
AA23.400 GE Magnum Twin	23.400 lts/hr	520 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 2"
AA36.000 GE Magnum Twin	36.000 lts/hr	800 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 2"
AA40.000 GE Magnum Twin	40.000 lts/hr	1.160 litros	General Electric/Pentair (Origen USA)	Por Tiempo Por Volumen	2 de 2"



Cuadro Tarifario de Servicios Generales [Resolucion MISPyH Nro. 104/22]

Resolucion	Periodo	Rango de Consumo del Usuario en el Bimestre	Usuarios Medidos				Usuarios No Medidos			
			Porcentaje de Subsidio Provincial Recibido	Precio del Cargo Fijo (por Factor de Servicio)	Precio del Metro Cúbico (de los primeros 20 m3 consumidos)	Precio del Metro Cúbico (de los consumos posteriores a los 20 m3)	Porcentaje de Subsidio Provincial Recibido	Precio del Cargo Fijo (por Factor de Servicio)	Precio del Metro Cúbico (de los primeros 20 m3 consumidos)	Precio del Metro Cúbico (de los consumos posteriores a los 20 m3)
806/20	Desde 2/2021 a 1/2022	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 105.84	\$ 5.3850	\$ 8.9750	55.71 %	\$ 102.84	\$ 5.2326	\$ 8.7210
		De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 136.93	\$ 6.9669	\$ 11.6115	42.72 %	\$ 133.00	\$ 6.7673	\$ 11.2788
		De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 169.51	\$ 8.6245	\$ 14.3741	29.09 %	\$ 164.65	\$ 8.3776	\$ 13.9626
		De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 195.54	\$ 9.9489	\$ 16.5815	18.20 %	\$ 189.94	\$ 9.6641	\$ 16.1069
		> 300 m3	0.27 %	\$ 231.57	\$ 11.7824	\$ 19.6374	3.12 %	\$ 224.96	\$ 11.4458	\$ 19.0763
104/22	2/2022	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 137.58	\$ 5.3850	\$ 8.9750	55.71 %	\$ 133.68	\$ 6.8019	\$ 11.3365
		De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 178.00	\$ 6.9669	\$ 11.6115	42.72 %	\$ 172.89	\$ 8.7968	\$ 14.6614
		De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 220.34	\$ 8.6245	\$ 14.3741	29.09 %	\$ 214.03	\$ 10.8901	\$ 18.1501
		De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 254.18	\$ 9.9489	\$ 16.5815	18.20 %	\$ 246.91	\$ 12.5625	\$ 20.9375
		> 300 m3	0.27 %	\$ 301.03	\$ 11.7824	\$ 19.6374	3.12 %	\$ 292.42	\$ 14.8784	\$ 24.7974
	3/2022 a 4/2022	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 137.58	\$ 7.0000	\$ 11.6667	55.71 %	\$ 133.68	\$ 6.8019	\$ 11.3365
		De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 178.00	\$ 9.0564	\$ 15.0940	42.72 %	\$ 172.89	\$ 8.7968	\$ 14.6614
		De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 220.34	\$ 11.2111	\$ 18.6851	29.09 %	\$ 214.03	\$ 10.8901	\$ 18.1501
		De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 254.18	\$ 12.9326	\$ 21.5544	18.20 %	\$ 246.91	\$ 12.5625	\$ 20.9375
		> 300 m3	0.27 %	\$ 301.03	\$ 15.3161	\$ 25.5269	3.12 %	\$ 292.42	\$ 14.8784	\$ 24.7974
	5/2022	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 165.09	\$ 7.0000	\$ 11.6667	55.71 %	\$ 160.42	\$ 8.1621	\$ 13.6035
		De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 213.59	\$ 9.0564	\$ 15.0940	42.72 %	\$ 207.47	\$ 10.5560	\$ 17.5933
		De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 264.41	\$ 11.2111	\$ 18.6851	29.09 %	\$ 256.84	\$ 13.0678	\$ 21.7797
		De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 305.01	\$ 12.9326	\$ 21.5544	18.20 %	\$ 296.28	\$ 15.0747	\$ 25.1245
		> 300 m3	0.27 %	\$ 361.22	\$ 15.3161	\$ 25.5269	3.12 %	\$ 350.90	\$ 17.8538	\$ 29.7563
6/2022	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 181.59	\$ 8.3998	\$ 13.9997	55.71 %	\$ 176.45	\$ 8.9779	\$ 14.9631	
	De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 234.94	\$ 10.8674	\$ 18.1124	42.72 %	\$ 228.20	\$ 11.6110	\$ 19.3516	
	De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 290.83	\$ 13.4530	\$ 22.4217	29.09 %	\$ 282.51	\$ 14.3738	\$ 23.9564	
	De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 335.49	\$ 15.5189	\$ 25.8648	18.20 %	\$ 325.89	\$ 16.5814	\$ 27.6356	
	> 300 m3	0.27 %	\$ 397.32	\$ 18.3790	\$ 30.6317	3.12 %	\$ 385.97	\$ 19.6381	\$ 32.7302	
1/2023	De 0 a 22.14 m3	54.42 %	\$ 181.59	\$ 9.2393	\$ 15.3989	55.71 %	\$ 176.45	\$ 8.9779	\$ 14.9631	
	De 22.15 a 40 m3	41.03 %	\$ 234.94	\$ 11.9536	\$ 19.9226	42.72 %	\$ 228.20	\$ 11.6110	\$ 19.3516	
	De 40.01 a 70 m3	27.00 %	\$ 290.83	\$ 14.7975	\$ 24.6625	29.09 %	\$ 282.51	\$ 14.3738	\$ 23.9564	
	De 70.01 a 300 m3	15.79 %	\$ 335.49	\$ 17.0699	\$ 28.4498	18.20 %	\$ 325.89	\$ 16.5814	\$ 27.6356	
	> 300 m3	0.27 %	\$ 397.32	\$ 20.2159	\$ 33.6931	3.12 %	\$ 385.97	\$ 19.6381	\$ 32.7302	

Ablandador Twin

Especificaciones Técnicas								
Modelo	Codigo	Tipo de Regeneración	Valvula Ge	ft3 Resina	Dimensión Tanque	Flujo [GPM]		
						Servicio MIN	Servicio MAX	BKW
Duplex Alternado								
WS- 1.0 Pie3 Performa Twin	0111330117	Volumen	Performa Logix 255/764	2,0	9"x 48"	2,0	5,0	2,2
WS- 1.5 Pie3 Performa Twin	0111330104	Volumen	Performa Logix 255/764	3,0	10"x 54"	3,0	7,5	2,7
WS- 2.0 Pie3 Performa Twin	0111330128	Volumen	Performa Logix 255/764	4,0	12"x 48"	4,0	10,0	3,9
WS- 2.5 Pie3 Performa Twin	0111330124	Volumen	Performa Logix 255/764	5,0	13"x 54"	5,0	12,5	4,6
WS- 3.0 Pie3 Performa Twin	0111330141	Volumen	Performa Logix 255/764	6,0	9"x 48"	6,0	15,0	5,3

Especificaciones Técnicas								
Modelo	Código	Tipo de Regeneración	Valvula Ge	ft3 Resina	Dimensión Tanque	Flujo [GPM]		
						Servicio MIN	Servicio MAX	BKW
Duplex Alternado								
WS- 4.0 Pie3 Performa CV Twin	0111330118	Volumen	Performa CV 278/764	8,0	16"x 65"	8,0	20,0	7,0
WS- 5.0 Pie3 Performa CV Twin	0111330150	Volumen	Performa CV 278/762	10,0	18"x 65"	10,0	25,0	8,8
WS- 6.0 Pie3 Performa CV Twin	0111330105	Volumen	Performa CV 278/764	12,0	18"x 65"	12,0	30,0	8,8
WS- 7.0 Pie3 Performa CV Twin	0111330152	Volumen	Performa CV 278/764	14,0	21"x 62"	14,0	35,0	12,0

Especificaciones Técnicas								
Modelo	Código	Tipo de Regeneración	Valvula Ge	ft3 Resina	Dimensión Tanque	Flujo [GPM]		
						Servicio MIN	Servicio MAX	BKW
Duplex Alternado								
WS- 8.0 Pie3 Magnum Twin	0111330106	Volumen	Performa CV 298/764	16,0	21"x 62"	16,0	40,0	12,0
WS- 9.0 Pie3 Magnum Twin	0111330184	Volumen	Performa CV 298/764	18,0	24"x 72"	18,0	45,0	15,7
WS- 10.0 Pie3 Magnum Twin	0111330107	Volumen	Performa CV 298/764	20,0	24"x 72"	20,0	50,0	15,7
WS- 12.0 Pie3 Magnum Twin	0111330133	Volumen	Performa CV 298/764	24,0	30"x 72"	24,0	60,0	24,5
WS- 15.0 Pie3 Magnum Twin	0111330131	Volumen	Performa CV 298/764	30,0	30"x 72"	30,0	75,0	24,5
WS- 20.0 Pie3 Magnum Twin	0111330142	Volumen	Performa CV 298/764	40,0	36"x 72"	40,0	100,0	35,3

Alfaliq HTI - Tabla de Especificaciones

► Pasos para determinar su Enfriador de Agua Alfaliq

Modelos en gris no se mantienen en stock

SPECS		A (1x hermético Scroll)						AD (2x hermético Scroll)						AF (4x)			
		0.5	1	2	3	5	6A	7.5	10	12	15	20	25	30	40	50	
Energía	Q = Cap. transfer. [Mcal/h] @ temp. amb 40°C	Agua @ °C	Q [Mcal/h @ xx °C]														
		-10	0.7	0.9	1.9	2.5	4.5	5.6	7	9	11	12	18	21	24	36	42
		-5	0.8	1.2	2.4	3.3	5.8	7.2	9	12	14	16	24	28	32	48	56
		0	0.9	1.5	3	4.1	7.2	9	11	14	18	20	28	34	40	56	68
		5	1.1	1.8	3.8	5.1	9	11	14	18	22	25	36	43	50	72	86
		10	1.4	2.3	4.6	6.3	11	14	17	22	28	31	44	53	62	88	106
		15	1.7	2.7	5.6	8	13	17	20	27	33	37	54	64	74	108	128
	20	2	3.3	6.7	9	16	20	25	32	40	45	64	77	90	128	154	
	P Comprsr.	kW promedio	0.4	0.9	1.5	2.2	3.7	4.4	5.9	7.4	8.8	10.3	14.7	18.4	22.1	29.4	36.8
		hp promedio	0.5	1.2	2	3	5	6	8	10	12	14	20	25	30	40	50
P total (1)	kW	0.4	1	1.6	2.5	4	4.8	6.4	8.3	9.8	11.5	16.9	20.6	26.2	33.8	45.8	
COP Compr.	@10°C	>3.0															
Aliment.		220V/50HZ						3x380V/50HZ									
Tipo		R407C ecológico															
Refrigerante	Carga aprox.	kg	0.3	0.7	1.3	2.1	3.5	4	5.3	7	8	11	13	15	20	26	30
Control		TXV - Válvula de Expansión Termostática															
Circ. Hidrául.	Tipo		Simple				DUAL. Tanque interno o externo **						Tanque externo, no incluido				
Compresor	Tipo		Alternat. Hermético				Scroll. Hermético										
	Cantidad	u	1				2				4						
Arranque		Directo															
Controlador	Tipo		On/Off, Electrónico Digital c/indicación funciones y salidas de servicio														
Evaporador	Tipo		Placas, Acero Inoxidable AISI 316											Casco & Tubos			
	Caudal mín.	m3/h DT4K	0.4	0.7	1.4	1.9	3.3	4.2	5.5	6.6	8.3	11	16	18	23	31	35
	DP nominal	kPa	<0.6														
Cañería	Tipo		Acero Inox AISI 304, roscada											HoGo o plástico, roscada			
Condnsdor	Tipo		Aire. Alta eficiencia tubos de cobre y aletas de aluminio (Aerofin)														
Ventilador	Tipo		Axial. Gran caudal de aire y bajo ruido														
	Potencia	kW	0.075	0.14	0.14	2x0.14	2x0.15	2x0.18	2x0.25	2x0.45	2x0.46	2x0.6	2x1.1	2x1.1	4x1.03	4x1.1	6x1.5
	Pot. total	kW	0.075	0.14	0.14	0.28	0.3	0.36	0.5	0.9	0.92	1.2	2.2	2.2	4.12	4.4	9
	Caudal aire	x1,000 m3/h	0.75	1	2	3	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50
Bomba	Potencia	kW	0.37	0.37	0.37	0.37	0.75	0.75	0.75	0.75	1.5	1.5	2.2	2.2	4	4	4
	Tipo		GNP ® Acero Inox AISI 304											Opcional: Minamoto ® fundicón			
H máx	mca	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	30
Prtcciones			Termost. interno compresor, Relevo Térm., Alta y Baja Presión refrig., Termost. anticong., Falta fase, Contra fase, Termost. descarga, Sensor Flujo														
Dims	Largo	m	0.6	0.6	0.7	1	1	1.1	1.3	1.5	1.5	1.9	2	2	2	2	2.3
	Ancho	m	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1	1.6	1.8	1.9
	Alto	m	0.7	0.9	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	2
	Peso Neto	kg	45	52	85	132	165	183	265	345	382	580	650	810	890	1112	1320
Tanque	Ø IN/OUT	pulg	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3
	Volumen	L	10.6	18.3	27	50	60	110	120	200	200	270	350	Sin Tanque			

PIPE SCHEDULES & WEIGHTS					
NOMINAL PIPE SIZE	OUTSIDE DIAMETER	SCHEDULE 40		SCHEDULE 80	
		Wall Thick.	Wt. Per Ft.	Wall Thick.	Weight Per Ft.
1/8	0.405	0.068	0.245	0.095	0.315
1/4	0.540	0.088	0.425	0.119	0.535
3/8	0.675	0.091	0.568	0.126	0.739
1/2	0.840	0.109	0.851	0.147	1.088
3/4	1.050	0.113	1.131	0.154	1.474
1	1.315	0.133	1.679	0.179	2.172
1-1/4	1.660	0.140	2.273	0.191	2.997
1-1/2	1.900	0.145	2.718	0.200	3.631
2	2.375	0.154	3.653	0.218	5.022
2-1/2	2.875	0.203	5.793	0.275	7.661
3	3.500	0.216	7.576	0.300	10.250
3-1/2	4.000	0.226	9.109	0.318	12.510
4	4.500	0.237	10.790	0.337	14.980
5	5.563	0.258	14.620	0.375	20.780
6	6.625	0.280	18.970	0.432	28.570
8	8.625	0.322	28.550	0.500	43.390
10	10.750	0.365	40.480	0.500	54.740
12	12.750	0.375	49.560	0.500	65.420

Generador de vapor de alta presión VAP HP

VAP HP	Modelo	200	400	600	1000	1500	2000
Salida de vapor	kg/h	608	1216	1824	3040	4560	6080
Capacidad	kW	232	465	698	1163	1745	2325

Nota - La producción de vapor está saturada en seco a 90 barg

Related products



MVR-0250

Serie MVR

Las bombas de vacío roots son bombas generadoras de **vacío de funcionamiento seco**, que se pueden usar con una bomba primaria en todos los procesos de vacío industrial y vacío fino.

Su principal finalidad es permitir que el sistema de vacío opere con una **velocidad de bombeo superior** en rangos de vacío más finos, alcanzado un mejor grado de vacío final.

Estas bombas se pueden suministrar con **dos opciones**:

- ✓ **Sistema de bypass y válvula:** permite que la bomba roots sea arrancada a presión atmosférica al mismo tiempo que la bomba primaria.
- ✓ **Accionamiento magnético:** Permite que la bomba funcione sin la presencia de retenes susceptibles de desgaste, reduciendo en un factor de 2 e incluso de 3 el tiempo de inactividad y el coste de reparación de la bomba.



Ficha técnica

Consulta las especificaciones de este producto en la siguiente tabla.

Características técnicas	Unidades	50 Hz	60 Hz
Caudal Nominal	m ³ /h	150	300
Vacío final máximo	mbar	3x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴
Diferencia de presión máx.	mbar	80 mbar	80 mbar
Potencia Motor	Kw.	1,1	1,1
Velocidad de giro Nominal	rpm	2950	3480
Rumorosidad	dB(A)	63	63
Peso aproximado	Kg	100	100
Conexión boca de aspiración	mm	65	65
Conexión escape	mm	65	65

Ingredient Bulk Density Table

Ingredient	Bulk Density (lb/cu.ft.)		Ingredient	Bulk Density (lb/cu.ft.)	
	Loose	Packed		Loose	Packed
Lime, ground, unslaked	60	65	Oleo margarine		59
Lime, hudrated		40	Orange peel, dry		15
Lime, hudrated, pulverized	32	40	Oxalic acid crystals, ethane diacid crystals		60
Lime, pebble	53	56	Oyster shells, ground	50	60
Limestone, agricultural		68	Oyster shells, whole	80	80
Limestone, crushed	85	90	Paper pulp(4% or less)		62
Limestone, dust	55	95	Paper pulp (6% to 15%)	60	62
Lindane (see benzene hexachloride)			Paraffin cake - 1/2"		45
Linseed (see flaxseed)			Peanuts, clean in shell	15	20
Litharge (see lead oxide)			Peanut meal		30
Lithopone	45	50	Peanuts, raw, uncleaned unshelled	15	20
Maize (see milo)			Peanuts, shelled	35	45
Malt, dry, ground	20	30	Peas, dried	45	50
Malt, meal	36	40	Perlite, expanded	8	12
Malt, dry, whole	20	30	Phosphate acid fertilizer		60
Malt, sprouts	13	15	Phosphate disodium (see sodium phosphate)		
Magnesium chloride (magnesite)		33	Phosphate rock, broken	75	85
Manganese dioxide	70	85	Phosphate rock, pulverized		60
Manganese ore	125	140	Phosphate sand	90	100
Manganese oxide		120	Plaster of paris (see gypsum)		
Manganese sulfate		70	Plumbago (see graphite)		
Marble, crushed	80	95	Polystyrene beads		40
Marl, clay		80	Polyvinyl, chloride powder	20	30
Meat, ground	50	55	Polyvinyl, chloride pellets	20	30
Meat, scrap (w/bone)		40	Polyethylene resin pellets	30	35
Mica, flakes	17	22	Potash (muriate) dry		70
Mica, ground	13	15	Potash (muriate) mine rum		75
Mica, pulverized	13	15	Potassium carbonate		51
Milk, dried, flake	5	6	Potassium chloride pellets	120	130
Milk, malted	27	30	Potassium nitrate, 1/2"		76
Milk, powdered	20	45	Potassium nitrate, 1/8"		80
Milk, sugar		32	Potassium sulfate	42	48
Milk, whole powdered	20	36	Potato flour		48
Mill scale (steel)	120	125	Pumice, 1/8"	42	48
Milo, ground	32	36	Pyrite pellets	120	130
Milo, maize (kafir)	40	45	Quartz, 100-mesh	70	80
Molybdenite powder		107	Quartz, 1/2"	80	90
Monosodium phosphate		50	Rice, bran		20
Mortar, wet		150	Rice, grits	42	45
Mustard seed		45	Rice, polished		30
Naphthalene flakes		45	Rice, hulled	45	49
Niacin (nicotinic acid)		35	Rice, hulls	20	21
Oats		26	Rice, rough	32	36
Oats, crimped	19	26	Rosin, 1/2"	65	68
Oats, crushed		22	Rubber, reclaimed, ground	23	50
Oats, flour		35	Rubber, pelleted	50	55
Oat hulls	8	12	Rye	42	48
Oats, rolled	19	24			

Selection Charts

Wide range of options for world-wide acceptance

1XP Pump with AC Induction Motor

- Long Service Life
- Dual Frequency for world-wide use
- Constant torque



AC Induction Motor – 60 Hz, 120V (1750 rpm)

GPM	Max PSI	Pump Assembly	SFA	HP
0.5	600	1XP050.031		
0.75	500	1XP075.031		
0.85	500	1XP085.031		
1	450	1XP100.031	4.0	1/3
1.25	400	1XP125.031		
1.5	325	1XP150.031		
2	250	1XP200.031		
0.4	1000	1XP050.051		
0.7	1000	1XP075.051		
0.8	1000	1XP085.051		
0.9	800	1XP100.051	8.0	1/2
1.2	800	1XP125.051		
1.5	600	1XP150.051		
2	450	1XP200.051		
0.9	1000	1XP100.071		
1.1	1000	1XP125.071		
1.4	800	1XP150.071	9.0	3/4
1.75	700	1XP180.071		
2	550	1XP200.071		
1.45	1000	1XP150.101		
1.8	800	1XP180.101	12.6	1
2	750	1XP200.101		

AC Induction Motor – 50 Hz, 240V (1450 rpm)

GPM	Max PSI	Pump Assembly	SFA	HP
0.40	600	1XP050.031		
0.60	500	1XP075.031		
0.70	500	1XP085.031		
0.80	450	1XP100.031	2.1	1/3
1	400	1XP125.031		
1.2	325	1XP150.031		
1.70	250	1XP200.031		
0.30	1000	1XP050.051		
0.60	1000	1XP075.051		
0.70	1000	1XP085.051		
0.75	800	1XP100.051	3.8	1/2
1	800	1XP125.051		
1.2	600	1XP150.051		
1.70	450	1XP200.051		
0.75	1000	1XP100.071		
0.90	1000	1XP125.071		
1.20	800	1XP150.071	4.6	3/4
1.50	700	1XP180.071		
1.70	550	1XP200.071		
1.20	1000	1XP150.101		
1.40	800	1XP180.101	6.3	1
1.70	750	1XP200.101		

1XP Pump with DC Permanent Magnet Motor

- Low amp draw
- Compact
- Lighter weight



DC Permanent Magnet – 120 Volt - 1/3 HP ODP and TEFC Enclosures

GPM	Max PSI	Amps (at max psi)	Pump Assembly ODP Motor	Pump Assembly TEFC Motor
0.5	600	4.0	1XP050.03DC	1XP050.03DCT
0.75	500	4.0	1XP075.03DC	1XP075.03DCT
0.85	400	4.0	1XP085.03DC	1XP085.03DCT
1	350	4.0	1XP100.03DC	1XP100.03DCT
1.25	300	4.0	1XP125.03DC	1XP125.03DCT
1.5	250	4.0	1XP150.03DC	1XP150.03DCT
2.3	150	4.0	1XP200.03DC	1XP200.03DCT

DC Permanent Magnet – 240 Volt - 1/3 HP ODP

GPM	Max PSI	Amps (at max psi)	Pump Assembly ODP Motor
0.5	600	2.0	1XP050.03DC2
0.75	500	2.0	1XP075.03DC2
0.85	400	2.0	1XP085.03DC2
1	350	2.0	1XP100.03DC2
1.25	300	2.0	1XP125.03DC2
1.5	250	2.0	1XP150.03DC2
2.3	150	2.0	1XP200.03DC2

11.0 t (24'251 lb) / 11'000 l horizontal, vacuum insulated CO₂ storage tank**part no. 900804**

Tank to be supplied complete with all pipework in stainless steel, valves, safety devices, differential pressure liquid level indicator, vacuum insulated.

- diameter: 2'200 mm (86.61 in) / length: 6'400 mm (252 in)
- including registration by German TÜV according to PED 2014/68/EU and AD2000 (also for CH)
- maximum filling weight of **10'540 kg (23'237 lb)**
- safety valve setting 24 bar (348 psi) (if stainless steel upgrade 22 bar) (319 psi)
- inner vessel standardly made of carbon steel, also available in stainless steel
- available options please see flow diagram no. 750



Pos. 015

17.0 t (37'478.6 lb) / 17'000 l horizontal, vacuum insulated CO₂ storage tank**part no. 900805**

Tank to be supplied complete with all pipework in stainless steel, valves, safety devices, differential pressure liquid level indicator, vacuum insulated.

- diameter: 2'200 mm (87 in) / length: 9'000 mm (352 in)
- including registration by German TÜV according to PED 2014/68/EU and AD2000 (also for CH)
- maximum filling weight of **16'290 kg (35'919 lb)**
- safety valve setting 24 bar (348 psi) (if stainless steel upgrade 22 bar) (319 psi)
- inner vessel standardly made of carbon steel, also available in stainless steel
- available options please see flow diagram no. 750



Pos. 016

20.0 t (44'093 lb) / 20'000 l horizontal, vacuum insulated CO₂ storage tank**part no. 900906**

Tank to be supplied complete with all pipework in stainless steel, valves, safety devices, differential pressure liquid level indicator, vacuum insulated.

- diameter: 2'200 mm (87 in) / length: 10'250 mm (404 in)
- including registration by German TÜV according to PED 2014/68/EU and AD2000 (also for CH)
- maximum filling weight of **19'160 kg (42'241 lb)**
- safety valve setting 24 bar (348 psi) (if stainless steel upgrade 22 bar) (319 psi)
- inner vessel standardly made of carbon steel, also available in stainless steel
- available options please see flow diagram no. 750



PU insulated ASCO CO₂ Storage Tanks: Overview standard capacities

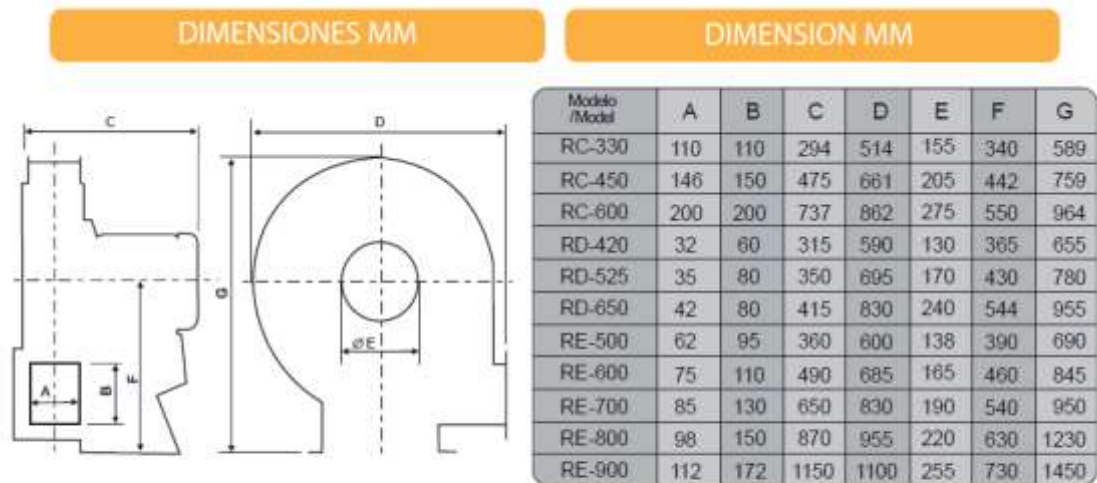
Available standard capacities vertical PU insulated ASCO CO₂ Storage Tanks:

Tank capacity (liquid CO ₂ in kg) (lb)	Dimensions (height × diameter in mm) (in)	approx. empty weight in kg (lb)	part no.
9'800 (21'605)	5'250 × 1'800 (207 x 71 in)	4'800 (10'582)	4046602
14'700 (32'408)	7'250 × 1'800 (285 x 71 in)	5'300 (11'684)	4046603
17'650 (38'912)	8'750 × 1'800 (344 x 71 in)	6'500 (14'330)	4046604
22'550 (49'714)	10'250 × 1'800 (404 x 71 in)	7'800 (17'196)	4046605
29'500 (65'036)	8'250 × 2'400 (325 x 94 in)	9'500 (20'944)	4046606
39'150 (86'311)	9'750 × 2'400 (384 x 94 in)	11'200 (24'692)	4046607
48'900 (101'780)	12'550 × 2'400 (494 x 94 in)	13'600 (29'983)	4046608
58'700 (129'411)	14'550 × 2'400 (573 x 94 in)	14'850 (32'739)	4046609
97'850 (215'722)	14'000 × 3'200 (55 x 126 in)	25'800 (56'879)	4046610

Available standard capacities horizontal PU insulated ASCO CO₂ Storage Tanks:

Tank capacity (liquid CO ₂ in kg) (lb)	Dimensions (length × diameter in mm) (in)	approx. empty weight in kg (lb)	part no.
9'800 (21'605)	5'805 × 1'900 (229 x 75 in)	4'000 (8'818)	4046592
14'700(32'408)	7'305 × 1'900 (288 x 73 in)	5'000 (11'023)	4046593
17'650 (17'650)	8'800 × 1'900 (346 x 73 in)	6'000 (13'228)	4046594
22'550 (49'714)	10'300 × 1'900 (406 x 73 in)	7'000 (15'432)	4046595
29'500 (65'036)	11'800 × 1'900 (465 x 73 in)	8'600 (18'960)	4046596
39'150 (86'311)	10'800 × 2'400 (425 x 73 in)	10'300 (22'708)	4046597
48'900 (101'780)	14'000 × 2'400 (551 x 73 in)	13'600 (29'983)	4046598
58'700 (129'411)	15'500 × 2'400 (610 x 94 in)	15'000 (33'069)	4046599
97'850 (215'722)	13'500 × 3'000 ((531 x 118 in)	29'500 (65'036)	4046600

All horizontal PU insulated ASCO CO₂ Storage Tanks are delivered skid-mounted.



La cota C está referida a motores de máxima potencia / C refers to high power motors
 Todas las medidas son aproximadas / All measures are proximated

DATOS TÉCNICOS

TECHNICAL DATA

SERIE SERIES	RC SEMIRADIAL de elevado rendimiento SEMIRADIAL of high performance						RE SEMIRADIAL de alto rendimiento SEMIRADIAL of high performance									
	RC-330		RC-450		RC-600		RE-500		RE-600		RE-700		RE-800		RE-900	
Modelo Model	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.	Tipo Type	C.V.
Motor	80	1.5	100	5.5	160 M	20	80	1.5	112 M	5.5	112 M	7.5	160 M	15	180 M	30
	-	-	100	5.5	160 L	25	90	3	112 M	5.5	132 S	10	160 M	20	200 L	40
	-	-	112	7.5	180 M	30	-	-	112 M	7.5	132 M	12.5	160 L	25	200 L	50
	-	-	-	-	180 L	35	-	-	-	-	160 M	15	180 M	30	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160 M	20	-	-	-	-



SAFETY DATA SHEET

Creation Date 22-Sep-2009

Revision Date 26-Dec-2021

Revision Number 4

1. Identification

Product Name	D-a-Tocopherol
Cat No. :	AC421030000; AC421031000
Synonyms	Vitamine E
Recommended Use	Laboratory chemicals.
Uses advised against	Food, drug, pesticide or biocidal product use.

Details of the supplier of the safety data sheet

Company

Fisher Scientific Company
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
Tel: (201) 796-7100

Acros Organics
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410

Emergency Telephone Number For information **US** call: 001-800-ACROS-01 / **Europe** call: +32 14 57 52 11
Emergency Number **US**:001-201-796-7100 / **Europe**: +32 14 57 52 99
CHEMTREC Tel. No.**US**:001-800-424-9300 / **Europe**:001-703-527-3887

2. Hazard(s) identification

Classification

Classification under 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

This chemical is not considered hazardous by the 2012 OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Label Elements

None required

Hazards not otherwise classified (HNOC)

Sensitivity to light

Other hazards

May cause skin, eye, and respiratory tract irritation. May be harmful by inhalation, ingestion, or skin absorption.

D-a-Tocopherol

Revision Date 26-Dec-2021

3. Composition/Information on Ingredients

Component	CAS No	Weight %
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltri decyl)-, [2R-[2R*(4R*,8R*)]]-	59-02-9	99

4. First-aid measures

Eye Contact	Rinse immediately with plenty of water, also under the eyelids, for at least 15 minutes. Get medical attention.
Skin Contact	Wash off immediately with plenty of water for at least 15 minutes. Get medical attention immediately if symptoms occur.
Inhalation	Remove to fresh air. Get medical attention immediately if symptoms occur. If not breathing, give artificial respiration.
Ingestion	Do NOT induce vomiting. Get medical attention.
Most important symptoms and effects	No information available.
Notes to Physician	Treat symptomatically

5. Fire-fighting measures

Suitable Extinguishing Media	Water spray. Carbon dioxide (CO ₂). Dry chemical. Chemical foam.
Unsuitable Extinguishing Media	No information available
Flash Point	> 110 °C / > 230 °F
Method -	No information available
Autoignition Temperature	No information available
Explosion Limits	
Upper	No data available
Lower	No data available
Sensitivity to Mechanical Impact	No information available
Sensitivity to Static Discharge	No information available

Specific Hazards Arising from the Chemical

Keep product and empty container away from heat and sources of ignition.

Hazardous Combustion Products

Carbon monoxide (CO). Carbon dioxide (CO₂).

Protective Equipment and Precautions for Firefighters

As in any fire, wear self-contained breathing apparatus pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent) and full protective gear.

NFPA

Health	Flammability	Instability	Physical hazards
1	1	1	N/A

6. Accidental release measures

Personal Precautions	Ensure adequate ventilation. Use personal protective equipment as required.
Environmental Precautions	See Section 12 for additional Ecological Information.

Methods for Containment and Clean Up Soak up with inert absorbent material (e.g. sand, silica gel, acid binder, universal binder, sawdust). Keep in suitable, closed containers for disposal. Do not let this chemical enter the environment.

7. Handling and storage

Handling Ensure adequate ventilation. Wear personal protective equipment/face protection. Avoid contact with skin, eyes or clothing. Avoid breathing dust/fume/gas/mist/vapors/spray.

Storage. Keep in a dry place. Keep container tightly closed. Protect from direct sunlight. Store contents under argon. Keep refrigerated. Incompatible Materials. Strong oxidizing agents.

8. Exposure controls / personal protection

Exposure Guidelines This product does not contain any hazardous materials with occupational exposure limits established by the region specific regulatory bodies.

Engineering Measures None under normal use conditions.

Personal Protective Equipment

Eye/face Protection Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.

Skin and body protection Wear appropriate protective gloves and clothing to prevent skin exposure.

Respiratory Protection No protective equipment is needed under normal use conditions.

Hygiene Measures Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

9. Physical and chemical properties

Physical State	Viscous liquid
Appearance	Liquid
Odor	Light brown
Odor Threshold	Odorless
pH	No information available
Melting Point/Range	No information available
Boiling Point/Range	2.5 - 3.5 °C / 36.5 - 38.3 °F
Flash Point	200 - 220 °C / 392 - 428 °F @ 0.1 mmHg
Evaporation Rate	> 110 °C / > 230 °F
Flammability (solid,gas)	No information available
Flammability or explosive limits	Not applicable
Upper	No data available
Lower	No data available
Vapor Pressure	No information available
Vapor Density	No information available
Specific Gravity	0.950
Solubility	No information available
Partition coefficient; n-octanol/water	No data available
Autoignition Temperature	No information available
Decomposition Temperature	No information available
Viscosity	No information available
Molecular Formula	C ₂₉ H ₅₀ O ₂
Molecular Weight	430.7

D-a-Tocopherol

Revision Date 26-Dec-2021

10. Stability and reactivity

Reactive Hazard	None known, based on information available
Stability	Air sensitive. Light sensitive.
Conditions to Avoid	Exposure to air. Exposure to light. Incompatible products.
Incompatible Materials	Strong oxidizing agents
Hazardous Decomposition Products	Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO ₂)
Hazardous Polymerization	Hazardous polymerization does not occur.
Hazardous Reactions	None under normal processing.

11. Toxicological information

Acute Toxicity

Product Information No acute toxicity information is available for this product

Component Information

Component	LD50 Oral	LD50 Dermal	LC50 Inhalation
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*,8R*)]]-	LD50 > 7000 mg/kg (Rat)	LD50 > 5000 mg/kg (Rabbit)	Not listed

Toxicologically Synergistic Products No information available

Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

Irritation No information available

Sensitization No information available

Carcinogenicity The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

Component	CAS No	IARC	NTP	ACGIH	OSHA	Mexico
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*,8R*)]]-	59-02-9	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed	Not listed

Mutagenic Effects No information available

Reproductive Effects No information available.

Developmental Effects No information available.

Teratogenicity No information available.

STOT - single exposure None known

STOT - repeated exposure None known

Aspiration hazard No information available

Symptoms / effects,both acute and delayed No information available

Endocrine Disruptor Information No information available

Other Adverse Effects The toxicological properties have not been fully investigated.

12. Ecological information

Ecotoxicity

Do not empty into drains.

Persistence and Degradability Insoluble in water May persist based on information available.

Bioaccumulation/ Accumulation No information available.

Mobility Is not likely mobile in the environment due its low water solubility.

13. Disposal considerations

Waste Disposal Methods Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. Chemical waste generators must also consult local, regional, and national hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

14. Transport information

DOT Not regulated
TDG Not regulated
IATA Not regulated
IMDG/IMO Not regulated

15. Regulatory information

United States of America Inventory

Component	CAS No	TSCA	TSCA Inventory notification - Active-Inactive	TSCA - EPA Regulatory Flags
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*.8R*)]]-	59-02-9	X	ACTIVE	-

Legend:

TSCA US EPA (TSCA) - Toxic Substances Control Act, (40 CFR Part 710)

X - Listed

'-' - Not Listed

TSCA 12(b) - Notices of Export Not applicable

International Inventories

Canada (DSL/NDSL), Europe (EINECS/ELINCS/NLP), Philippines (PICCS), Japan (ENCS), Japan (ISHL), Australia (AICS), China (IECSC), Korea (KECL).

Component	CAS No	DSL	NDSL	EINECS	PICCS	ENCS	ISHL	AICS	IECSC	KECL
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*.8R*)]]-	59-02-9	X	-	200-412-2	X	X	X	X	X	KE-10750

KECL - NIER number or KE number (<http://ncis.nier.go.kr/en/main.do>)

U.S. Federal Regulations

SARA 313 Not applicable

SARA 311/312 Hazard Categories See section 2 for more information

CWA (Clean Water Act)	Not applicable
Clean Air Act	Not applicable
OSHA - Occupational Safety and Health Administration	Not applicable
CERCLA	Not applicable
California Proposition 65	This product does not contain any Proposition 65 chemicals.
U.S. State Right-to-Know Regulations	Not applicable
U.S. Department of Transportation	
Reportable Quantity (RQ):	N
DOT Marine Pollutant	N
DOT Severe Marine Pollutant	N
U.S. Department of Homeland Security	This product does not contain any DHS chemicals.
<u>Other International Regulations</u>	
Mexico - Grade	No information available
Authorisation/Restrictions according to EU REACH	

Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Component	CAS No	OECD HPV	Persistent Organic Pollutant	Ozone Depletion Potential	Restriction of Hazardous Substances (RoHS)
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*,8R*)]]-	59-02-9	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Component	CAS No	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Major Accident Notification	Seveso III Directive (2012/18/EC) - Qualifying Quantities for Safety Report Requirements	Rotterdam Convention (PIC)	Basel Convention (Hazardous Waste)
2H-1-Benzopyran-6-ol, 3,4-dihydro-2,5,7,8-tetramethyl-2-(4,8,12-trimethyltridecyl)-, [2R-[2R*(4R*,8R*)]]-	59-02-9	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

16. Other information

Prepared By	Regulatory Affairs Thermo Fisher Scientific Email: EMSDS.RA@thermofisher.com
Creation Date	22-Sep-2009
Revision Date	26-Dec-2021
Print Date	26-Dec-2021
Revision Summary	This document has been updated to comply with the US OSHA HazCom 2012 Standard



Rice Bran Oil ▶ Biz

About Us	Product Specifications	Hot Links
About Rice Bran Oil	Online Purchasing	Contact Us

Product Specifications



CRUDE RBO

ORYZAN™ RBO

RBDD RBO

RBDDW RBO

Refined, Bleached, Dewaxed, Deodorized Rice Bran Oil

Composition: 100% Refined, Bleached, Dewaxed, Deodorized Rice Bran Oil

Physical Analysis

Color (Lovibond, red)	3.5	max	AOCS Cc 13b-45
Smoke Point (°F)	450	min	AOCS Cc 95a-48
Flash Point (°F)	620	min	AOCS Cc 95a-48
Fire Point (°F)	670	min	AOCS Cc 95a-48
Flavor/Odor (bland/none)	7	min	Organoleptic

Chemical Analysis

Free Fatty Acid (% as oleic)	0.05	max	AOCS Ca 5a-40
Peroxide Value (meq/kg)	1.0	max	AOCS Cd 8-53
Moisture (%)	0.05	max	AOCS Ca 2e-84
Chlorophyll (ppb)	75	max	AOCS Cc 13d-55
Iodine Value (Wijs)	99 – 108		AOCS Cd 1-25
AOM	25	minimum	

Nutrition Facts (as per 100 g)

Calories	900
Calories from fat	900
Total fat	100 grams
Saturated fat	18 g (+/- 5%)
Monounsaturated fat	44 g (+/- 5%)
Polyunsaturated fat	38 g (+/- 5%)
Carbohydrate	0 g
Protein	0 g
Sodium	0 mg

Product Safety

Our Rice Bran Oil is produced under good manufacturing practices and U.S. Food, Drug and Cosmetic Act, as amended, and applicable state laws and municipal ordinances.

Our products also comply with all applicable U.S. FDA/EPA pesticide tolerances and meet the United States Pharmacopeia Standards for heavy metal content in vegetable oils.

Storage / Shelf-Life

In bulk, with storage tank temperature of 100 to 125 °F, a period of 1 month is optimum, or 3 months maximum with QC checks. A tank atmosphere of nitrogen is strongly recommended for storage. Shelf life after packaging is 9 months from date of manufacture under cool, dry conditions.