Facultad de Ciencias de la Alimentación
UNER

Proyecto Final de Graduación para el Título de Ingeniero en Alimentos

Planta de Bioetanol: Agregado de valor a los residuos de la industria cítrica para la obtención de bioetanol

Daniela Alejandra Albornoz

Alejandro Rodriguez Mattiassi

Cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos

Ing. Carlos Chiarella

Ing. Eduardo Erbetta

Lic. Pedro Kohn

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ciencias de la Alimentación

Diciembre 2018

Índice de Capítulos

Resumen	
CAPITULO I.	Objetivos y Reglamentaciones
CAPITULO II.	Estudio de mercado
CAPITULO III.	Localización
CAPITULO IV.	Descripción del proceso
CAPITULO V.	Balance de materia y energía
CAPITULO VI.	Cálculo y adopción de equipos
CAPITULO VII.	Servicios auxiliares
CAPITULO VIII.	Instalaciones eléctricas
CAPITULO IX.	Estructura jurídica
CAPITULO X.	Estructura organizativa
CAPITULO XI.	Tratamiento de efluentes
CAPITULO XII.	Obras civiles
CAPITULO XIII.	Costos y evaluación del proyecto
Planos	
Bibliografía	
Copia en versión digital	

CD Copia en Formato Digital

Planos

Value addition to citrus waste: bioethanol production

This project was generated by the idea of adding value to the citrus industry waste in the Concordia and Chajarí areas, which amounts to 85500 Tn per year.

Certain amount of citrus peel is used as animal feed, while the remaining waste must be treated in order to avoid contamination of the river and streams.

The project idea is to add value to citrus industry waste and set up an industrial plant to obtain bioethanol as the main product. The use of renewable energies is fostered in order to cause a positive environmental and social impact in Concordia and Chajarí.

The market research performed provided the information that petrol must include 12% ethanol in their formulation as a requirement. Therefore, it is necessary to increase bioethanol production to meet the needs of domestic consumption. It must be added that the Ministry of Energy and Mining sets the final price.

Bioethanol oxygenates petrol thus improving octane and reducing emission of gases that cause the greenhouse effect. In addition, it reduces plumb and other unhealthy additive proportion.

The plant was designed to work 9 months per year. The process consists of peel physical and enzyme hydrolysis, fermentation and distillation. The process has a 17.000 k/h orange peel production capacity (received during July, August and September) to render 1093l/h bioethanol. That is, the

yield is 64,3 L bioethanol/1000 k peel. During the remaining months, 50% of raw material is used. As a result, 4.738.939,2 L bioethanol are produced per year.

In addition, dry yeast is produced. The yield is 24,47 k/ 1000 k peel, thus rendering 1.796.860,8 k/y of this by- product for sale.

The economic-financial analysis indicated that the project is profitable: 7.267.026 USD was the Net Present Value (NPV) and 14% was the Internal Rate of Return (IRR).

It would be important to use other citrus varieties and lignocellulosic materials to increase annual production.

Agregado de valor a los residuos de la industria cítrica para la obtención de bioetanol

Este proyecto surge como una propuesta de puesta en valor de los residuos que produce la industria cítrica que, actualmente, ascienden a 85.500 Tn al año de cáscaras de naranjas, solamente en las ciudades de Concordia y Chajarí.

Cierta cantidad de las cáscaras de los cítricos se destina a alimento para animales, el resto debe ser tratado para no introducir algún contaminante en los ríos y arroyos de nuestra región.

La idea de este proyecto es agregar valor a un residuo de la industria cítrica e instalar una planta industrial para obtener bioetanol como producto principal. Se propone fomentar la utilización de energías renovables y así generar un impacto positivo en las comunidades de Concordia y Chajarí tanto a nivel ambiental como social.

El estudio de mercado nos permitió observar que un 12% de bioetanol se agrega a las naftas de manera obligatoria para todas las petroleras, por lo tanto, es necesario incrementar la producción de bioetanol para abastecer el consumo nacional. Además, hay que destacar que el Ministerio de Energía y Minería fija el precio de venta.

El bioetanol es un oxigenante de la nafta que con este agregado mejora su octanaje y reduce la emisión de gases causantes del llamado "efecto invernadero". Además, reduce la proporción de plomo y de otros aditivos nocivos para la salud humana.

Se diseñó la planta industrial para trabajar 9 meses al año. El proceso consiste en una hidrólisis física y enzimática de la cáscara, una

fermentación y una destilación. El proceso productivo tiene una capacidad de 17.000 kg/h de cáscara de naranja, que ingresan en los meses de julio, agosto y septiembre, se obtienen 1.093 l/h de bioetanol. Es decir que el rendimiento es de 64,3 L de bioetanol cada 1000 kg de cáscara. Durante los meses restantes se trabaja con la mitad de la materia prima, por lo tanto, se obtienen 4.738.939,2 litros de bioetanol anualmente.

Además, se produce levadura seca con un rendimiento de 24,47 kg cada 1000 kg de cáscara, lo que genera 1.796.860,8 Kg/año para la venta de este subproducto.

A partir del análisis económico-financiero se determinó que el proyecto es rentable dando un Valor Actual Neto (VAN) de 7.267.026 USD y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14%. Sería importante aprovechar las demás variedades de cítricos y otros materiales lignocelulósicos para aumentar la producción anual.

Flow sheet

Recepción

Prensado

Hidrolisis física

Hidrolisis enzimática y fermentación

Filtración

Destilación y purificación

Almacenamiento

Distribución Bioetanol

Capítulo 1

Objetivos y reglamentaciones

Índice

Índice 2

Justificación del proyecto 3

Bioetanol como combustible 3

Reglamentación vigente 5

Definición de Biocombustibles 5

Habilitación de Plantas Productoras 5

Alcance del proyecto

En el presente trabajo se evalúa la factibilidad para instalar una fábrica de producción de bioetanol a partir del residuo de cáscara de cítricos de la región de concordia.

Justificación del proyecto

En el mundo la demanda de energía ha ido en aumento siendo la más utilizada la energía eléctrica y en segundo lugar se encuentra los combustible fósil, que al no ser éstos un recurso renovable surge la necesidad de buscar otros combustibles para satisfacer la demanda creciente, y como alternativa aparece el uso de bioetanol.

El bioetanol es un biocombustible de origen vegetal que se produce a partir de la fermentación alcohólica de materia orgánica rica en azúcares, así como de la transformación del almidón presente en los cereales o la materia lignocelulósica en azúcar.

Bioetanol como combustible

Se utiliza en motores de explosión como aditivo o sustituto de la gasolina teniendo distintas funciones como:

- Aditivo aumentador de octanos (ETBE)
- Combustible mezcla (bioetanol-gasolina)

- Combustible directo (motores especializados que funcionan con bioetanol)
- Mezcla directa (bioetanol-diesel)

Actualmente, se obtiene bioetanol a partir del bagazo de caña de azúcar y de maíz sin embargo las cáscaras de cítricos que son abundantes en nuestra región tienen un gran potencial para ser aprovechadas como materia prima para la obtención de biocombustibles, hasta el momento el principal destino de estos subproductos de la industria es la alimentación animal, pero estos no se utilizan al ritmo que se producen en las fábricas, por lo que no se puede aprovechar en su totalidad.

Además, como un tratamiento previo a la fermentación se realizará una extracción de los componentes volátiles (D-limoneno) debido a su acción inhibidora de los microorganismos utilizados en la fermentación.

Reglamentación vigente

Los biocombustibles se rigen por la ley nacional 26.093 "Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles. Sujetos beneficiarios del Régimen Promocional. Infracciones y sanciones.", sancionada el 19 de abril de 2006. Establece:

Definición de Biocombustibles

Según el Artículo 5 de la Ley Nacional de Biocombustibles "A los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Habilitación de Plantas Productoras

Según el Artículo 6 de la Ley Nacional de Biocombustibles "Sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas a dichos efectos por la autoridad de aplicación. La habilitación correspondiente se otorgará, únicamente, a las plantas que cumplan con los requerimientos que establezca la autoridad de aplicación en cuanto a la calidad de biocombustibles y su producción sustentable, para lo cual deberá someter los diferentes proyectos presentados a un procedimiento de Evaluación de

Impacto Ambiental (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos."

Capítulo 2

Estudio de mercado

Índice

Modelo de negocios 3
Estimación de la materia prima 5
Demanda de bioetanol 7
Clientes objetivos 7
Oferta de bioetanol 11
Exportaciones e importaciones 14
Estacionalidad de la Oferta 14
Determinación del precio de adquisición de bioetanol 16
Estrategia Comercial 17
Descripción de naranja 19
Calendario de cosecha 20
Composición de la cáscara de naranja 21
Biocombustibles 24
Clasificación de Biocombustibles 24
Primera generación: 24
Segunda generación: 24
Tercera generación: 25
Evolución del Bioetanol 25
Las ventajas del uso del bioetanol 26
Las desventajas del bioetanol 26
Producción de bioetanol Argentina 27
Determinación del precio de adquisición del bioetanol 30
A partir de caña de azucar 30
A partir del maíz 31

Modelo de negocios

El estudio de Mercado para este proyecto se realizó utilizando un lienzo de modelo de negocio (canvas) como herramienta para la organización, creación y captura de valor como se observa en la tabla 2.1.

Para esta empresa, los principales clientes son, las refinerías y plantas petroleras que por ley deben respetar el corte de nafta con bioetanol de un 12%, a los cuales queremos ofrecer a través de una tecnología relativamente nueva, biocombustibles de tercera generación en base a residuos cítricos como fuente sustentable de energía.

Esto se logra a través de la venta directa, visita a ferias y por medio de páginas web, o bien mediante la inscripción de esta empresa al listado nacional de productores de bioetanol. El precio del bioetanol está regulado por el ministerio de energía por lo cual la fuente de ingreso depende de las políticas gubernamentales, durante el proceso se origina un subproducto que es levadura prensada la cual también se comercializa como alimento para animales.

Para llevar a cabo este proyecto hay que tener en cuenta los recursos que son clave como los recursos financieros, los descuentos impositivos y mano de obra calificada. También las actividades claves como la logística, la utilización de residuos de la industria cítrica y los proveedores de la región. Para esta industria los socios claves serán las industrias cítricas de la región y nuestros proveedores de insumos (enzimas y levaduras). Los costos en este proyecto están dados por la

inversión en equipamiento, transporte y distribución, costos fijos (sueldos, jornales, servicios) y variable (proveedores de insumos) y marketing .

Tabla 2.1 Modelo de negocios CANVAS.

Socios Clave	Actividades claves	Propuesta de valor	Relaciones con los Clientes	Segmentos Clientes
Industrias cítricas de la región	Utilización de residuos de industrias cítricas	Fuente sustentable de energía	Producto estandarizado	**Plantas de mezcla de biocombustibles**
	Logística	Biocombustible de Tercera Generación	producto de alta pureza	PETROBRAS ARGENTINA S.A.
Proveedores de cepas /enzimas	Proveedores en la región	Actúa como anticongelante	inscripción al listado nacional de productores de bioetanol	FOX PETROL S.A.
	Fuente de MP depende de industrias cítricas	Cuida en medioambiente		REFINERÍA DEL NORTE S.A.
INTI	**Recursos claves**	Satisfacer la demanda en la región	**Canales**	AXION ENERGY S.A.
INTA	Recursos financieros	Alternativa al maíz y caña de azúcar	Páginas web	SHELL ARGENTINA C.A.P. S.A.
	Mano de obra capacitada	Obtención a través de un proceso relativamente nuevo	venta directa	YPF S.A. (Entre Ríos)
	Accesibilidad a MP de bajo costo			ENERGÍA Y DERIVADOS DEL PETRÓLEO S.A.
	Transporte terrestre			OIL COMBUSTIBLES S.A.
	Descuentos impositivos			TRAFIGURA ARGENTINA S.A.
Estructura de Costos		**Fuente de Ingresos**		
costo de trasporte de MP y distribución del Producto final		Precio venta bioetanol establecido por el organismo regulador		
Inversión en equipamiento		Ingresos a través de los Subproducto		
Mano de obra especializada				
Costos fijos (salarios, alquileres, servicios públicos)				
Costos variables (insumos)				
Marketing				

Estimación de la materia prima

La producción de naranja en Entre Ríos ronda las 700.000 tn al año, de estas el 25% se utiliza para la industria de jugos. Que se distribuyen durante el año como se observa en el gráfico 2.1, viendo un claro pico en los meses de julio, agosto y septiembre.

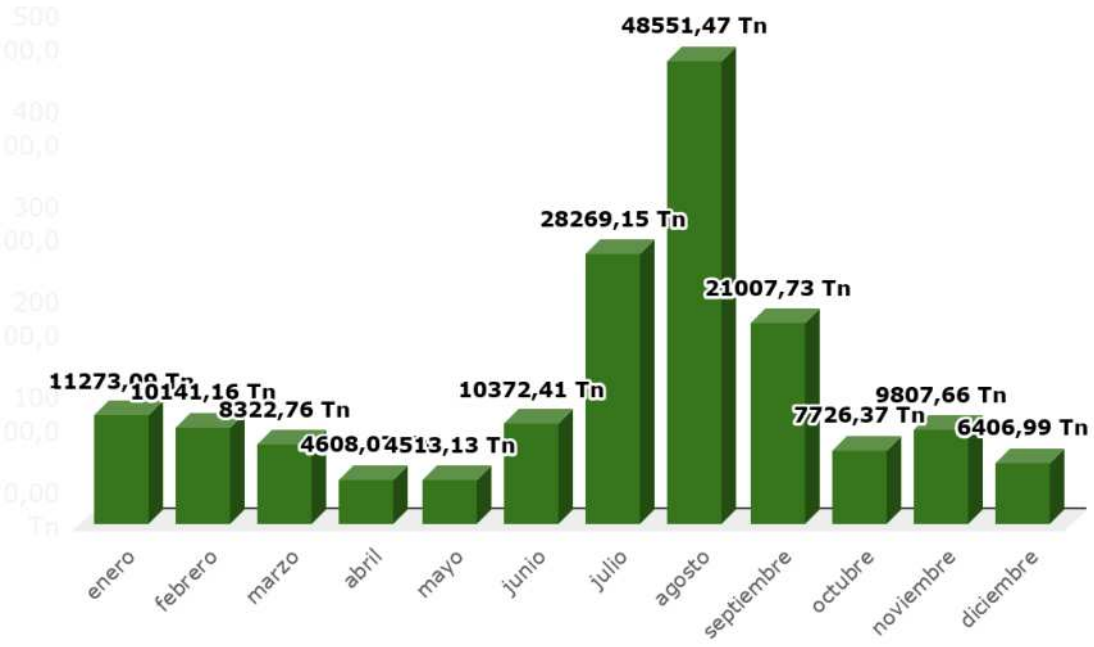


Figura 2.1 distribución de la industrialización de naranja para jugo.

Nuestra principal materia prima depende de los residuos de esta industria, teniendo en cuenta, que del total de la producción industrial el 50% aproximadamente son residuos, se obtiene el gráfico 2.2 con las cantidades de materia prima disponibles al mes.

Para el dimensionamiento de la planta se tomará 12.000 toneladas al mes, siendo esto el 50% del pico máximo de residuos en el mes de agosto lo que corresponde a la producción de nuestra región.

Con esto se logra utilizar la planta industrial al máximo en los tres meses de mayor producción de naranja y luego el resto del año no está demasiado sobredimensionada.

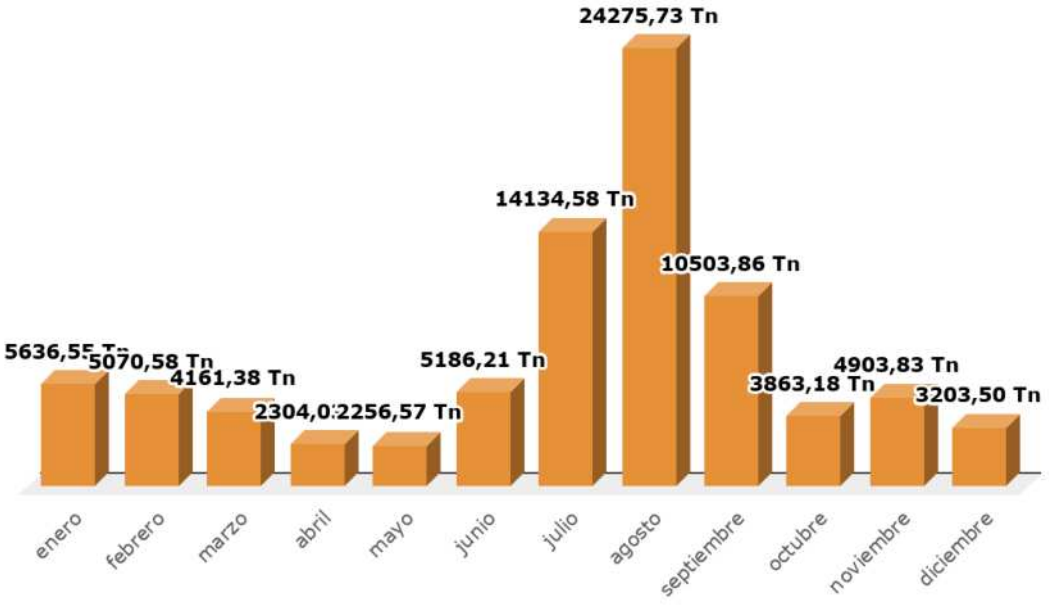


Figura 2.2 Residuos industriales del jugo de naranja.

La cáscara de de naranja tiene la particularidad de que tiene que ser procesada rápidamente para no tener dificultades durante el proceso productivo, por lo cual requiere una logística muy organizada.

Tabla 2.1 productores de jugo de naranja

Productores de jugo citricos	Capacidad de proceso (Tn/año)
Villa Rosario	40.000
Baggio	35.000

ECA	30.000
Litoral Citrus	25.000
Coop. San Francisco	20.000
Citric	12.000
Puro Sol	8.000
Otros	5.000
Total	175.000

De la tabla 2.1 se prevee la firma de un contrato de exclusividad con nuestros principales proveedores con los cuales se dividirá el gasto de transporte de los residuos,ya que para ellos descartar estos residuos tiene un costo elevado, por lo tanto de esta forma se reducen los costos de transporte para ambos.

Demanda de bioetanol

Clientes objetivos

Los principales clientes para esta industria son la mezcladores y las petroleras, las cuales utilizan el bioetanol como insumo en sus procesos, entre ellas podemos destacar:

- AXION ENERGY ARGENTINA S.A
- PETROBAS ARGENTINA S.A

- FOX PETROL S.A
- YPF S.A.
- REFINERIA DEL NORTE S.A
- SHELL ARGENTINA C.A.P.S.A
- ENERGIA Y DERIVADOS DEL PETROLEO S.A
- OIL COMBUSTIBLES S.A
- TRAFIGURA ARGENTINA S.A
- REFI PAMPA S.A

Según el informe del Ministerio de Energía y Minería de la Nación el consumo anual de bioetanol en Argentina desde el año 2009 viene aumentando debido a las políticas gubernamentales tomadas durante estos años que principalmente obliga a las petroleras un corte de 12 % con bioetanol. El consumo de bioetanol proveniente de caña de azúcar y maíz durante el año 2017 fue 1.076.874,6 m3, lo cual se puede observar en la Figura 2.3

A su vez para el primer semestre de este año el consumo total de bioetanol alcanza los 537.019,37 m3.

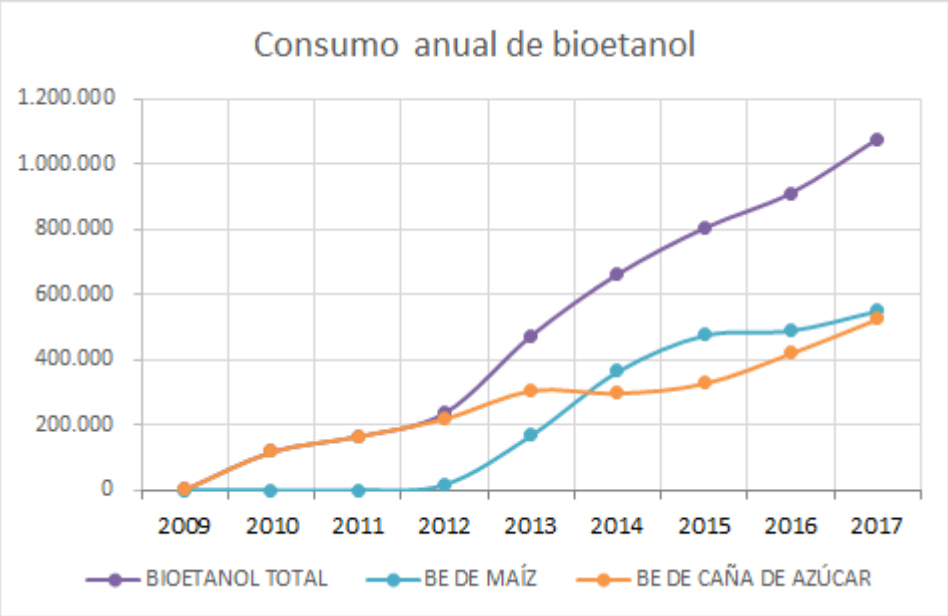


Figura 2.3 Consumo anual en m^3 de bioetanol entre el año 2009-2017 en Argentina de las principales industrias petroquímicas.

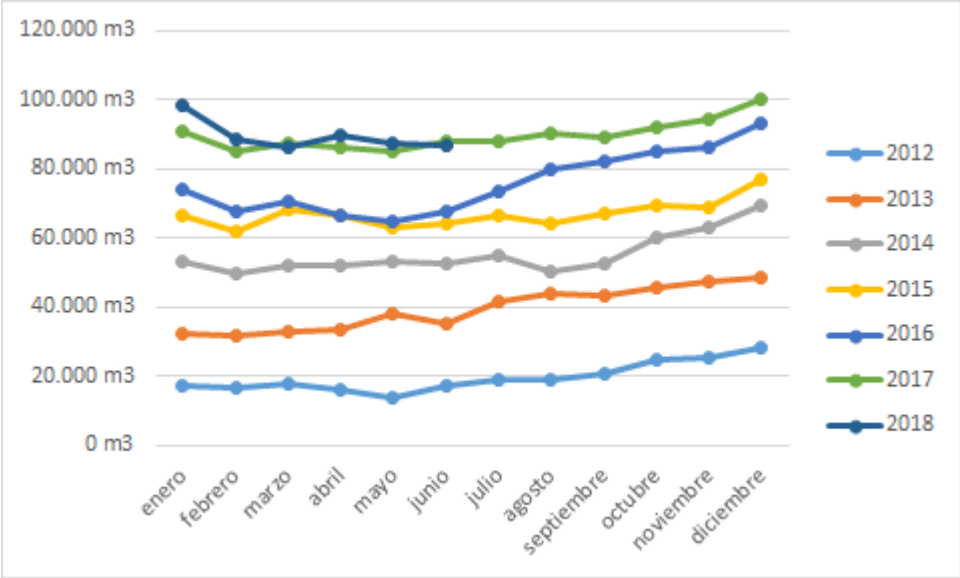


Figura 2.4 Consumo mensual en m^3 bioetanol desde año 2012 al 2018.

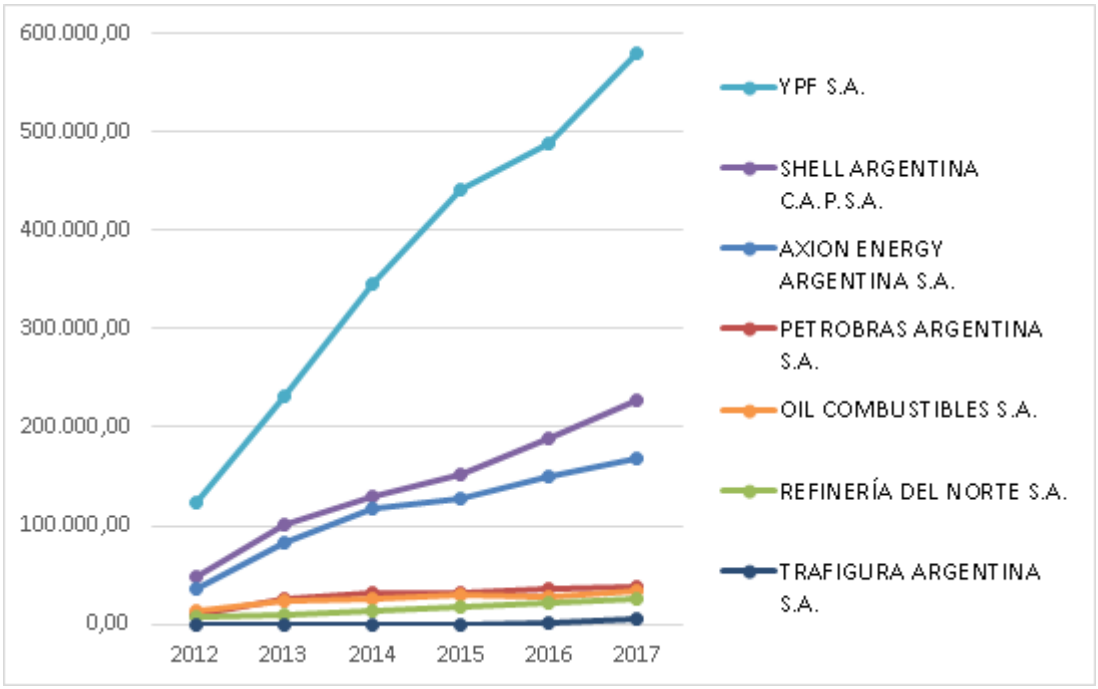


Figura 2.5 Consumo anual en m^3 de las principales petroleras en Argentina.

De la figura 2.4 podemos concluir que la demanda no varía durante el año, las variaciones que se observan son debidas al consumo.

Analizando las figura 2.5 podemos afirmar que la demanda de bioetanol se ha incrementado en los últimos años siendo la empresa que más demanda YPF S.A. seguida por Shell Argentina C.A.P.S.A y Axion energy Argentina S.A.

La demanda de YPF S.A. en el último año fue de 580.331,87 m^3 esto representa más de 9.000 millones de pesos. En cuanto a las otras dos empresas de mayor importancia podemos destacar a Shell Argentina C.A.P.S.A con un consumo de 269.485,94 m^3 a lo que en pesos equivale a 3.500 millones,y Axion energy Argentina S.A. con un consumo de 168.632,05 m^3 lo cual equivale a $2.600 millones.

La demanda anual de bioetanol en Argentina está estimada en 1.076.874,61 m^3, en este proyecto la capacidad de producción planteada es de 5.928,17 m^3/año por lo tanto el porcentaje de mercado que abarcaría será de 0.55%.

Oferta de bioetanol

Según información proporcionada por el Ministerio de Agroindustria de la Nación, en Argentina existen 14 plantas elaboradoras de etanol a gran escala, hay 5 fábricas en nuestro país en las que obtienen etanol en base a maíz:

Tabla 2.2 Plantas de bioetanol a base de maíz

Empresa	Localidad	Capacidad Producción m^3/año
PROMAIZ	Alejandro Roca. Provincia de Córdoba	145.000
ACA BIO	Villa María. Provincia de Córdoba	145.000
DIASER	Provincia de San Luis	82.500
BIO 4	Río Cuarto. Provincia Córdoba	82.000
VICENTIN	Avellaneda. Provincia de Santa Fe	60.000
Capacidad total a partir de maíz		**514.500**

Estas fábricas están en condiciones de producir cerca de 514.500 m^3 de etanol en el año.

Por otra parte, hay 9 fábricas importantes que obtienen etanol en nuestro país procesando caña de azúcar.

Tabla 2.3 Plantas de bioetanol a partir de caña de azúcar

Empresa	Localidad	Capacidad Producción m^3/año
COMPAÑIA BIOENERGETICA LA FLORIDA S.A	La Florida. Provincia de Tucuman	150.000
BIO LEDESMA S.A	Libertador San Martin. Provincia de Jujuy	64.000
ALCONOA S.R.L.	El Tabacal Oran. Provincia de Salta	51.000
BIOENERGIA LA CORONA S.A	Concepción. Provincia de Tucuman	44.550
BIOENEGIA SANTA ROSA	Leon Rouges. Provincia de Tucuman	40.000
BIOTRINIDAD S.A	Villa Trinidad. Provincia de Tucuman	30.000
ENERGIA ECOLOGICAS DEL TUCUMAN	Santa Barbara. Provincia de Tucuman	25.100

RIO GRANDE	La Mendieta. Provincia de Jujuy	29.700
BIO SAN ISIDRO S.A	Campo Santo. Provincia de Salta	16.500
Capacidad total a partir de caña de azúcar		**450.850**

En total, la capacidad de producción de estas 9 plantas oscilaría en los 450.850 m3/año. Todo esto implica finalmente que Argentina tiene una capacidad total de producción con sus 14 fábricas principales de 965.350 m^3/año de etanol.

La planta industrial que se plantea en este proyecto tendrá una capacidad de 5.928,17 m^3/año, por lo tanto se puede considerar como una empresa a mediana escala debido a su volumen de producción.

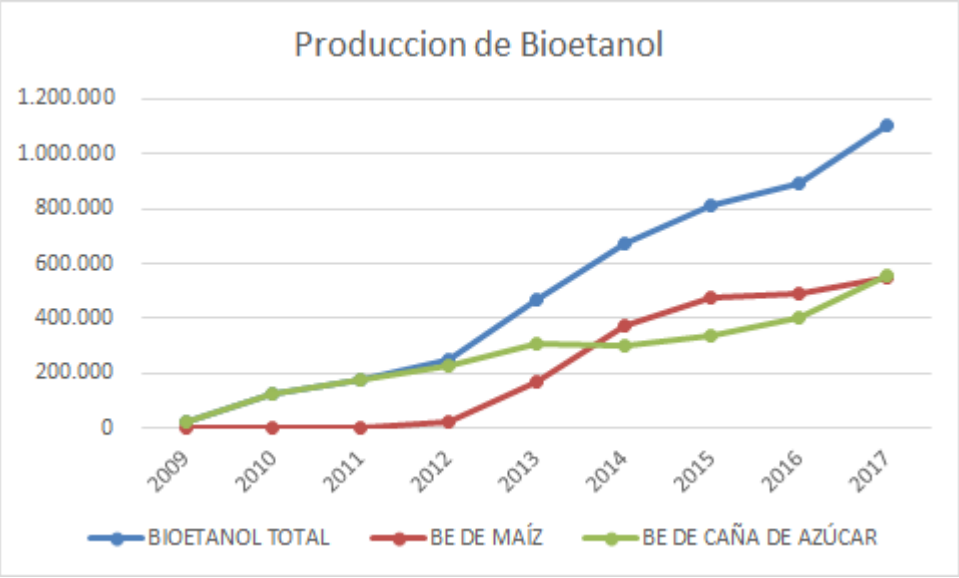


Figura 2.6 Producción anual en m^3 de bioetanol en Argentina de las principales plantas productoras.

Exportaciones e importaciones

El alcohol etílico por el momento no tributa aranceles a la exportación, mientras que en el caso de la importación, los aranceles son del 20% si el producto es originario de un país que no pertenece al MERCOSUR, mientras que para la importación de productos originarios del MERCOSUR no tienen aranceles.

Estacionalidad de la Oferta

Como se puede observar en los gráficos 2.7 y 2.8 la producción de bioetanol a partir de caña tiene un aumento a partir de fines mayo, lo que coincide con la zafra de la caña, llegando a un pico máximo en los meses de septiembre y octubre.

En cambio, la producción a partir de maíz se observan mayores fluctuaciones en la producción durante todo el año.

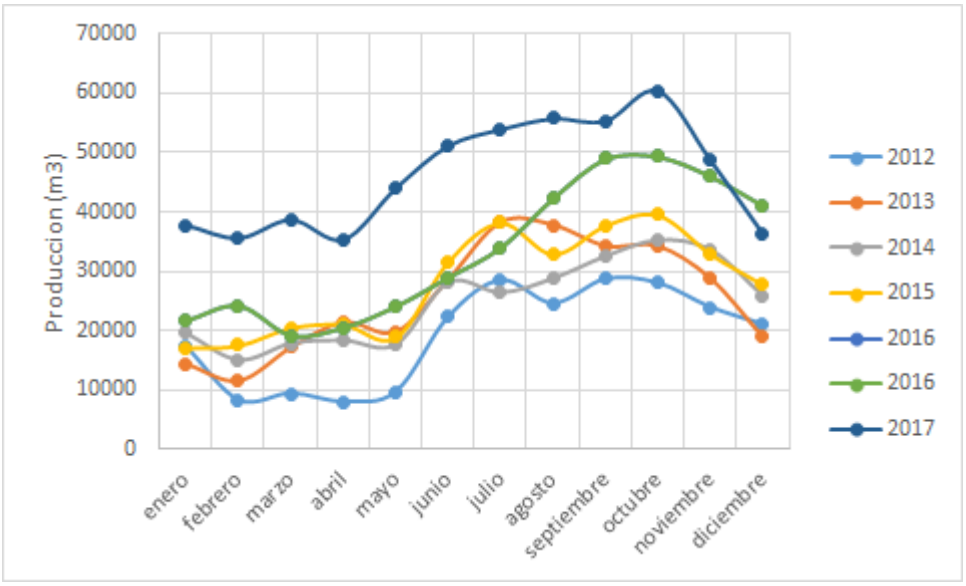


Figura 2.7 Producción de bioetanol en m^3 a partir de caña en función de los meses del año.

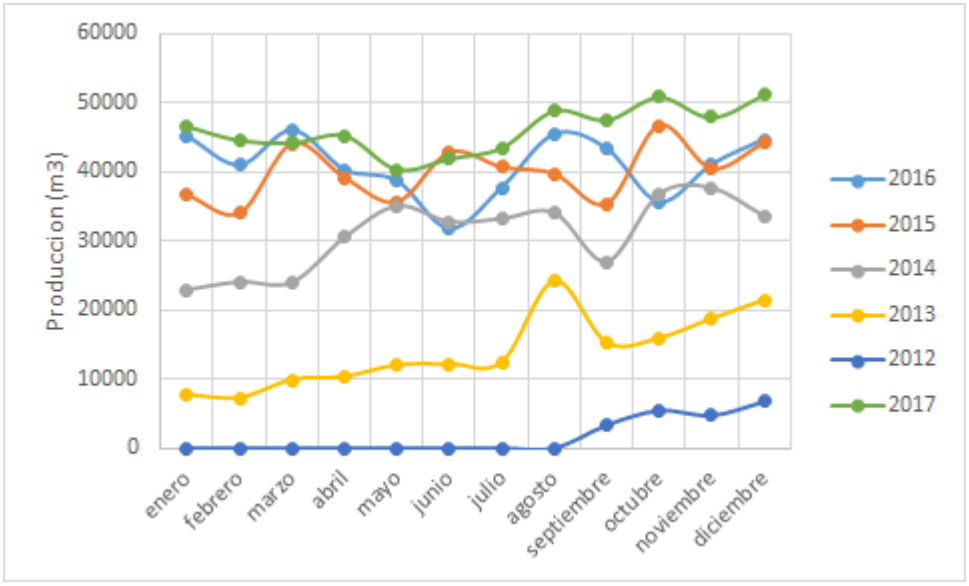


Figura 2.8 Producción de bioetanol a partir de maíz en función de los meses del año.

Determinación del precio de adquisición de bioetanol

El precio del bioetanol está regulado por el ministerio de energía de la nación, en un principio el precio del etanol a partir de caña y de maíz eran iguales, luego de agosto de 2014 se comienza a diferenciar el precio por el tipo de materia prima utilizada.

Según la Res.44/2014 de la secretaria de energia en los anexos I y II explica el procedimiento para la determinación del precio del bioetanol.

Determinado en base a fórmula de precio que considera costos más rentabilidad para producir UN (1) litro de Bioetanol a partir de maíz o cualquier otra materia prima distinta a la caña de azúcar:

Fórmula de precio= Costo del Maíz + Costo de Mano de Obra + Costo del Vapor + Costo de Electricidad + otros conceptos (Ver Anexo)

Como se observa en los figura 2.9 el precio del bioetanol a partir de caña de azúcar y maíz fue aumentando, observándose mayores fluctuaciones en el bioetanol a partir de maíz.

Figura 2.9 Evolución precio por litro de bioetanol diferenciado por materia prima utilizada .

Estrategia Comercial

La estructura de ventas de la empresa se basa en los cupos otorgados por el estado a cada productor de bioetanol del país.

Este cupo es determinado a partir de la capacidad de producción instalada y la falta de cumplimiento de ese cupo conlleva a multas y reducción del mismo.

Por lo tanto el estado fija tanto el precio como la cantidad de bioetanol que se les puede vender a las refinerías.

Otra opción de venta es a empresas más grandes con un cupo más alto que necesiten mas bioetanol para poder cumplir su cupo mensual. En

caso de intentar vender de esta forma las empresas más cercanas geográficamente son YPF S.A que cuenta con una refinería en Calle Rizzo y Ereño, Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos y Shell C.A.P.S.A en Ruta 21 km 276, Arroyo Seco, Santa Fe.

Anexo

Descripción de naranja

Los cítricos cultivados pertenecen botánicamente al orden de las Geraniales, familia de las Rutáceas y a los géneros *Citrus* ,*Fortunella* (kumquats) y *Poncirus* (trifolio).

El género Citrus, es el más importante de los tres, está compuesto por plantas de mediano a gran desarrollo.

El grupo de los naranjos se dividen básicamente en dos categorías:

1) Citrus sinensis (L.) Osbeck. :

- Naranjas dulces comunes,son variedades de mucha importancia comercial en todo el mundo, como Hamlin, Salustiana, Pera, Valencia Late y Valencia Seedless.
- Ombligo,es el segundo grupo en importancia, con muchas variedades de gran valor comercial en aquellas zonas donde son cultivadas para el mercado de fruta fresca como las Navel.
- Azucaradas o sin acidez, son muy poco cultivadas y sin valor comercial.
- Sanguíneas o pigmentadas, casi sin importancia en nuestro país, pero importantes en la zona del Mediterráneo, las principales variedades son Moro de Catania y Tarocco.

2) Citrus aurantium Linnaeus:

- Naranjos agrios comunes y agridulces, son conocidas como naranja de Sevilla utilizadas como portainjerto de otras

especies cítricas. Las variedades de naranjos agrios son usadas por su aceite esencial, para perfume y saborizante, son muy apreciada para mermelada, por su alto contenido en pectina, dando mejor calidad y cantidad

Calendario de cosecha

Actualmente, se producen alrededor de 900.000 ton de naranjas en la Argentina, de las cuales la mitad se consume como fruta fresca en el mercado interno. Se industrializa entre 25 y 30% de la producción total. Entre las variedades de naranjas más plantadas en Entre Ríos, se destacan:

- Naranjas Valencia :Las plantaciones representan 31 % de la superficie. Posee una piel fina, un sabor ligeramente ácido, con alto contenido de jugo. Su producción es tardía (fines de julio en adelante). Sus variedades midgnight, Valencia, Valencia late.
- Navel (Ombligo): Representan el 10% de las plantaciones.Su producción comienza a mediados de abril y culmina en agosto. Entre las variedades se destacan las New Hall,Washington Navel, Navel Late y Lane Late.
- Salustiana: Naranja de jugo. Posee una piel fina y no posee semillas. Contiene un alto porcentaje de jugo y un muy buen sabor. Su producción comienza en junio.

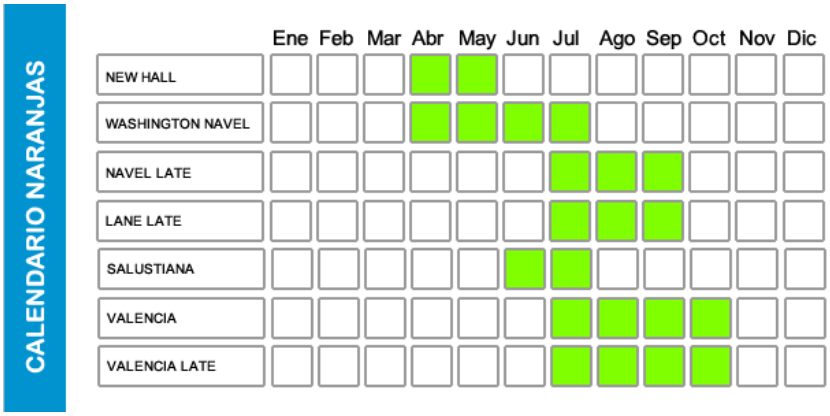


Figura 2.10 Calendario de cosecha de naranja dependiendo de la variedad.

Composición de la cáscara de naranja

La materia prima fundamental en nuestro proceso de producción es la cáscara de naranja, que como se observa en la tabla N°2. sus principales componentes son carbohidratos y fibras, que están compuestos sobre todo por material lignocelulósica y pectina.

La materia lignocelulósica está compuesta por celulosa (20-50%), hemicelulosa (20-35%), lignina (10-35%) y otros componentes. El proceso de conversión de la materia lignocelulósica en etanol comprende las operaciones: deslignificación para liberar celulosa y hemicelulosa; despolimerización de los carbohidratos para producir azúcares libres y, por último, fermentación de las pentosas y hexosas para producir etanol (Hendriks y Zeeman, 2009).

La celulosa es un polímero compuesto por subunidades de D-glucosa unidas por enlaces β-1,4 glicosídicos.

El azúcar simple predominante en la hemicelulosa es la xilosa en residuos agrícolas, este heteropolímero contiene galactosa, glucosa,

arabinosa y pequeñas cantidades de ramnosa, ácido glucurónico, ácido metil-glucurónico y ácido galacturónico

La lignina es una molécula muy compleja, no soluble en agua, formada por unidades de fenilpropano. Es un componente de la pared celular vegetal, y cuanto mayor sea la proporción de lignina mayor será la resistencia a la degradación química o enzimática (Kumar et al., 2012). La presencia de lignina resulta un inconveniente de la utilización de materiales lignocelulósicos en la fermentación alcohólica. La lignina limita la velocidad de la hidrólisis enzimática actuando como una barrera física sobre el sustrato.

Finalmente, las pectinas están formadas fundamentalmente por largas cadenas formadas por unidades de ácido galacturónico, que puede encontrarse como tal ácido, con el grupo carboxilo libre, o bien o con el carboxilo esterificado por metanol (metoxilado).

En la cáscara de naranja también hay aceites esenciales volátiles a temperatura ambiente, son una mezcla compleja de sustancias bioactivas como flavonoides, terpenos (limoneno) y carotenos que tiene características de agente antimicrobiano en el fruto. Los aceites esenciales provenientes de frutos cítricos contienen de 85 a 99% de componentes volátiles por lo que son líquidos fácilmente separables por arrastre con vapor o prensado en frío.

Tabla N°2.5 Composición promedio de cáscara de naranja

Componentes		gr/Cada 100 gr (Base húmeda)	gr/Cada 100 gr (Base seca)
Agua		72,50	0.00
Proteínas		1.65	6.00
Carbohidratos		17.24	62.70
Grasas		0.94	3.40
Fibra		3.58	13.00
Cenizas		1.90	6.90
MINERALES	Calcio	0.55	2.00
	Magnesio	0.04	0.16
	Fósforo	0.03	0.10
	Potasio	0.17	0.62
	Azufre	0.01	0.06
Vitaminas Colina, Niacina, Ácido Pantoténico Riboflavina		0.02	0.08
Aminoácidos		0.21	0.76
componentes minoritarios		1.16	4.22

Biocombustibles

Es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, es una fuente sustentable de energía, a diferencia de otros recursos naturales como el petróleo y carbón. Aunque se puede hablar de muchos tipos de biocombustible, por su importancia, aplicación y volumen de producción, básicamente hay dos: el bioetanol y el biodiésel.

El bioetanol en argentina es obtenido a través del maíz y de caña de azúcar por medio de procesos de fermentación y enzimáticos de sus azúcares. Dado que la composición de la celulosa es muy rica en azúcar, resultaría muy útil producir alcoholes a partir de la fermentación de celulosa, principal componente estructural de las cáscaras de naranja.

Clasificación de Biocombustibles

Primera generación:

Basados en materia prima comestibles (aceite de soja , caña de azúcar, maíz). Plantean el problema "food for oil",incrementando el precio de los alimentos al demandalos para producir biocombustibles.

Segunda generación:

Basados en materia prima no comestibles (algas), cuyo precio es inferior a los alimentos debido a que no compite en dos mercados.

Tercera generación:

En este caso la materia prima es celulosas no comestibles (residuos de madera, variedades de pasto y residuos celulósicos). Se producen a partir de nuevas tecnologías en desarrollo.

Evolución del Bioetanol

La expansión de la producción y uso de biocombustibles se debe a dos factores, por un lado la oferta, la cual se observa desde los años 1970 debido a una actitud de gradual intervención del Estado para promocionar su producción y consumo. Esto se ha generalizado en la última década con reformas regulatorias tendientes a favorecer la producción de combustibles no fósiles, fundamentalmente en Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá, la Unión Europea, la República Popular China, India, Malasia, Indonesia y Tailandia. En general los costos de producción de la mayor parte de estos países siguen superando a los de los derivados de petróleo. De ahí que hasta el presente no más del 1% de la oferta mundial de energía provenga de biocombustibles.

Por el lado de la demanda, los factores más relevantes son el precio del petróleo (futuro y de contado), el precio de las materias primas para producir combustibles no fósiles y las políticas públicas orientadas a fomentar el uso de biocombustibles de manera permanente.

En el caso del bioetanol, su uso comienza a fines de los 1970 como complemento de la nafta. En la década siguiente pasó a utilizarse como elevador de octanos.

A nivel mundial, en 2010 los cuatro primeros productores eran Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea y la República Popular China, que concentraban más del 94% de la producción mundial de bioetanol.

Las ventajas del uso del bioetanol

a) Es oxigenante de la nafta y mejorar su octanaje, reduciendo la emisión de gases causantes del llamado "efecto invernadero".

b) Reduce la proporción de plomo y de otros aditivos nocivos para la salud humana.

c) Actúa como anticongelante, mejorando el arranque de los motores en presencia de temperaturas bajas.

Las desventajas del bioetanol

a) Se consume entre un 20% y 30% más rápidamente que la nafta.

b) Habitualmente para la producción de azúcar en muchos países se queman los cañaverales antes de la cosecha, lo cual libera óxido nitroso y metano, que agravan el problema del calentamiento global.

c) Para la producción de bioetanol a partir del maíz, se utiliza gran cantidad de gas natural o carbón.

El maíz ha sido la principal materia prima para la producción de bioetanol en Estados Unidos, y la segunda más importante en Argentina. Para países con regiones de clima tropical o subtropical (Brasil, México, Centroamérica, Australia, India, Tailandia, Indonesia, Argentina), la materia prima fundamental es la caña de azúcar.

Producción de bioetanol Argentina

En nuestro país la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles también vino impulsado por la iniciativa del Estado. En 1974 el Senado nacional y la Secretaría de Energía mostraron interés por los avances de los desarrollos e investigaciones al respecto, pero recién en 1978 es cuando se relanzan las investigaciones en la provincia de Tucumán, dado el fuerte impulso que tuvo el programa "PROALCOOL" en Brasil.

En 1979 comenzaron los ensayos en la Estación Agro-Industrial Obispo Colombres de Tucumán, con el uso de alcohol etílico mezclado con nafta en motores de vehículos provistos por varias automotrices locales. Dichos ensayos, conocidos como "Plan Alconafta", apuntaban a demostrar la viabilidad del uso de dicha mezcla como combustible alternativo. Ya en marzo de 1981 comenzó en Tucumán la comercialización de alconafta consistente en la mezcla de un 12% de alcohol común y un 88% de nafta común. En septiembre de 1985 se sancionó la ley 23.287 (promulgada por el decreto 2.044 de octubre de ese año), se declaró de interés nacional el

llamado "Plan Nacional de Alconafta" y se propuso que las distintas regiones y provincias produjeron en forma gradual alcohol etílico, hidratado o anhidro, para su uso como combustible de motores, solo o para mezcla con naftas. La ley establecía que el gasto que demandará la implementación del Plan, se debía financiar con recursos equivalentes hasta el 2% de la recaudación del llamado Fondo Nacional de la Energía.

En octubre de ese año se incorporan al uso de alconafta las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, luego lo hacen las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones. A fin de ese año las 12 provincias usuarias de alconafta consumían 250 millones de litros de alcohol anhidro como combustible. La capacidad productiva potencial, con la superficie sembrada de caña y establecimientos industriales de entonces, llegaba a los 450 millones de litros, considerando años de zafras con alto rendimiento. El consumo de alconafta gozaba de la exención del pago del impuesto a los combustibles sobre el 15% de alcohol que contenía la alconafta comercializada. El plan no prosperó por varias razones:

- La sucesión de zafras azucareras relativamente malas, que no permitieron cubrir la demanda de alcohol.
- La gran inestabilidad macroeconómica observada entre 1988 y 1989, que desalentó las inversiones para ampliar la producción efectiva al nivel requerido de 410 millones de litros anuales de etanol.

- Las urgentes necesidades fiscales tornaron inviable sostener el subsidio al consumo de alconafta y los precios regulados por la Secretaría de Energía para las fábricas de bioetanol.
- Una caída en la oferta de materia prima por una sequía seguida luego por intensas heladas, que condujeron en 1989 al abandono de dicho programa.

Recién hubo cierto interés por los combustibles no renovables en la década siguiente, dada la caída en la producción y exportación de combustibles fósiles frente a una creciente demanda y con precios históricamente récord del petróleo.

En 2006 se sancionó la ley 26.093 sobre biocombustibles, que establece la incorporación de biocombustibles en una proporción o "corte obligatorio" no inferior a 5% en los combustibles fósiles a partir del año 2010. De esta forma se impulsó un mercado interno con un consumo inicial de 700.000 m3 de biodiesel y de 250.000 m3 de bioetanol.

La política en la materia, impulsada por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, ha tenido el objetivo de incrementar de manera permanente el uso de mezclas entre biocombustibles y gasoil, con un creciente corte de biodiesel respecto del gasoil. Por otro lado, las autoridades trataron de incentivar la producción de bioetanol con la ley 26.334 de diciembre de 2007, que extendió a la producción de bioetanol el mismo régimen promocional vigente para el biodiesel.

Con respecto al bioetanol, en abril de 2013 se comenzó a superar la exigencia de corte obligatorio (5%), y frente al elevado precio del petróleo se fue incrementando dicha proporción, en promedio el corte observado en 2013 fue del 6,2% y en 2014 llegó al 9%. Para el 2016 el gobierno nacional estableció un corte obligatorio del 12% y estima aumentar a un 25%, aunque las empresas automotrices no están de acuerdo por el elevado costo de las modificaciones necesarias en los motores.

Determinación del precio de adquisición del bioetanol

A partir de caña de azucar

"ANEXO I *(Anexo sustituido por art. 1° de la Resolución N° 170/2014 de la Secretaría de Energía B.O. 4/12/2014. Vigencia: a partir del 1° de diciembre de 2014)"*

Determinado en base a fórmula de precio que considera costos más rentabilidad para producir UN (1) litro de Bioetanol a partir de caña de azúcar, menos el TRES POR CIENTO (3%):

Fórmula de precio = (Costo de combustible + Costo de mano de obra + Costo de gas natural + Resto de costos) * (1 + Factor de correlación).

A partir del maíz

"ANEXO II *(Anexo sustituido por art. 1° de la Disposición N° 1/2015 de la Secretaría de Combustibles B.O. 7/4/2015. Vigencia: a partir del 1° de abril de 2015)"*

Determinado en base a fórmula de precio que considera costos más rentabilidad para producir UN (1) litro de Bioetanol a partir de maíz o cualquier otra materia prima distinta a la caña de azúcar:

Fórmula de precio = (Costo del Maíz + Costo de Mano de Obra + Costo del Vapor + Costo de Electricidad + otros conceptos).

Costo del Maíz: Precio FAS teórico promedio del mes anterior para la tonelada de maíz publicado por la Dirección de Mercados Agrícolas del MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA, multiplicado por el consumo específico de maíz para producir UN (1) litro de Bioetanol, el cual se establece en CERO COMA VEINTICUATRO DIEZMILÉSIMAS DE TONELADA POR LITRO DE BIOETANOL (0,0024 ton/l).

Costo de Mano de Obra: Se establece en PESOS CERO CON DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCOMILÉSIMAS ($ 0,285) por cada litro de Bioetanol producido, actualizable de acuerdo al promedio de la variación del costo salarial establecido en los convenios colectivos de trabajo en los cuales se encuadren las plantas que producen Bioetanol a partir de maíz

y/o de la documentación que requiera la SECRETARÍA DE ENERGÍA a los efectos de verificar dicho valor.

Costo del Vapor: Se calcula a partir del promedio de los últimos DOCE (12) meses de los precios del gas en boca de pozo establecido en contratos para industrias, sumado al costo de transporte vigente para la Recepción Neuquén y Despacho Central, a lo que se adiciona el costo de distribución de la Distribuidora de Gas del Centro para Grandes Usuarios Interrumpibles de acuerdo a la normativa establecida por el ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS (ENARGAS), a lo cual se suma el cargo establecido por el Decreto N° 2.067 de fecha 3 de diciembre de 2008 para un Gran Usuario con subsidios. Todo lo anterior valorizado para un consumo de CERO COMA TRESCIENTOS SESENTA Y DOS METROS CÚBICOS (0,362 m3). El costo resultante se multiplica por el factor de uso de otros combustibles establecido en UNO COMA TREINTA Y SEIS (1,36).

Costo de Electricidad: Se considera el Precio Medio Monómico Mensual informado a la SECRETARÍA DE ENERGÍA por el ORGANISMO ENCARGADO DEL DESPACHO (OED) para la Transacción Económica Mensual del Mercado Eléctrico Mayorista con vencimiento en el mes anterior, y valorizado para un consumo de CERO COMA TREINTA Y UN KILOVATIOS HORA (0,31 KWh).

Otros conceptos: Se establece PESOS TRES CON DOSCIENTAS OCHENTA Y SEIS MILÉSIMAS ($ 3,286) para producir UN (1) litro de Bioetanol, actualizable de acuerdo a la última variación mensual

acumulada del Nivel General del ÍNDICE DE PRECIOS INTERNOS AL POR MAYOR (IPIM) publicada por el INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC), organismo descentralizado en la órbita del MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS PÚBLICAS en concepto del resto de costos, el recupero de la inversión, el pago de los impuestos correspondientes y la rentabilidad considerada.”

Capítulo 3

Localización y capacidad de la planta

Índice

Índice 2

Macrolocalización 3

Microlocalización 4

Zona 1: Parque Industrial Concordia 4

Beneficios Municipales 5

Beneficios Provinciales 6

Zona 2: Área Industrial Chajarí 7

Beneficios Tributarios 8

Beneficios Municipales 8

Beneficios Provinciales 8

Macrolocalización

La planta industrial de bioetanol se ubicará en la provincia de Entre Ríos, esta elección se hace teniendo en cuenta la cercanía de la materia prima a utilizar.

La provincia de Entre Ríos se ubica en la mesopotamia Argentina, limita al norte con Corrientes al este con el Río uruguay, al sur con Buenos Aires y al oeste con Santa fe.

Tiene una superficie de 78781 km^2 y una densidad de habitante de 15,6 habitantes por km^2.

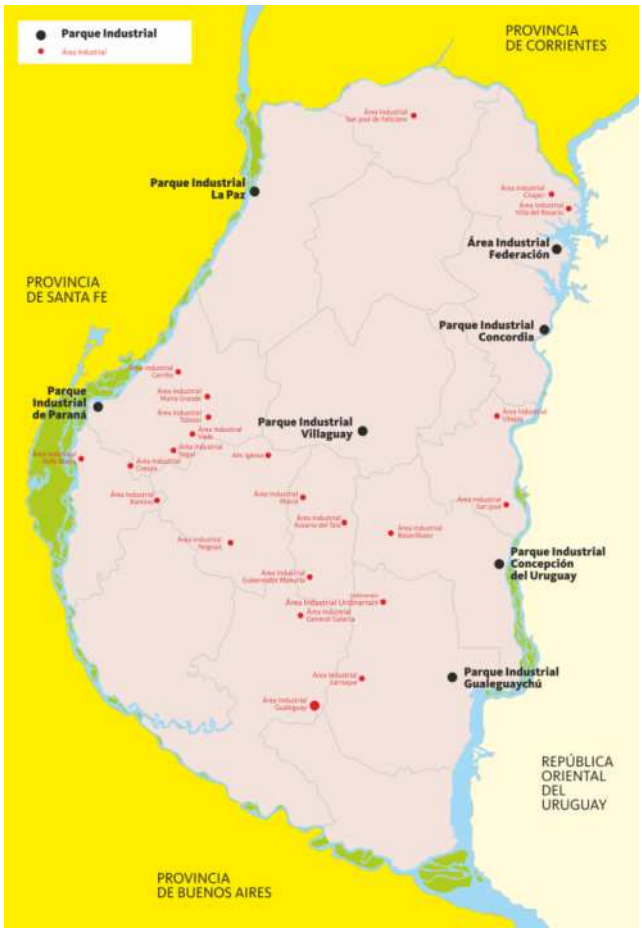


Figura 3.1. Mapa de distribución de parques industriales y áreas industriales en la provincia de Entre Ríos

Microlocalización

Se analiza la ubicación de la planta industrial en dos posibles zonas teniendo en cuenta la cantidad de materia prima disponible, cercanía del mercado, costos de insumos y transporte además de la mano de obra disponible.

Zona 1: Parque Industrial Concordia

Este se encuentra ubicado sobre acceso Sur a Concordia, a 1 Km. Ruta Nac. 14, a 10 Km. del centro de Concordia. Es propiedad de la Municipalidad de Concordia, y actualmente hay aproximadamente 20 Industrias instaladas en el parque industrial.

En cuanto a la Infraestructura y servicios comunes consta de una superficie de 100 Has. parceladas y con cerco perimetral de seguridad.

Además las industrias que se instalen en el Parque Industrial podrán solicitar la transferencia a título gratuito del predio en que construyan su planta industrial.

La Energía Eléctrica se encuentra a cargo de la Cooperativa Eléctrica de Concordia, se dispone de una estación transformadora 33/13,2 KV. y líneas de suministro de energía eléctrica en media y baja tensión; red interna de distribución e instalación de iluminación.

Cuenta con Captación de agua subterránea, mediante 3 perforaciones, con equipos de bombeo, un tanque de HºAº de 500 m3. de capacidad y red de distribución interna.

Acceso a Gas Natural, con una Estación reguladora de presión y cañerías de distribución interior.

Acceso y Red Vial Interna, cuenta con portal de ingreso, cabina de control, camino de acceso y red vial interna de hormigón y de ripio.

El Parque Industrial de Concordia, dispone además, de las siguientes obras de infraestructura y servicios comunes:

- Comunicaciones :Conexión para líneas de teléfono y fax.
- Cabina y báscula para pesaje de camiones de hasta 80 Ton. con dispositivo electrónico de control.
- Servicio de control y seguridad.
- Instalación contra incendios.
- Red colectora de efluentes cloacales e industriales.
- Planta de depuración de efluentes industriales y cloacales .
- Transporte de pasajeros hasta el Parque Industrial.
- Desagües pluviales.

Beneficios Tributarios

Beneficios Municipales

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 a la siguiente escala.

Tabla 3.1. Tasa de desgravación municipal

Periodo	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%

Beneficios Provinciales

Los beneficios del regimen de promocion:

- Exenciones de impuestos provinciales siendo del 100% los primeros 5 años, del 75% del año 6 al 10 y del 50% desde el año 11 al 15.
- Preferencias en licitaciones y compras al estado provincial
- Descuentos en las prestaciones de servicio de energía eléctrica
- Asistencia en la gestión de los recursos humanos

Figura 3.2. Localización estimada dentro del parque industrial Concordia.

Zona 2: Área Industrial Chajarí

Se encuentra ubicado sobre la Ruta Nacional 14, a 8 km. de Chajarí, es propiedad de Municipalidad de Chajarí.

Cuenta con una superficie de 64 Has., parceladas y con cerco perimetral de seguridad de 800 mts. de longitud. Dispone de una estación transformadora de energía de 33/13,2 KV. y distribución interna en media y baja tensión. El agua proviene de una captación de agua subterránea a 70 mts. de profundidad, con motor de 10 H.P. y bomba sumergida con un caudal de 40 m3/hora y tanque elevado a 15 mts. de altura de HºAº de 30.000 lts. de capacidad y 1000 mts. de cañería de distribución de P.V.C. (60 mm. de diámetro.).

Acceso a gas natural por medio de estación reguladora de presión.

El Área Industrial de Chajarí, dispone además de la siguiente infraestructura y servicios comunes:

- Portal y obras de arquitectura con cabina de ingreso.
- Acceso y caminos internos demarcados y enripiados total 2.000 mts.
- Comunicaciones: líneas de teléfono y fax.
- Estación de servicio.

Beneficios Tributarios

Beneficios Municipales

Eximición de tributos municipales por 10 años, de aplicación exclusiva en el Área Industrial. Se concede al otorgarse el predio.

Beneficios Provinciales

Abarca los beneficios del regimen de promocion

- Exenciones de impuestos provinciales del 100% los primeros 5 años, del 75% del año 6 al 10 y del 50% desde el año 11 al 15.
- Preferencias en licitaciones y compras al estado provincial.
- Descuentos en las prestaciones de servicio de energía eléctrica.
- Asistencia en la gestión de los recursos humanos.

Figura 3.3. Localización estimada dentro del área industrial Chajarí.

En el cuadro 3.1 se comparan los factores que inciden en la localización de la industria.

Se lleva a cabo una estimación de la importancia de los distintos factores y se asigna un porcentaje correspondiente cada factor. Se califica cada factor para cada zona y luego se multiplica esa calificación por el porcentaje de importancia para obtener una ponderación global.

La calificación se hace teniendo en cuenta una escala del 1 al 10 siendo 10 lo más favorable y 1 la peor condición.

Tabla 3.1 Cuadro de comparación de factores que inciden en la microlocalización

Factor	Peso factor	Zona 1		Zona 2	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Materia Prima	0.30	8	2,4	5	1,5
Cercanía Mercado	0.1	6	0,6	5	0,5
Costo de insumos	0.05	7	0,35	7	0,35
Transpor-te MP	0.25	8	2	7	1,75
Mano de obra disponible	0.05	7	0,35	4	0,2
Costo de terreno	0.1	6	0,6	6	0,6
Facilidad de acceso	0.05	7	0,35	7	0,35
Disponibi-lidad de servicios	0.1	8	0,8	7	0,7
Total	**1,00**		**7.45**		**5.95**

Considerando las calificaciones ponderadas se decide localizar la planta industrial de bioetanol en el parque industrial de Concordia (zona 1).

La elección está basada principalmente en la cantidad de materia prima disponible y la cercanía a ella.

En cuanto a los demás factores no hubo una gran incidencia en la toma de decisiones.

Capítulo 4

Descripción del proceso

Índice

Índice 2
Introducción al proceso 3
Diagrama de Flujo 4
Producción de bioetanol 5
Recepción 5
Prensado 5
Explosión de vapor 6
Hidrólisis Enzimática 7
Fermentación 10
Influencia de la temperatura 13
Influencia del pH 14
Tasa de crecimiento 14
Tolerancia al alcohol: 15
Inhibidores: 15
Filtración 16
Destilación y purificación 16
Almacenamiento 20
Transporte 21
Análisis durante el proceso 22
Recuperación de subproducto 23
Alimento para animales 23

Introducción al proceso

El proceso para la obtención de bioetanol se divide en 3 etapas generales, el pretratamiento de la materia prima, la conversión de la materia prima a etanol y por último la purificación de los productos obtenidos.

El pretratamiento se puede realizar por diferentes métodos ya sean fisicos, quimicos, biologicos o combinaciones de ellos. Comparando las diferentes investigaciones consideramos que lo más apropiado para este proyecto es usar una combinación de métodos físicos (molienda y steam explosion) y biológicos (hidrólisis enzimática) para acondicionar la materia prima y luego pasar a la siguiente etapa donde se realiza la fermentación.

Para la purificación del bioetanol, se comienza con una destilación seguido de una deshidratación, desulfuración y desmetilación, obteniéndose bioetanol al 99,5° gl.

Durante el proceso, se obtiene un producto que posee valor económico y puede ser aprovechado para su comercialización, este residuo es la levadura separada mediante un proceso de filtración luego de haber terminado la etapa de fermentación.

Diagrama de Flujo

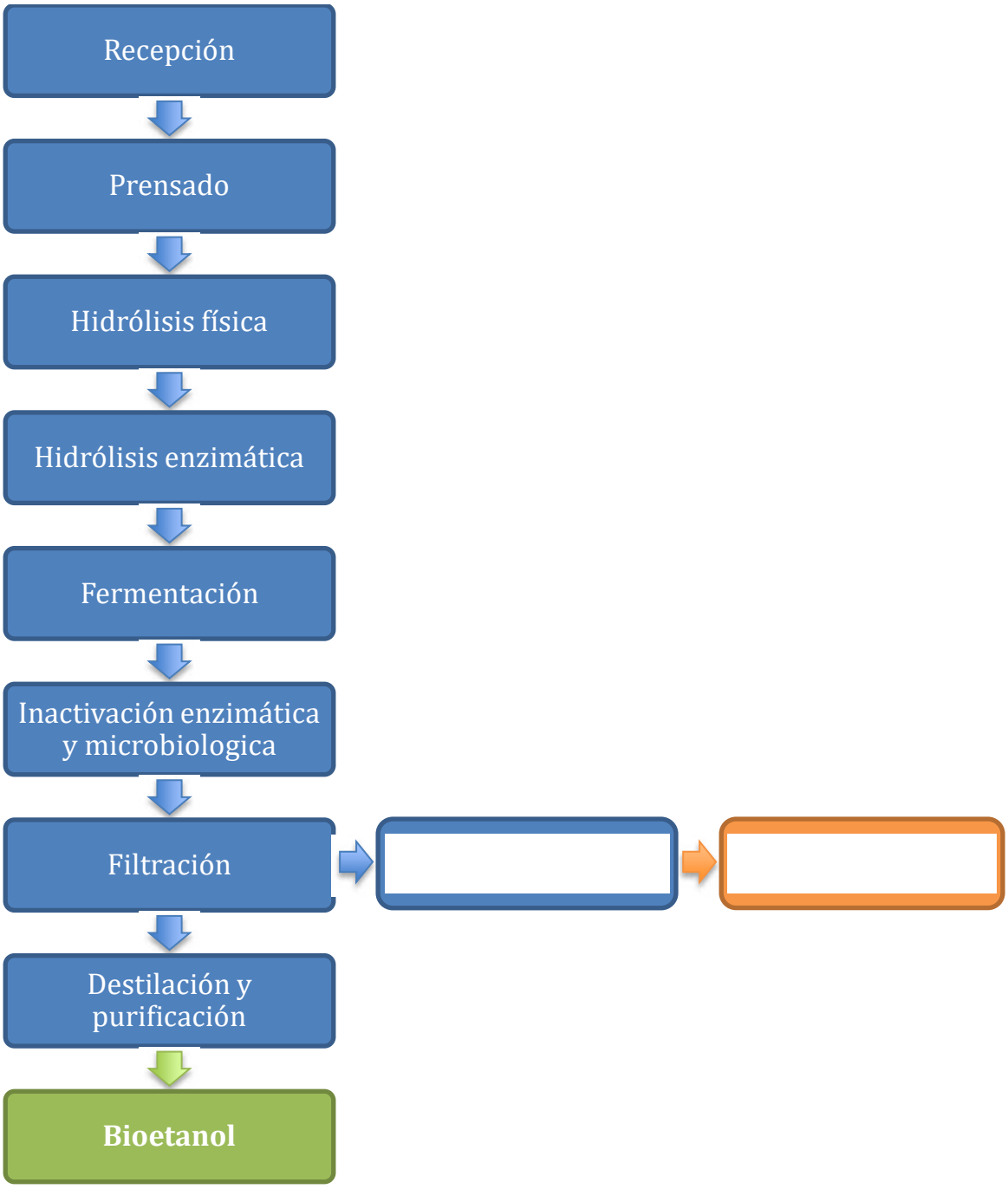


Figura 4.1. Flow sheet del proceso de obtención de bioetanol y del subproducto.

Producción de bioetanol

Recepción

Tanto la cáscara de cítricos como cualquier desperdicio aprovechable de la industria cítrica llega a la planta en camiones volcadores procedentes de las industrias de jugos cítricos de la región. Los camiones se pesan en el ingreso del parque industrial antes y después de la descarga, para obtener la cantidad de materia prima que ingresa y de esta forma conseguir valores de rendimiento del proceso.

Los camiones descargan la cáscara en una tolva de recepción la cual tiene a ambos lados una pendiente inclinada hacia el centro, en la parte inferior de la misma posee un tornillo sinfín para lograr el trasporte de la materia prima hacia un tubo conductor ubicado a la salida del tornillo, el cual transporta los residuos a la zona de pretratamiento.

Esta etapa requiere de un operario que organice la descarga de los camiones para evitar que se rebalse la tolva.

Prensado

El material lignocelulósico se envía a una prensa donde se extraen los jugos con el aceite esencial cuya presencia debe ser menor a 0,025% para evitar la inhibición de los microorganismos.

Los sólidos salen ya reducidos a un tamaño óptimo, por lo que aumenta el área interfacial y disminuye la cristalinidad de la celulosa, de

esta forma se facilita accesibilidad de las enzimas a las cadenas de celulosa.

Explosión de vapor

La materia prima se somete a una temperatura de 151,7°C, mediante la inyección directa de vapor saturado dentro del reactor, por un intervalo de tiempo de 5 minutos. Seguidamente se lleva el producto a una rápida descompresión hasta presión atmosférica, logrando una vaporización violenta del agua intracelular de la cáscara y la ruptura de las paredes celulares. Durante el proceso, el uso de vapor saturado a alta presión causa reacciones de autohidrólisis, en las que, la hemicelulosa y la lignina se convierte en compuestos solubles, como resultado se obtiene biomasa con alteraciones físico-químicas y una celulosa más accesible a la hidrólisis enzimática.

En comparación con otros pretratamientos alternativos, las ventajas de éste incluyen un impacto ambiental significativamente inferior, menor inversión de capital, y se trata de un proceso relativamente poco peligroso. *Ref.1*

Por otro lado, cuando el material lignocelulósico es pretratado con explosión de vapor, se ha comprobado que en el hidrolizado pueden aparecer sustancias inhibidoras de levaduras y enzimas que derivan de los tres componentes que forman la biomasa lignocelulósica y, por lo tanto,

es necesario tenerlos en cuenta porque pueden reducir la productividad del proceso. *Ref.2.*

Las variables a controlar en este tipo de procedimiento son la temperatura, el tiempo de residencia, el tamaño de partícula, y la humedad. *Ref.3*.

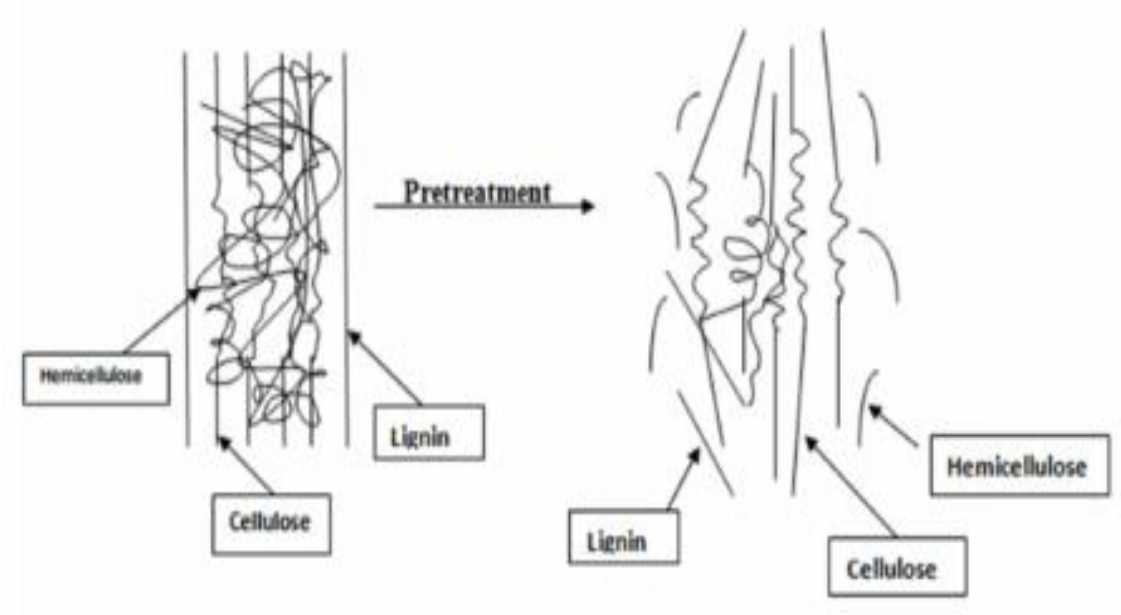


Figura 4.2. Efecto del pretratamiento de explosión de vapor sobre cadenas de celulosa.

Hidrólisis Enzimática

El objetivo de esta etapa es conseguir la ruptura de la celulosa presente en la biomasa para liberar azúcares fermentables. El rendimiento en azúcares a partir de la materia prima pretratada depende del tipo de enzima utilizada y de cómo ésta reacciona en distintos tratamientos, suelen utilizarse tanto celulasas como pectinasas.

Las celulasas son las enzimas responsables de hidrolizar los enlaces β-1,4-D-glucano presentes en las cadenas de celulosa para producir azúcares como glucosa, celobiosa y oligosacáridos.

Este complejo enzimático está constituido al menos por catorce componentes, de los cuales se destacan tres por su importancia:

1) β-1,4-glicosídicos de la celulosa (endoglucanasa): ataca las regiones de baja cristalinidad en la celulosa hidrolizando al azar los enlaces β-1,4-glicosídicos, dejando libres los extremos reductores y no reductores, logrando así una reducción del grado de polimerización, pero obteniendo una baja producción de azúcares reductores.

2) β-1,4-celobiohidrolasa (Exoglucanasa): la cual degrada aún más las moléculas al liberar celobiosa a partir de los extremos de la cadena.

3) β-glucosidasa (celobiasa): Esta última hidroliza la celobiosa para producir glucosa.

Las enzimas actúan de forma sinérgica para convertir la celulosa en azúcares fermentables. La última reacción catalizada por la β-glucosidasa es muy importante ya que la celobiosa es un inhibidor de la endoglucanasa y exoglucanasa cuando ésta se encuentra en concentraciones elevadas. La celobiosa puede disminuir la tasa de hidrólisis de la celulosa hasta un 50%. *Ref.4*.

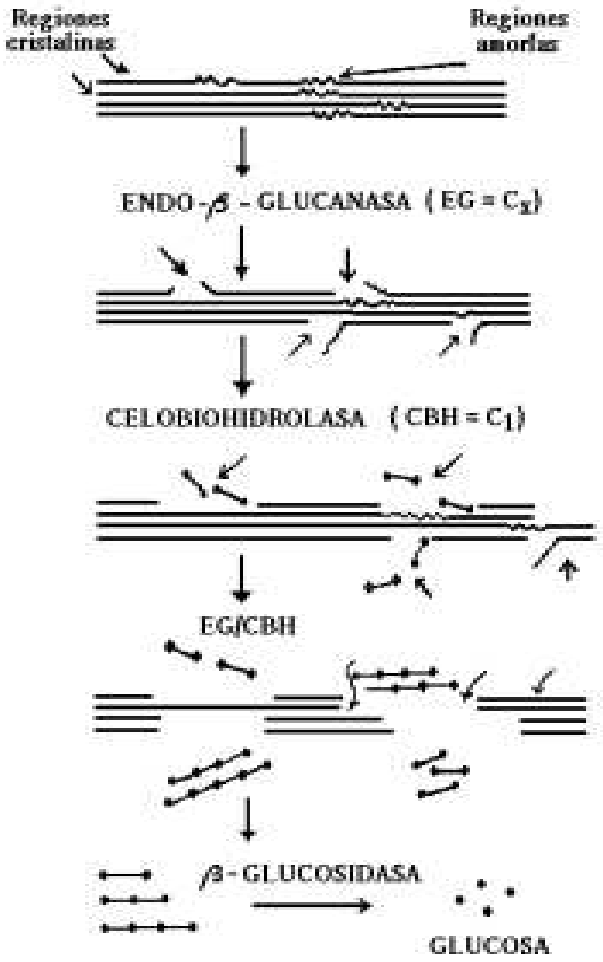


Figura 4.3 Mecanismos de acción de las celulasas.

La hidrólisis enzimática tiene las siguientes ventajas:

- Condiciones moderadas de temperatura y presión (30 a 50 °C y presión atmosférica).
- No utiliza agentes qúımicos, evitando ası la corrosión de los equipos y la degradación de los azúcares obtenidos. Además de eliminar la necesidad de recuperar dichos agentes.
- Alta especificidad.

Según la bibliografía consultada, luego de la hidrólisis enzimática obtenemos una concentración de 0,104 kg de azúcares fermentables por kilo de cáscara de naranja.

Fermentación

El objetivo de esta etapa es la obtención de bioetanol de 3ra generación mediante la fermentación de los azúcares contenidos en los residuos orgánicos.

La fermentación alcohólica es un proceso oxidativo, en condiciones anaeróbicas, el sustrato, es transformado principalmente en alcohol etílico, dióxido de carbono y ATP.

La energía se sintetiza como ATP a partir de un proceso de glicólisis al que sigue el metabolismo del piruvato. De este modo la fermentación complementa la glucólisis y hace posible producir energía en ausencia de oxígeno. *Ref.5*.

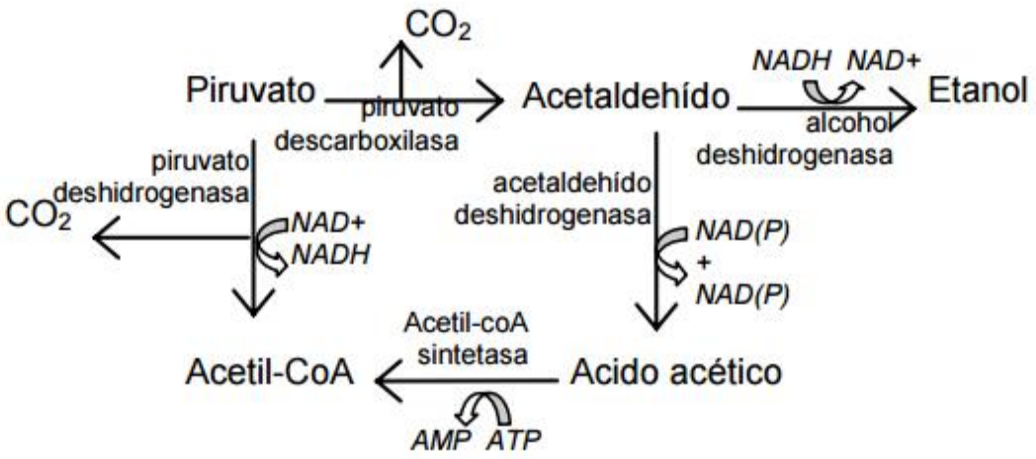


Figura 4.4. Metabolismo fermentativo de las levaduras.

La fermentación se realizará simultáneamente a la hidrólisis enzimática en el mismo tanque, añadiendo las levaduras, los factores de crecimiento y se disminuyendo la temperatura para que sea óptima en el proceso.

El 96% de la producción de etanol la llevan a cabo diferentes especies de levaduras debido a su alta productividad en la conversión de azúcares a etanol y a que se separan mejor después de la fermentación. Entre las especies más utilizadas están: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces anamensisi, Saccharomyces carlsbergensis. Candida seudotropicalis, Candida bytyrii, Kluyveromyces marxianus, Pichia stipatis, Pichia membranaefaciens y Schizosaccharomyces pombe.*

De las levaduras anteriormente nombradas, la especie *Saccharomyces* es la más eficiente para la producción de etanol. Además, tienen una buena tolerancia a las elevadas concentraciones de etanol y de azúcares, ya que adaptan su membrana externa para facilitar la transferencia de etanol desde el interior al exterior de la célula hasta concentraciones del 10% vol. *Ref.6*.

La levadura tiene la particularidad de ser un microorganismo facultativo, es decir, que puede vivir con o sin aire,teniendo desde ya distintas funciones según sea el proceso:

1 - Fase Aeróbica, en esta parte del proceso los azúcares presentes son utilizados por las levaduras para nutrición y reproducción. Esto implica que en estas condiciones, los azúcares son transformados en biomasa.

2- Fase Anaeróbica, los azúcares presentes son sometidos a un proceso de fermentación mediante un proceso de glicólisis, en donde participan una serie de enzimas que han de llevar al monosacárido glucosa y/o fructosa a aldehído pirúvico y una oxidación final lo transforma en alcohol etílico, con un desprendimiento de calor, y de CO2, los cuales deben ser retirados del medio para que la reacción continúe.

Incluso en la fase anaerobia será necesaria una cierta presencia de oxígeno, ya que las levaduras lo necesitan para producir sus esteroles y sus ácidos grasos insaturados de membrana.

La producción industrial de etanol requiere**:**

1. Propagación del cultivo

Este es el punto de partida con el cual se debe aumentar la cantidad de microorganismos. La propagación se realiza en un caldo con composición similar a la del medio de crecimiento para disminuir la posterior fase lag, esto se realiza hasta obtener una concentración de 10^9 UFC/ml .

El material obtenido en esta fase, se siembra en el tanque de inóculo de 4000 litros.

2. Fermentación:

Del tanque de inóculo se pasa posteriormente al fermentador industrial cuyo volumen, es de 18.000 litros. Para esta etapa se utilizaran 11 tanques, considerando un tiempo de fermentación aproximadamente de 21 hs.

En esta etapa se acondiciona el medio de cultivo,incluye la determinación del contenido de azúcares, los compuestos minerales y orgánicos en la biomasa,que serán utilizados como sustratos a fin de lograr una fermentación sustentable.

Entre los compuestos minerales los más importantes son los fosfatos, las sales de magnesio y de amonio y los aminoácidos como asparagina, glutamina y leucina, que actúan como factores de crecimiento. *Ref.7*.

Los parámetros que afectan el rendimiento de la fermentación y por lo tanto deben estar bajo control son:

- La temperatura (mesófilos T_{op} = 25-35°C)
- El pH, (rango de 3 a 6)
- Tasa de crecimiento
- La tolerancia de la levadura frente al alcohol (<18%)
- La tolerancia a los inhibidores.

Influencia de la temperatura

La mayor parte de los microorganismos de uso industrial son mesófilos, los cuales alcanzan un máximo de resistencia en los 37 ºC. Cuando se supera este límite se genera una rápida caída de la velocidad de crecimiento por lo tanto la temperatura óptima para estos microorganismos está entre 25-35 ºC, rango en el cual la velocidad de crecimiento se mantiene prácticamente constante. *Ref.8.*

Influencia del pH

Las levaduras prefieren un ambiente ligeramente más ácido entre pH 4.0 y 5.0. La fermentación alcohólica, se puede desarrollar a pH ácido sin que se produzcan cambios en la velocidad de la reacción. Por tanto, el pH de las cortezas de cítricos no resulta un inconveniente para el desarrollo de fermentación, además de que, con estos pH, se previenen las proliferaciones bacterianas parásitas que pueden resultar una competencia para el crecimiento de levaduras. *Ref.9.*

Tasa de crecimiento

La velocidad de crecimiento de las levaduras depende directamente de la concentración del sustrato.

El modelo de Monod describe una curva de crecimiento, en la cual se presenta una primera etapa de adaptación al medio, "fase lag", que depende tanto del número de células, como del sistema metabólico, esta fase se puede prolongar por la presencia de tóxicos, una pobre o inadecuada inoculación. Luego se presenta un "crecimiento exponencial" que ocurre a una máxima velocidad (μ_{max}), la duración de esta fase depende de la concentración inicial del sustrato limitante (S), así como también de la habilidad del microorganismo para adaptarse a la disminución de la concentración de sustrato. *Ref.10.*

En el punto, en el que se presenta limitación de sustrato, la velocidad específica de crecimiento (μ) se comporta en función de la siguiente expresión

$$\mu = \frac{\mu_{max}\, S}{K_S + S}$$

Ecuación 4.1 Cinética de Monod

Luego de la fase exponencial, donde se tiene el máximo valor de biomasa, se da una "fase estacionaria" durante la cual algunas células se dividen mientras otras mueren, para finalmente llegar a la fase de muerte. En general todo el comportamiento podrá definirse en función de la velocidad específica de crecimiento y la velocidad de lisis o metabolismo endógeno. *Ref.11*.

Tolerancia al alcohol:

La tolerancia al etanol es un elemento importante en la selección de una cepa de levadura, pues de su capacidad de mantenerse activa en condiciones crecientes de concentración alcohólica en el medio dependerá el rendimiento del proceso. Estudios en cuanto a la tolerancia al etanol, usando concentraciones de etanol desde 0 a 12 % (V/V), reportan resultados en % alcohólico y eficiencia en la fermentación superiores a 70% - 80 % respectivamente de la especie S. Cerevisiae.

Inhibidores:

Los compuestos potencialmente inhibidores para los microorganismos encargados de la etapa de fermentación pueden clasificarse de acuerdo a su estructura química en furaldehídos y compuestos aromáticos.

Los furaldehídos generados son principalmente furfural, producto de degradación de las pentosas en 5-hidroximetilfurfural (HMF), provenientes de la celulosa. *Ref.12*.

Los compuestos aromáticos son compuestos fenólicos procedentes de la degradación de la lignina siendo el 4-hidroxibenzaldehído, vainillina, siringaldehído, acetosiringona, ácido vainíllico y ácido siríngico los que se suelen encontrar en mayor medida. *Ref.13*.

Estos compuestos pueden eliminarse por medio de lavado o de mecanismos de detoxificación como el uso de carbonato cálcico o carbón activo en una gran variedad de materiales lignocelulósicos. *Ref.14*.

Filtración

El objetivo de la filtración, es separar el mosto mediante una membrana porosa, la cual retiene los sólidos y deja pasar el líquido, debido a una diferencia de presión entre un lado y otro de la membrana.

Para esta etapa necesitamos un filtro de placa y marco estos son útiles en procesos discontinuos ya que son flexibles y además soportan elevadas presiones.

Luego del filtrado la torta formada es lavada y acondicionada para obtener levadura prensada la cual se destina para alimento animal.

Destilación y purificación

La destilación es la operación usada en la obtención de etanol anhidro ya que aprovecha la difusión entre fases del equilibrio líquido-

vapor. Una característica de la mezcla etanol-agua a tener en cuenta para la implantación de este tipo de procesos, es que, a presión atmosférica, forma un azeótropo para una concentración del 96% en peso de etanol.

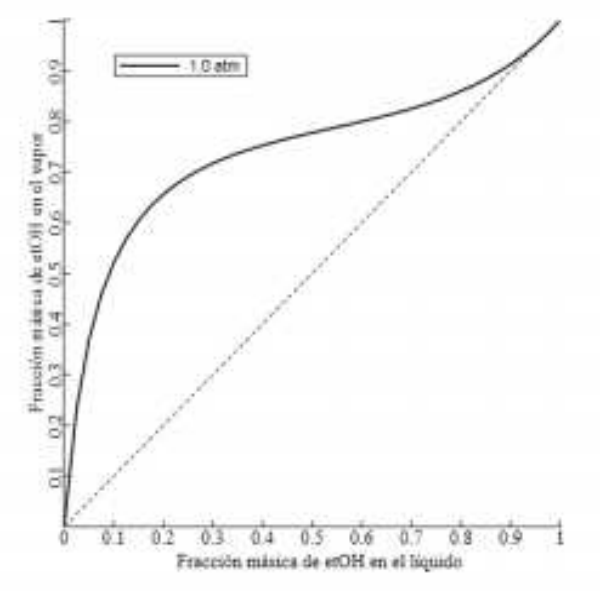


Figura 4.5. Equilibrio líquido-vapor para una mezcla etanol-agua a 1 atmósfera de presión.

El inconveniente que se presenta en la mezcla, es que al llegar al azeótropo se tiene punto de ebullición y composición constantes, donde la composición de la fase líquida es igual a la de sus vapores en equilibrio, no pudiéndose concentrar hasta el 99,5% necesario para el uso como biocarburante.

Por eso, la destilación se detiene antes de llegar al punto azeotrópico para evitar un gasto energético excesivo y se pasa al un sistema de purificación por medio de tamices moleculares.

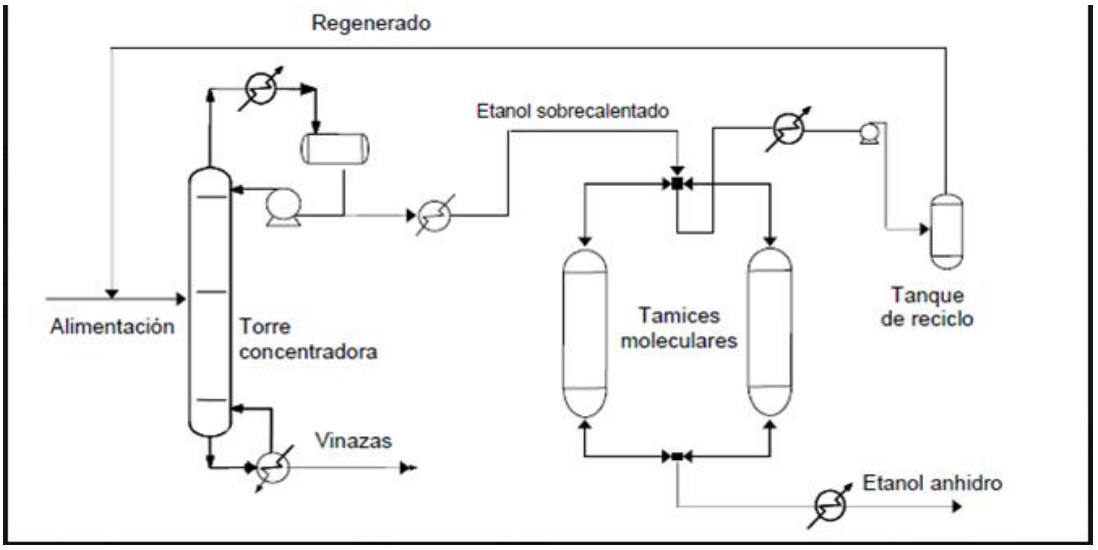


Figura Nº 4.6.Purificación del etanol mediante tamices moleculares.

El proceso de deshidratación se basa en la adsorción. La adsorción es un proceso de separación en la que ciertos componentes de una corriente fluida se transfieren hacia la superficie de un sólido adsorbente. Generalmente, las pequeñas partículas de adsorbente se mantienen en un lecho fijo mientras que el fluido pasa continuamente a través del lecho, hasta que el sólido está prácticamente saturado y no es posible alcanzar ya la separación deseada. Se desvía entonces el flujo hacia un segundo lecho hasta que el adsorbente saturado es sustituido o regenerado.

El secado de vapores se lleva a cabo con frecuencia adsorbiendo el agua sobre gel de sílice, alúmina u otros sólidos inorgánicos porosos.

Los tamices moleculares, que son aluminosilicatos de potasio de forma cilíndrica o esférica, naturales o sintéticos, con una estructura de

poro muy regular, resultan especialmente eficaces para la obtención de etanol anhidro.

Los tamices moleculares se identifican por el tamaño nominal de los poros internos,cuyo diámetro normalmente es medido en angstroms (Å).

El tamiz más usado para la deshidratación de etanol es una zeolita sintética del tipo 3 Å, ya que la molécula de agua al tener un diámetro de 2,8 Å queda adsorbida en la superficie interna de los poros, mientras que la molécula de etanol con un diámetro de 4,4 Å pasa a través del lecho sin experimentar atracción alguna. El proceso de separación por tamices puede operar en fase líquida o vapor. En la operación en fase líquida se utiliza un gas caliente (N2 o CO2) para la regeneración del lecho, lo que conduce a un deterioro acelerado del mismo a causa del choque térmico.

La operación en fase vapor permite alargar la vida promedio del tamiz, ya que la regeneración se lleva a cabo recirculando parte de los vapores de etanol anhidro sobrecalentado al lecho, con el fin de retirar la humedad acumulada. Cabe añadir que la regeneración de este lecho se realiza a vacío, a 0,25 bar.

En el sistema en fase vapor se tienen típicamente dos lechos en paralelo. En el primer lecho se produce la deshidratación de los vapores de etanol a una temperatura de 150 °C para favorecer la capacidad de adsorción del sistema. El agua se adsorbe en la zeolita liberando 4.185 KJ/kg de agua, de tal manera que el lecho alcanza altas temperaturas, que sirve para almacenar calor sensible que luego será utilizado en la

etapa de regeneración. Finalmente, la corriente de etanol deshidratado hasta 99,5% en peso se condensa hasta subenfriar para su posterior uso como biocombustible.

Almacenamiento

En el lugar de almacenamiento debe haber buena ventilación para evitar la acumulación de concentraciones tóxicas de vapores de este producto, además, debe estar protegido de la luz directa del sol y alejado de fuentes de ignición.

Cantidades grandes de este producto deben ser almacenadas en tanques especiales para líquidos inflamables .

Figura Nº 4.7. Tanque de almacenamiento de bioetanol.

Transporte

El transporte se realiza por vía terrestre en camiones cisternas hacia los centros de distribución y consumo final.

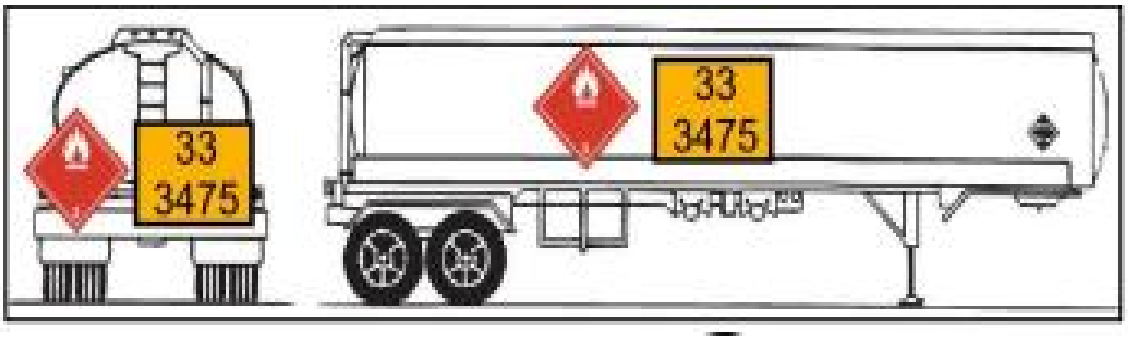


Figura Nº 4.8. Cisternas de combustibles identificadas según las normas para el transporte de líquidos con más del 10% de etanol.

Análisis durante el proceso

Tabla N°4.1. Parámetros de la composición final del bioetanol

Propiedades	Etanol
Fórmula	C2H5O
Densidad (kg/L)	0,79
Solubilidad en agua a 20°C (ppm)	infinita
Punto de ebullición en °C	infinito
Relación estequiométrica aire/combustible	78,3
Índice de octano	106
Máxima compresión admisible	9:1
Poder Calorífico (KJ/kg)	
Inferior	26700
Superior	29800
Calor latente de evaporación	920,9

Recuperación de subproducto

Alimento para animales

Luego de la etapa de fermentación el producto obtenido, se filtra para separar el etanol, como subproducto del filtrado quedan compactadas levaduras, proteínas, fibras, minerales, etc, que forman parte de la torta de filtrado. La cual es lavada en el mismo filtro antes de ser retirada.

La torta es enviada a una extrusora donde se produce el mezclado amasado y moldeado del producto se trabaja a una presión no superior a 25 Mpa y temperatura de 100 °C con esto logramos reducir su humedad al 15%, finalmente se logra su estabilización mediante el uso de un secadero de lecho fluidizado continuo. Los pellet formados se envasan en bolsas de 50kg para su posterior comercialización.

Referencias

Ref.1. Shahbazi et al., 2005.

Ref.2. Linde et al., 2007.

Ref.3. Duff y Murray, 1996.

Ref.4. White y Hindle, 2000.

Ref.5. Nielsen 2003.

Ref.6.Damien, 2010.

Ref.7. Crueger y Crueger, 1993.

Ref.8. Ribéreau 2006.

Ref.9. Damien, 2010.

Ref.10. Ribéreau 2006.

Ref.11. Nielsen 2003; Ribéreau 2006.

Ref.12. Martín y Jönsson, 2003.

Ref.13. Klinke et al., 2002.

Ref.14. Kuhad et al., 2010; Arslan y Eken-Saraçoglu, 2010; Cantarella et al., 2004.

Capítulo 5

Balances de materia y energía

Índice

Índice 2

Estimación de la materia prima 3

Balance de materia para producir bioetanol 4

Prensado 5

Hidrólisis física con Steam Explosion 6

Hidrólisis y fermentación 8

Inactivación enzimática y microbiológica 11

Filtración 13

Destilación 14

Purificación 16

Balance de materia para alimento para animales 18

Extrusora 18

Secado 19

Estimación de la materia prima

La producción de naranja en Entre Ríos ronda las 700.000 Tn al año, de estas el 25% se utiliza para la industria de jugos. Que se distribuyen durante el año como se observa en el gráfico 5.1, viendo un claro pico en los meses de julio, agosto y septiembre.

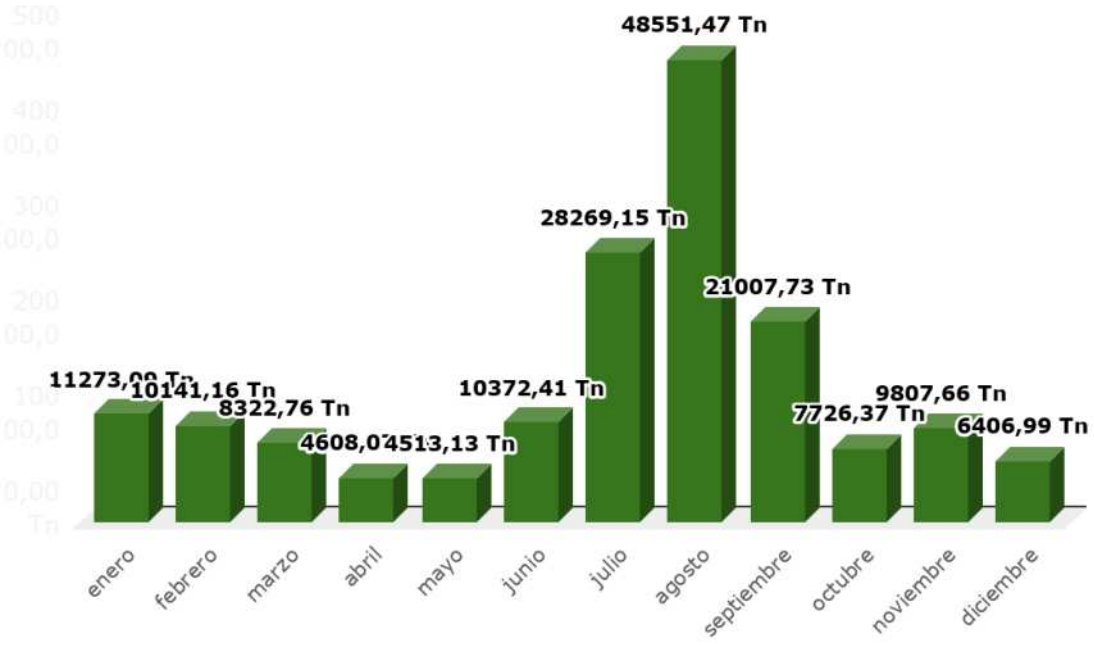


Gráfico 5.1 distribución de la industrialización de naranja para jugo.

Nuestra principal materia prima depende de los residuos de esta industria, teniendo en cuenta, que del total de la producción industrial el 50% aproximadamente son residuos, se obtiene el gráfico 5.2 con las cantidades de materia prima disponibles al mes.

Para el dimensionamiento de la planta se tomará 12.000 toneladas al mes, siendo esto el 50% del pico máximo de residuos en el mes de agosto lo que corresponde a la producción de nuestra región.

Con esto se logra utilizar la planta industrial al máximo en los tres meses de mayor producción y no estar demasiado sobredimensionada el resto del año.

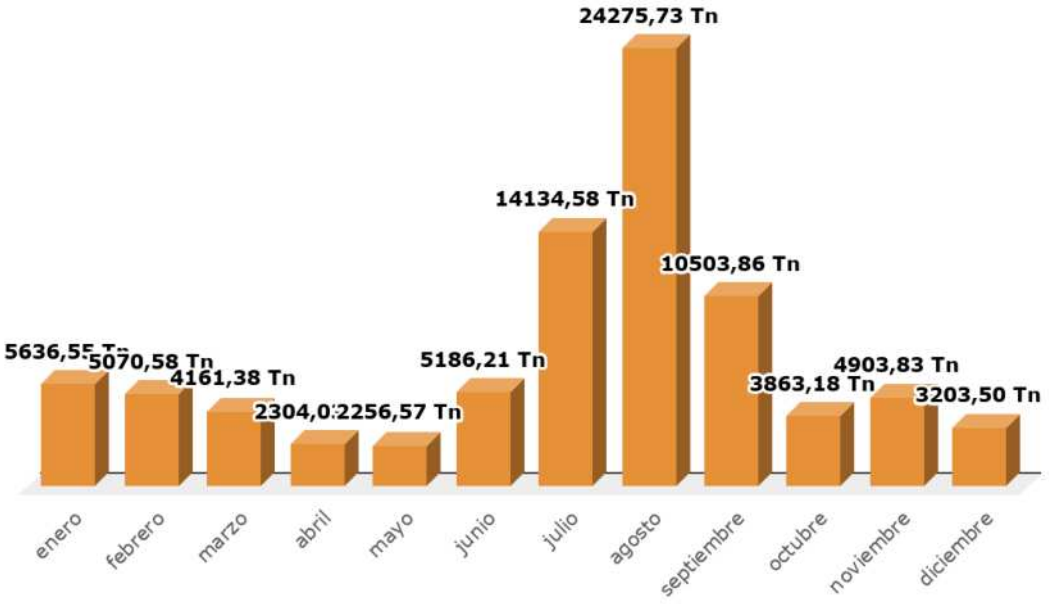


Gráfico 5.2 Residuos industriales del jugo de naranja.

Balance de materia para producir bioetanol

A partir de la capacidad máxima de producción al mes, es decir 12000 Tn/mes, se estima los flujos por hora de materia prima que ingresan a la planta para trabajar las 24 horas durante el pico de producción:

$$12.000\frac{Tn}{mes} = \frac{400Tn}{día} = 17\frac{Tn}{hora}$$

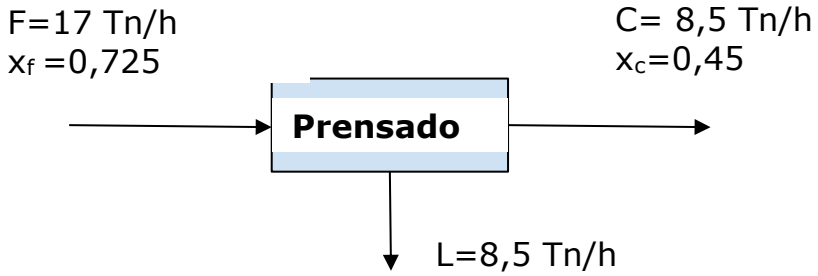
El volumen de cáscara de naranja se obtiene a partir de la densidad, cuyo valor teórico es de 0,606 $\frac{Tn}{m^3}$.

$$\frac{17\,\frac{Tn}{hora}}{0.606\,\frac{Tn}{m^3}} = 28.05\,\frac{m^3}{hora}$$

Con este volumen de cáscara de naranja se trabajará durante los meses de julio, agosto y septiembre. La jornada laboral consistirá de 3 turnos de 8 horas los 7 días de la semana. Luego en los siguientes meses se seguirá trabajando con 1 turno.

Prensado

La cáscara que ingresa a la planta es transportada por el tornillo transportador directamente hacia una prensa continua, con la que se reduce a la mitad el caudal de alimentación, y además se eliminan los aceites esenciales.



Donde:

F= Alimentación

C= Cáscara prensada

L= Líquido Prensa c/aceites esenciales

x_f= Contenido de agua en la corriente de alimentación

x_c=Contenido de agua en la corriente de salida.

Cálculos:

$$F * x_f = L * x_L + C * x_C$$

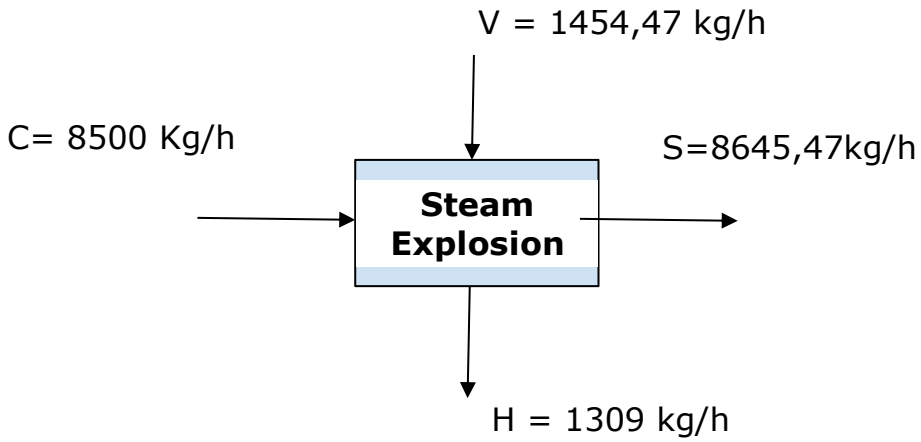
$$x_C = \frac{F * x_f - L * x_L}{C}$$

$$x_C = 17\frac{Tn}{h} * 0.725\frac{Tn_{agua}}{Tn_{Cáscara}} - 8.5\frac{Tn}{h} * \frac{1Tn_{agua}}{Tn_{Cáscara}}$$

$$x_C = 0.45\frac{Tn_{agua}}{Tn_{Cáscara}}$$

Hidrólisis física con Steam Explosion

La cáscara que ingresa al equipo ya tiene un tamaño óptimo para el proceso. El Cp. promedio entre la temperatura de la cáscara (T1=25ºC) y la temperatura del vapor (T2=151,7ºC) se estima a través de un método numérico utilizando la correlación de Choi y Okos y la composición de la cáscara de naranja. Se considera que un 10% del vapor condensa junto con la cáscara lo que aumenta su masa, aumentando el contenido de agua.



Donde:

C = Cáscara prensada

S = Sustrato

V = Caudal de Vapor Saturado

H= Caudal de condensado

P_v= 5 kg/cm2

T_v=151,7 °C

Cálculos:

$$Q = C * Cp * (Tf - Ti)$$

$$Q = 8.500\frac{kg}{h} * 0{,}68\frac{kcal}{kg * °C} * (151{,}7 - 25)°C$$

$$Q = 73.2326\frac{Kcal}{h}$$

Donde:

Q= Calor liberado luego de steam explosion

C_p=Calor especifico = $0{,}68\frac{Kcal}{kg*°C}$

$$V = \frac{Q}{i2 - i1}$$

$$V = \frac{73.2326\frac{kcal}{h}}{(656{,}78 - 155{,}51)\frac{kcal}{kg}}$$

$$V = 1.460{,}94\frac{kg}{h}$$

Donde:

i_v= 656,14 kcal/kg

i_L=152,64 Kcal/kg

Los datos de Presión, entalpía y temperatura fueron obtenidos de las tablas de Faires de vapor saturado.

Hidrólisis y fermentación

Para determinar la cantidad de enzima necesaria se toma como referencia que ingresan 17.000 kg/h con un contenido de agua de 72,5%, por lo tanto, ingresan 4.675 Kg/h de cáscara seca. A los tanques se le añade un complejo de enzimas a una temperatura 45ºC cuya dosis efectiva es de:

- 1.81 gr pectinasa /kg cáscara seca
- 1.42 gr b-glucosidasa/kg cáscara seca
- 1.55 gr celulasa/kg cáscara seca

Es decir, se añade a cada tanque 0.124 % de enzimas se deja actuar durante un tiempo de 3 horas.

Teniendo en cuenta la concentración de azúcares fermentables que se obtienen luego de los tratamientos por kilo de cáscara es de 0,104, y sabiendo que ingresan 17000 kg/h de cáscara podemos determinar la cantidad de azúcares disponibles por hora:

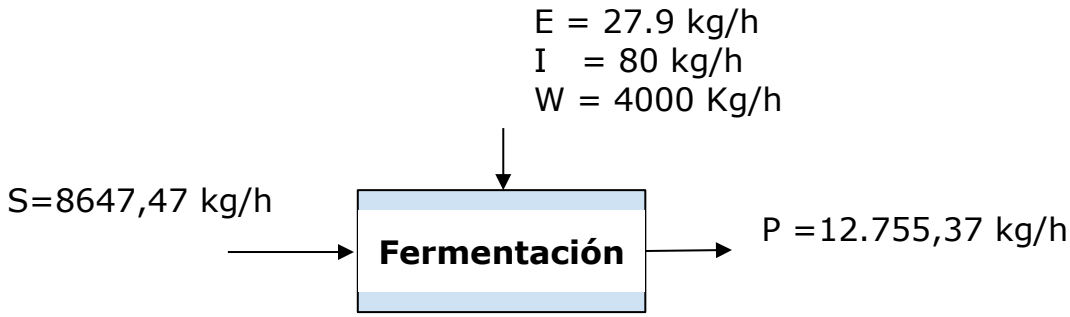
$$0.104\,\frac{kg_{AZ}}{kg_{Cáscara}} * 17.000\,\frac{kg_{Cáscara}}{h} = 1.768\,\frac{kg_{AZ}}{h}$$

Esta es la cantidad de azúcares fermentables que se encuentran en los 12.755,37 kg/h de solución que ingresan al tanque de fermentación.

$$\frac{1.768\,\frac{kg_{AZ}}{h}}{12.755{,}37\,\frac{kg_{Solución}}{h}} = 0.1386\,\frac{kg_{AZ}}{kg_{solución}} = \frac{13.86\ g_{AZ}}{100\ g_{Solución}} = 13°Bx$$

Luego se añaden las levaduras donde se debe asegurar que la concentración inicial este entre 10^8 - 10^9 UFC/ml, es decir, que para

comenzar la fermentación en cada tanque debe ingresar un 1 % de levadura donde el tiempo de fermentación será de 21 horas a 35°C.



Donde:

S = Sustrato

E= Complejo enzimático

W = agua

I= inóculo con *Saccharomyces cerevisiae*

P = Producto

Cálculos:

$$P = S + E + I + W$$

$$P = 8.647{,}47\frac{kg}{h} + 27{,}9\frac{kg}{h} + 80\frac{kg}{h} + 4.000\frac{kg}{h}$$

$$P = 12.755{,}37\frac{kg}{h}$$

Con la concentración de azúcares fermentables podemos estimar la concentración de etanol al finalizar la fermentación, mediante la relación estequiométrica.

$$180g\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow\ 88g\ CO_2 + 92g\ C_2H_5OH$$

$$\frac{13{,}86g\ C_6H_{12}O_6}{100\ \text{g solucion}} \longrightarrow \frac{6{,}78g\ CO_2}{100\ g\ solucion} + \frac{7{,}08g\ C_2H_5OH}{100\ g\ solucion}$$

$$\therefore\ \frac{7{,}08g\ C_2H_5OH}{100\ g\ solucion} = \frac{70{,}8g\ C_2H_5OH}{1000\ g\ solucion} = \frac{0{,}0708\ kg\ C_2H_5OH}{kg\ solucion}$$

Determinamos la cantidad de vapor necesario para mantener la temperatura en los evaporadores de la siguiente manera:

$$Q_p = m_p * C_p * \Delta T$$

$$Q_P = 12.755{,}37\frac{kg}{h} * 0{,}8\ \left(\frac{kcal}{kg * °C}\right) * 2°C$$

$$Q_P = 20.408{,}59\frac{kcal}{h}$$

Donde

Q_p=Calor que hay que suministrar

C_p =Calor especifico del sustrato

ΔT=Variación de la temperatura

$$Q_P = m_v * H_v$$

$$m_v = \frac{Q_P}{H_v}$$

$$m_v = \frac{20.408{,}59\frac{kcal}{h}}{639{,}09\frac{kcal}{kg}}$$

$$m_v = 31{,}93\frac{kg}{h}$$

Donde:

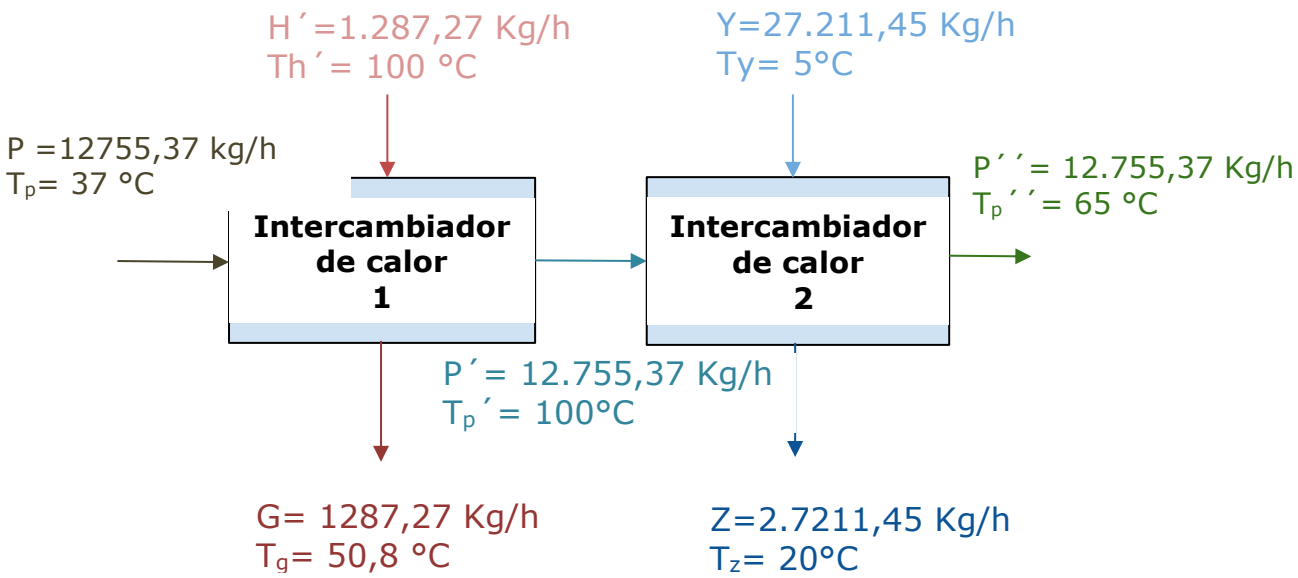
m_v = masa de vapor

H_v = entalpía del vapor saturado

Inactivación enzimática y microbiológica

En esta etapa se utiliza un intercambiador de dos pasos, donde en la primera etapa elevará la temperatura a 100ºC para conseguir la inactivación de las enzimas y de las levaduras, esta temperatura se mantendrá por 1 minuto. Luego en la segunda etapa se consigue el enfriamiento del producto.

El Cp promedio entre la temperatura del sustrato (T_p=37ºC) y la temperatura del vapor (T_h=100ºC) se estima a través de un método numérico utilizando la correlación de Choi y Okos y la composición del mosto.



Donde

P= Producto a T_p´ =37ºC

P´=Producto a T_p´= 100ºC

P''= Producto a T_p´´= 65°C

H´= Caudal vapor recuperado

G = Caudal condensado

Z = Caudal de agua a T = 20ºC

Y = Caudal de Agua refrigerante

Cp. promedio del producto= $0{,}8\frac{Kcal}{kg*°C}$

Cp. del agua= 1 Kcal/kg * ºC

i_h=639.09 Kcal/kg a presión atmosférica

Los datos de Presión, entalpía y temperatura fueron obtenidos de las tablas de Faires de vapor saturado.

Cálculos:

$$Qp = P * cp * (Tp´ - Tp)$$

$$Qp = 12755{,}37\frac{kg}{h} * 0{,}8\left(\frac{Kcal}{kg * °C}\right) * (100 - 37)°C$$

$$Qp = 693892{,}1\frac{Kcal}{h}$$

$$H´ = \frac{Qp}{ih - ig}$$

$$H´ = \frac{693892{,}1\frac{kcal}{h}}{(639{,}09 - 100{,}04)\frac{kcal}{kg}}$$

$$H´ = 1287{,}27\frac{kg}{h}$$

$$Qp´ = P´ * cp * (Tp´ - Tp)$$

$$Qp´ = 9827{,}47\frac{kg}{h} * 0{,}8\frac{kcal}{kg°C} * (100 - 65)°C$$

$$Qp' = 408171{,}84\frac{Kcal}{h}$$

$$Qp' = Y * Cp * (Tz - Ty)$$

$$Y = \frac{Qp'}{Cp * (Tz - Ty)}$$

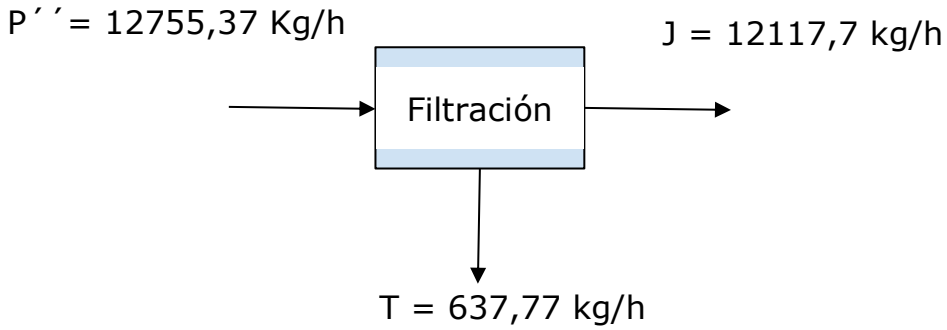
$$Y = \frac{314479{,}04\,\frac{kcal}{h}}{1\,\frac{kcal}{kg°C} * (20 - 5)°C}$$

$$Y = 27211{,}45\,\frac{Kg}{h}$$

Filtración

En esta etapa se logra separar la solución rica en etanol de las levaduras y restos sólidos.

La solución se dirige a un tanque pulmón isotérmico para poder mantener constante el caudal de alimentación al destilador, y los sólidos, antes de ser retirados del filtro se lavan para eliminar restos de etanol que queden en ellos.



Donde:

P´´= Producto

J = Líquido filtrado

T= Torta del filtrado

Cálculos

$$P'' = T + J$$

$$T = 5\% * P''$$

Por lo tanto

$$T = 5\% * 12.755{,}37\,\frac{Kg}{h}$$

$$T = 637{,}77\,\frac{Kg}{h}$$

Además,

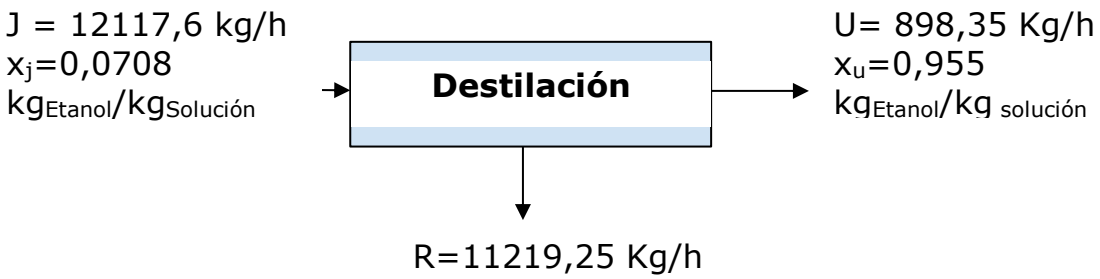
$$J = P'' - T$$

$$J = 9827{,}47\,\frac{Kg}{h} - 491{,}37\,\frac{Kg}{h}$$

$$J = 12.117{,}6\,\frac{Kg}{h}$$

Destilación

La destilación se lleva a cabo a una temperatura de 65°C y una presión absoluta de 0,8 bar, luego del proceso se obtiene etanol al 95,5% para ingresar a los tamices moleculares donde se consigue la concentración final.



Donde:

J = Líquido filtrado

U= etanol al 95%

R= Agua residual

X_j=fracción de etanol de la corriente J

X_u=fracción de etanol corriente U

Cálculos:

$$J = U + R$$

$$J * Xj = U * Xu + R * Xr$$

$$12117{,}6\frac{Kg\ sol}{h} * 0{,}0708\frac{Kg\ et}{Kg\ sol} = U * 0{,}955\ \frac{Kg\ et}{Kg\ sol} + R * 0\frac{Kg\ et}{Kg\ sol}$$

$$U = 898{,}35\frac{Kg\ sol}{h}$$

Por lo tanto,

$$R = J - U$$

$$R = \ 12117{,}6\frac{Kg\ sol}{h} - 898{,}35\frac{Kg\ sol}{h}$$

$$R = 11219{,}25\frac{Kg\ sol}{h}$$

La cantidad de vapor necesario para evaporar el etanol se calcula de la siguiente manera:

Calor de vaporización del etanol es igual a 200.092 kcal/kg

$$Q_P = m_p * C_p * T_{et}$$

$$Q_P = 12.117{,}6\frac{kg}{h} * 0{,}8\frac{kcal}{kg * °C} * 65°C$$

$$Q_P = 63.0115{,}2\frac{kcal}{h}$$

Además,

$$Q_P = \ m_v * \lambda$$

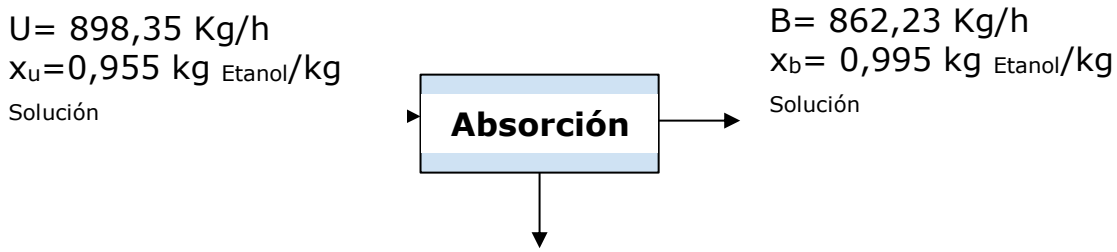
$$m_v = \frac{Q_P}{\lambda}$$

$$m_v = \frac{63.0115{,}2\frac{kcal}{h}}{20.0092\frac{kcal}{kg}}$$

$$m_v = 3{,}15\frac{kg}{h}$$

Purificación

Consiste en un absorbedor de tamices moleculares con el fin de obtener etanol anhidro, luego de este proceso, es almacenado en tanques en los cuales se mantiene hasta el momento de su distribución.



Donde:

U= Etanol al 95%

B= Etanol anhidro al 99.5%

R´= Agua residual

Cálculos

$$U = B + R'$$

$$U * Xu = B * Xb + R' * Xr$$

Por lo tanto,

$$898{,}35\frac{Kg\ sol}{h} * 0{,}955\frac{Kg\ et}{Kg\ sol} = B * 0{,}995\frac{Kg\ et}{Kg\ sol} + R' * 0\ \frac{Kg\ et}{Kg\ sol}$$

$$B = \frac{898{,}35\frac{Kg\ sol}{h} * 0{,}955\frac{Kg\ et}{Kg\ sol}}{0{,}995\frac{Kg\ et}{Kg\ sol}}$$

$$B = \ 862{,}23\frac{Kg\ sol}{h}$$

Además,

$$R' = U - B$$

$$R' = 898{,}35\,\frac{Kg\ sol}{h} - 862{,}23\,\frac{Kg\ sol}{h}$$

$$R' = 36{,}12\ \frac{Kg\ sol}{h}$$

Con el balance podemos determinar un rendimiento general para la obtención de bioetanol, sabiendo que partimos de 17 Tn/h de cáscara de naranja y que obtenemos en la etapa final 862,23 kg etanol anhidro/h.

Aplicando la densidad del etanol podemos calcular el volumen producido:

$$\delta = \frac{m}{v} = 0{,}789\,\frac{Kg}{l} = \frac{826,23kg}{v}$$

$$v = \frac{826{,}23\ Kg}{0{,}789\,\frac{Kg}{l}} = 1.092{,}81\ l$$

El rendimiento cada 1000 Kg de cáscara es:

$$\frac{1092{,}81\,\frac{l\ et}{h}}{17000\,\frac{Kg_{Cáscara}}{h}} = \frac{\eta}{1000\ Kg_{Cáscara}}$$

$$\eta = \frac{1092{,}81\,\frac{L_{Etanol}}{h} * 1000\ Kg_{Cáscara}}{17000\,\frac{Kg_{Cáscara}}{h}} = 64{,}28\ L_{Etanol}$$

Lo cual es un valor muy aceptable ya que bibliográficamente se observó que se pueden obtener 80 litros cada 1000 kilos de cáscara.

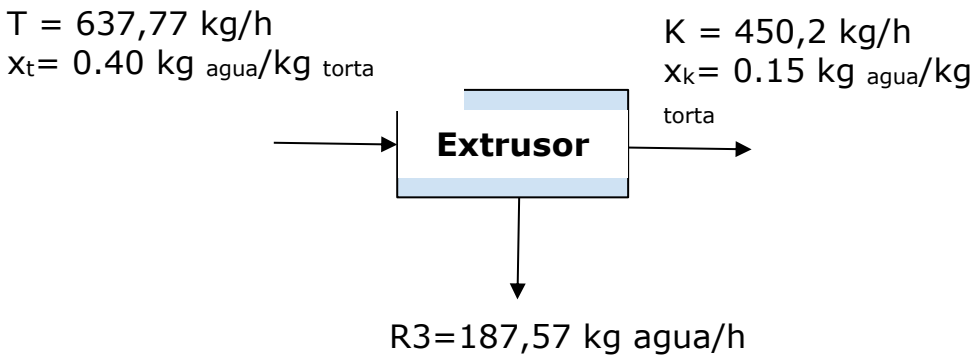
Teniendo en cuenta este rendimiento podemos estimar una producción promedio para etanol para los tres meses de mayor producción de 786.823,2 L/mes y para el resto de los meses 396.411,6 L/mes por lo que podemos considerar una producción anual de 4.738.939,2 L/año.

Balance de materia para alimento para animales

La levadura se obtiene en forma de torta luego de haber pasado por el filtro, la cual es lavada antes de salir del mismo, con el fin de quitar el etanol que esta pueda contener, de esta forma puede ser utilizada como alimento para animales.

Extrusora

Con la extrusora logramos reducir el contenido de humedad de la levadura al 15% al ser una extrusión en caliente se eleva la temperatura a 100°C y presiones de trabajo menor a 25Mpa para poder acondicionarla antes del secado final.



Donde:

T= Torta del filtrado

K=levadura prensada

R3= líquido residual

x_t=0,40 kg agua/kg levadura

x_k=0,15 kg agua/kg levadura

Cálculo:

$$T = K + R_3$$

$$T * X_T = K * X_K + R_3 * X_{R_3}$$

$$637{,}77 \frac{Kg_{torta}}{h} * 0{,}4 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}} = K * 0{,}15 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}} + R_3 * 1 \frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}}$$

$$K = 450{,}2 \frac{Kg_{torta}}{h}$$

Por lo tanto,

$$R_3 = 187{,}57 \frac{Kg_{agua}}{h}$$

Secado

Este proceso se lleva a cabo en un secadero de lecho fluidizado, la transferencia de calor y masa que se realiza dentro del equipo, posibilita el contacto íntimo que tiene el producto con los gases de secado. En secaderos de lechos fluidizados continuos, la alimentación se realiza por el extremo superior del lecho, la misma cae y se pone en contacto con una corriente de aire caliente, produciéndose de esta forma la fluidización y evaporación.

Ventajas del lecho fluido

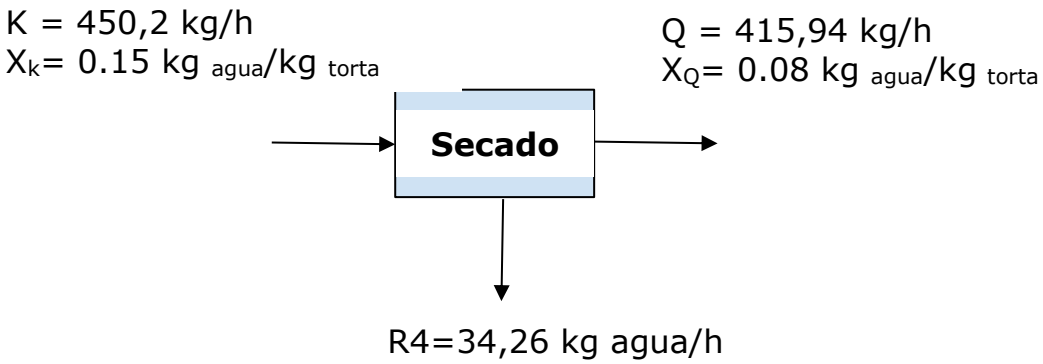
1. Tiempos de secado rápidos (económico, termolábiles)

2. Secado de todas las partículas por separado, por lo que prácticamente es a velocidad constante

3. La temperatura de un lecho fluido es uniforme y se puede controlar con precisión

4. La turbulencia de lecho hace que el producto final sea más esférico y fluya mejor.

5. El movimiento libre de cada partícula elimina el riesgo de que migren los materiales solubles



Donde:

K=levadura prensada

Q=levadura estabilizada

R4= es el agua eliminada

Cálculos:

$$K = Q + R_4$$

$$K * X_K = Q * X_Q + R_4 * X_{R_4}$$

$$450{,}2\frac{Kg_{torta}}{h} * 0{,}15\frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}} = Q * 0{,}08\frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}} + R_4 * 1\frac{Kg_{agua}}{Kg_{torta}}$$

$$Q = 415{,}94\frac{Kg_{torta}}{h}$$

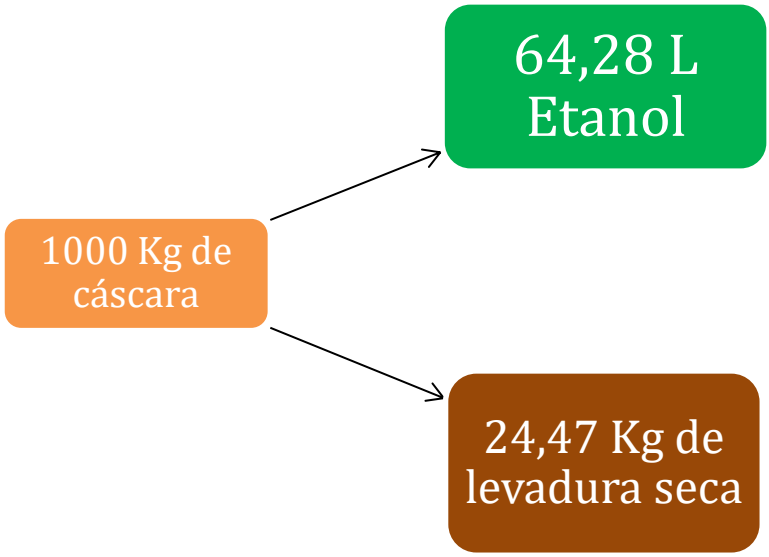
Por lo tanto,

$$R_4 = 34{,}26\frac{Kg_{agua}}{h}$$

Con la cantidad de levadura obtenida por hora podemos estimar que en los tres meses de mayor producción de tendremos 299.476,8 Kg/mes y para el resto de los meses 149.738,4 Kg/mes por lo que podemos considerar una producción anual de 1.796.860,8 Kg/año.

Con el balance podemos determinar que, por cada 1000 kg de cáscara, obtenemos 24,47 kg de levadura inactiva prensada.

Resumen:



Capítulo 6

Cálculos y adopción de equipos

Índice

Introducción 4

Equipos para obtención de bioetanol 4

Tolva 4

Prensado 5

Steam explosion 7

Reactor de explosión por vapor 7

Ciclón de descarga. 8

Hidrólisis y Fermentación 9

Intercambiador de Calor 11

Filtración 12

Destilación y purificación 13

Equipos para obtención levadura inactiva 15

Extrusora 15

Secadero 16

Equipos de bombeo 18

Bomba 1 HP 18

Bomba 1/2HP 19

Bomba 1 HP antiexplosiva 19

Equipamiento de laboratorio 21

Microscopio Trinocular 21

Destilador 22

Refractómetro 24

PHmetro 25

Conductímetro 26

Balanza digital 28

Densímetro 29

Camara neubauer 30

Picnómetro 31

Tanque de inóculo 32

Herramientas varias 33

Zorra Reforzada 33

Escalera 34

Hidrolavadora 36

Introducción

Para la adopción de los equipos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Capacidad de planta
- Costo, disponibilidad y accesibilidad
- Características generales del equipo

A la planta industrial los camiones volcadores que traen la materia prima desde industrias de la región. En la entrada del parque se utiliza la báscula para poder pesar cada uno de los camiones al ingreso y egreso de la misma.

Equipos para obtención de bioetanol

En la línea principal de nuestra planta serán necesarios los siguientes equipo:

Tolva

Los camiones descargan la materia prima dentro de la tolva que se encuentra parcialmente soterrada en la zona de recepción. La misma cuenta con dos tornillos sinfin en el fondo para transportar la cáscara al interior de la planta.

Figura 6.1 Tolva de recepción

Características:

- Medidas: Ancho 7000 mm; Largo 2450 mm; alto 2000 mm.
- Diametro tornillo sinfin: 1 de 400 mm y otro de 300 mm
- Material: acero inoxidable AISI 304
- Motor: 10 HP
- Puerta inferior para descarga de 500 mm.

Precio total: USD 3750

Prensado

En esta etapa usamos una prensa horizontal sinfin continua para lograr la extracción en frío de los aceites esenciales y la reducción del

volumen de la materia prima, lo que facilita el posterior tratamiento de hidrólisis física, los líquidos serán destinados a la zona de tratamiento de efluentes.

Figura 6.2 Prensa de doble tornillo.

Características:

- Marca: Lingxian
- Capacidad: 10 Ton/h
- Potencia motor: 11 Kw
- Peso del equipo: 2950 kg
- Dimensiones:
    - Alto:1800mm
    - Ancho:1200 mm
    - Largo:3000mm
- Extrusión a presión con ajuste hidráulico o manual
- Adecuado para fruta con alto contenido de fibra
- Material del doble tornillo exprimidor: Acero inoxidable 304

Precio unitario: USD 25.000

Precio total USD: 50.000

Steam explosión

En esta etapa el objetivo es dividir las cadenas de celulosa y lograr obtener azúcares fermentables. El equipo para el tratamiento con explosión por vapor está constituida por:

Reactor de explosión por vapor

Es la cámara donde la biomasa lignocelulósica es comprimida y despresurizada súbitamente. Consiste en dos tanques verticales de 1500 litros de acero inoxidable AISI-304 de 6 mm de espesor con inyección directa de vapor a 5 kg/cm^2. La parte superior del tanque se abre y cierra manualmente para efectuar la carga de la biomasa lignocelulósica en el reactor.

La válvula del extremo inferior de la cámara se abre mediante un dispositivo disparador y muelle con el fin de lograr una apertura en menos de 1 segundo. De esta manera, la mezcla de vapor y biomasa se descarga bruscamente, pasando a través de la tubería que la conduce al ciclón.

La cámara del reactor, válvula y tubería de descarga están aisladas con lana mineral, de 70 mm de espesor, con el fin de disminuir al máximo razonable la condensación del vapor en el proceso de compresión-expansión.

La cámara del reactor está provista de la siguiente instrumentación y elementos de seguridad:

- Dos termómetros, uno en la parte superior de la cámara y otro en la parte inferior, cerca de la válvula de descarga, de modo que puedan comprobarse la temperatura del vapor y de la biomasa independientemente.
- Válvula de seguridad tarada a la presión máxima del acumulador de vapor.
- Un manómetro.

Ciclón de descarga.

La mezcla vapor y material lignocelulósico expulsado en cada disparo, entra en el ciclón de descarga, horizontal y tangencialmente. El ciclón está construido en acero inoxidable AISI-304 y tiene una parte cilíndrica de 16" de diámetro y una parte troncocónica que partiendo de la cilíndrica, hacia abajo y con un ángulo de 60°. El ciclón incorpora un termómetro y un manómetro.

La mezcla se divide en dos corrientes, una que contiene la biomasa que se envía a un tanque fermentador donde se completa la hidrólisis y la otra corriente contiene el vapor producido en la descompresión súbita el cual se filtra y se libera a la atmósfera.

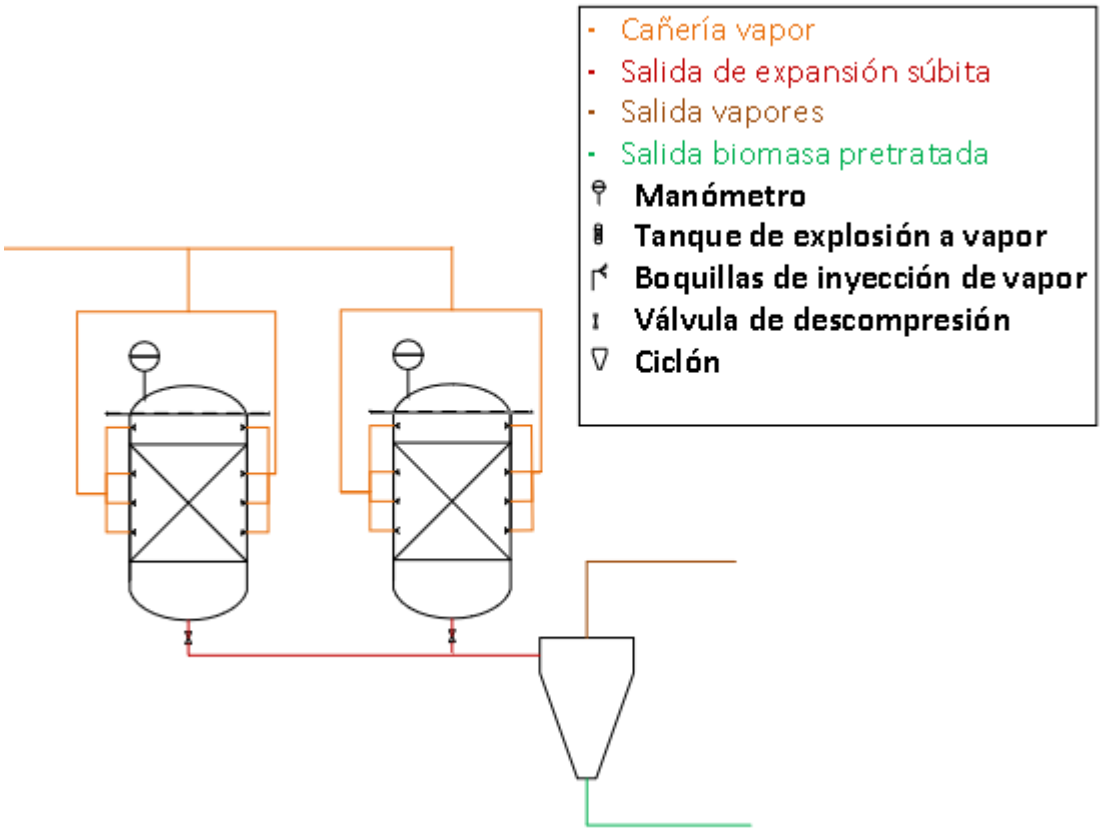


Figura 6.3 Esquema equipo explosión de vapor

Precio unitario tanques: USD 2.589,47

Precio ciclón: USD 2.000

Precio total: USD 7.178,95

Hidrólisis y Fermentación

Tanto para la hidrólisis como la fermentación se trabajará con 11 tanque de acero inoxidable de 18000 L de capacidad, estos tendrán una camisa por donde puede circular agua fría para reducir la temperatura debido al calor liberado durante la fermentación o vapor para mantener la temperatura durante la hidrólisis, y un agitador para mejorar los procesos de transferencia de calor y de oxígeno al medio.

Figura 6.4 Tanques de fermentación

Características:

- Dimensiones: Diámetro 2160 mm; alto 7550 mm
- Pared interior: AISI 304, espesor: 3.0 mm;
- Pared exterior: AISI 304, espesor: 2.0 mm
- Chaquetas de enfriamiento: AISI 304; 2 zonas de enfriamiento con 2 entradas y salidas.
- Válvula de seguridad en la parte superior con funciones de alivio y anti-vacío
- Válvula de manómetro
- Válvula de muestra
- Presión de prueba: 3 bar;
- Presión de trabajo: 2 bar.
- Brazo de drenaje con válvula de mariposa
- Brazo -CIP con 360 ° de cobertura bola de pulverización CIP

- Sensor de temperatura de alta precisión: PT100
- Termómetro
- Puerto de drenaje inferior: ø51 mm con válvula de mariposa
- 4 patas de apoyo con almohadilla ajustable en altura
- 2 orejetas de elevación en la parte superior

Precio unitario: USD 18.200

Precio total: USD 200.200

Intercambiador de Calor

En esta etapa se utiliza un intercambiador de calor de doble sistema tubular en la primera etapa se eleva la temperatura hasta 100 °C para inactivar la levadura y en la segunda se enfría el producto a 65 °C.

Figura 6.5 Intercambiador de calor

Características:

- Marca: Alfa Laval
- Modelo:T8
- Material de placas: AISI 316, con pintura epoxi
- Caudal: 30m^3/h

Precio total: USD 6.625

Filtración

En esta etapa logramos separar los sólidos del líquido que va a ser purificado para conseguir etanol anhidro.

Figura 6.6 Filtro prensa.

Características:

- Marca: Roja
- Modelo:Z50/870-30U
- Motor : 3 HP
- Dimensiones: largo 4110 mm; ancho 1400 mm; alto 1230mm
- Número de platos: 38
- Tamaño de los platos : alto 870 mm ; ancho 870 mm
- Área filtrante: 50m^2

Precio total: USD 35000

Destilación y purificación

Una vez realizado el filtrado se obtiene la solución a destilar, para esto se utilizara un equipo para 24,000 litros por día, siendo el contenido de alcohol de la solución es 7,08% (V/V) y trabajando en producción continua.

Para esto se va a usar un destilador y purificador con tamiz molecular provisto por la misma empresa.

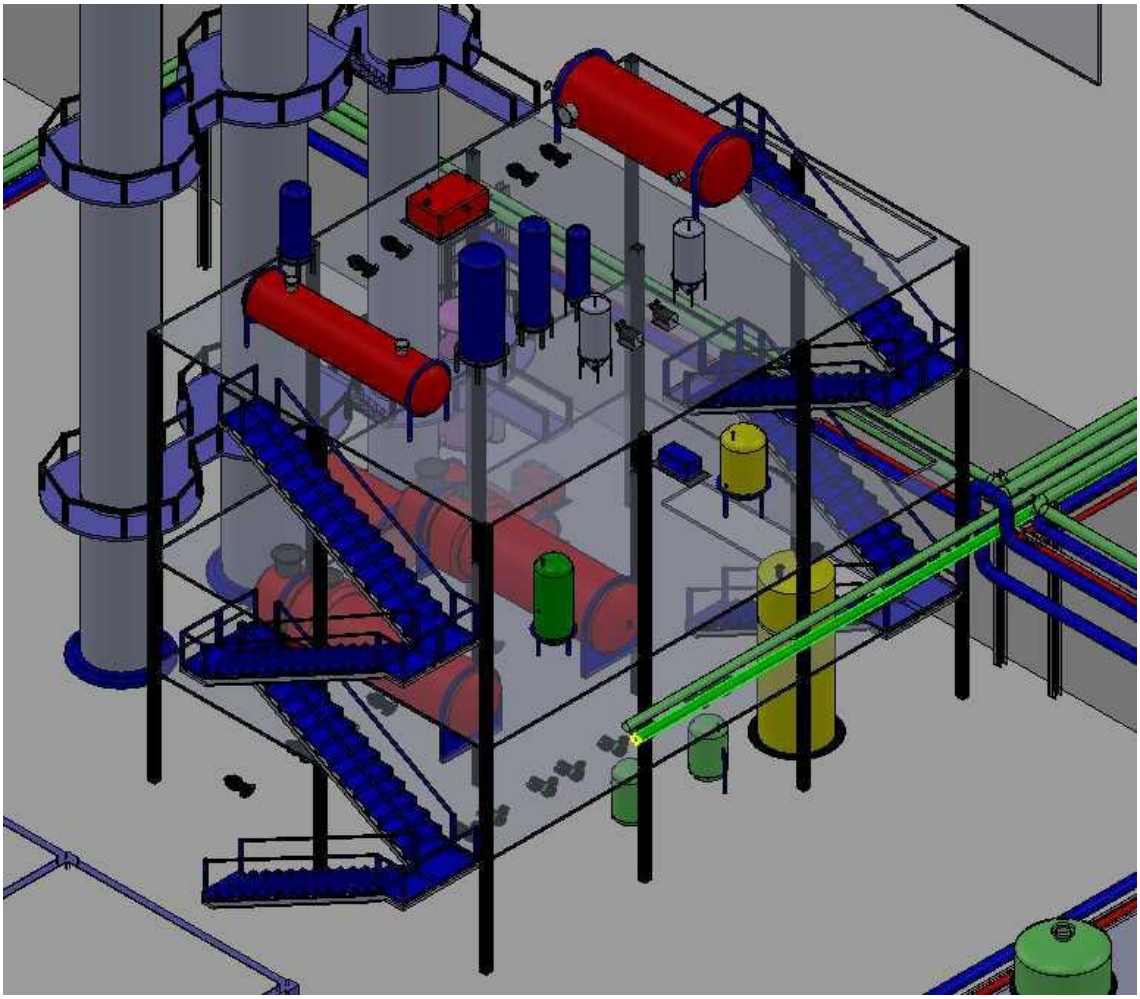


Figura 6.7.Esquema de instalación del destilador

Figura 6.8 Instalación de la zona de destilación y purificación

El precio final incluye:

- Sección de destilación
- Sección de deshidratación
- Equipamiento general
- Equipo eléctrico y el sistema de autocontrol
- Tubos, válvulas y codos
- Plataformas y escaleras para equipos
- Diseño de proceso
- Supervisión de la instalación
- Embalaje

Precio total: USD 1,819,600

Equipos para obtención levadura inactiva

En la línea de subproducto se trabajará con los siguientes equipos:

Extrusora

La solidos obtenidos luego de la filtración pasan por la extrusora para reducir la humedad y disminuir el tamaño. La materia prima alimenta a una tolva compuesta de un barril de tornillo esta posee un receptor magnético para que pueda capturar cualquier residuo de metal que pueda llegar a presentarse. La extrusión es un proceso de tratamiento térmico, esterilización, deshidratación, texturización y granulación del producto final dentro del barril hay un tornillo que transporta la materia prima hacia delante hasta la matriz de salida. El producto atraviesa el barril mientras el calor aumenta progresivamente, el producto final se forma forzando a través de la matriz.

Figura 6.9 Extrusor E-500-U

Características:

- Marca: Bronto
- Modelo: E-500-U

- Dimensiones: largo 2000 mm; ancho 2300 mm; alto 1700mm
- Capacidad: 500kg/h
- Potencia: 75 HP

Precio total: USD 39.227,5

Secadero

La materia prima que alimenta al secadero avanza continuamente junto con el nivel del lecho fluidizado bajo la acción de la vibración. El aire caliente pasa a través del lecho fluidizado y realiza el intercambio de calor con la materia prima húmeda. El aire húmedo se elimina a través del separador de ciclones y la materia prima seca se descarga a través de la salida de descarga.

Figura 6.10. Secadero

Características:

- Marca: WANDA
- Modelo:ZLG4

- Área del lecho de secado: 2 m^2
- Temperatura aire entrada: 70 a 140 °C
- temperatura aire salida: 40 a 70 °C
- Capacidad de evaporación de agua:50kg/h
- Potencia motor:2,2 Kw
- Dimensiones:
    - Largo :5000 mm
    - Ancho:3200 mm
    - Alto:2000 mm
- La vibración creada es por el motor, esta es estable en operación, bajo nivel de ruido .
- El grosor de la capa de materia prima y la velocidad móvil dentro de la máquina y la amplitud total se pueden ajustar a través de la velocidad variable continua
- El equipo puede usarse para secar materias primas que se rompen fácilmente.
- El efecto de secado no puede verse afectado incluso si las materias primas tienen una forma anómala.

Precio total: USD 38.000

Equipos de bombeo

Estarán distribuidos en las diferentes líneas de producción y el la sala de caldera. Se necesitaran los siguientes equipos:

Bomba 1 HP

Será utilizada para alimentación y descarga para fermentadores y alimentación de agua para caldera.

Figura 6.11 Bomba centrifuga 1HP.

Características:

- Marca: Alfa Laval
- Modelo: LKH-110
- Potencia 1Hp

Cantidades:

- 1 Alimentacion Fermentadores
- 1 Descarga Fermentadores
- 1 Agua de caldera
- 1 Reserva

Precio unitario:USD 1225

Precio total: USD 4900

Bomba 1/2HP

Será necesario una bomba dosificadora para alimentar a los fermentadores con la dosis correcta de inóculo.

Figura 6.12 Bomba centrifuga 1HP.

Características:

- Marca: Alfa Laval
- Modelo: LKH-110
- Potencia ½ Hp

Precio total: USD 1112

Bomba 1 HP antiexplosiva

Se utilizara este tipo de bombas para llenar los tanques de almacenamiento de bioetanol, para cargar los camiones cisterna y para alimentar la caldera cuando sea necesario usar combustible líquido.

Comple con los requisitos de la directiva ATEX 94/9 IEC grupo II, categorías 2 y 3, clases de temperatura T3 y T4. Lo que la hace apta para trabajar con fluidos explosivos.

Figura 6.13 Bomba centrifuga de 1 HP antiexplosiva

Características:

- Marca: Alfa Laval
- Modelo: LKHex-5
- Potencia: 1 Hp

Cantidades:

- 1 Bomba llenado tanques de almacenamiento
- 1 Bomba carga camiones
- 1 Bomba alimentación de combustible
- 1 Reserva

Precio unitario: USD 1695

Precio total: USD 6782

Equipamiento de laboratorio

El laboratorio de la planta industrial estará equipado con los siguientes materiales:

Microscopio Trinocular

Figura 6.14 Microscopio Trinocular

Características:

- Marca : Celestron Labs
- Modelo : LABS CB2000C
- Descripción: Microscopio Binocular Profesional con adaptador Trinocular. Construcción totalmente metálica con fase totalmente mecánica y con enfocador coaxial con mandos de enfoque grueso y fino.

Especificaciones:

- Oculares: (1) WF 10X (con el puntero) / (1) WF 20X
- Objetivos: 4 lentes acromáticos 4x, 10x, 40x y 100X en cuatro pulsaciones torreta giratoria objetivo.
- Cabeza : Binocular con inclinación de 45 grados

- Iluminador : Inferior, halógeno, ajustable
- Condensador: Abbe NA 1.25
- Diafragma: Iris
- Aumento: 40x a 2000x
- Escenario: Platina mecánica, en 5,5 x 5,5 pulg
- Accesorios: (1) adaptador de tubo trinocular ocular, (10) Preparadas, (3) filtros de color (azul, amarillo, verde), (1) pequeña botella de aceite de inmersión.
- Dimensiones: 9.75 pulgadas x 7,3 pulgadas x 14.25 in (24,76 cm x 18,5 cm x 36,2 cm)
- Peso: 12 lbs.-5 oz (5,53 kg)

Precio total:USD 1.075,92

Destilador

Figura 6.15 Equipo Destilación Simple Vidrio Borosilicato 3.3 500ml

Características:

- Marca :Glass Laboratory
- Descripción: Equipo Destilación Simple Vidrio Borosilicato 3.3 Con Esmeril 24/40 + Manto Calefactor 500ml.
- Origen: Alemania - India - Argentina - China.

Especificaciones:

- 1 Balón vidrio de 500ml Boca Esmerilada 24/40.
- 1 Refrigerante con esmeril Graham 24/40 con serpentina 300 mm
- 1 Cabezal de destilación con pozo para termómetro esmeriles 24/40
- 1 Pinza p/refrigerante c/mov. universal c/nuez
- 1 Soporte universal pesado con varilla de 70 cm de acero
- 1 Erlenmeyers graduado x 500ml S/Esmeril
- 1 Termómetro químico mercurio -10/360°
- 1 Alargadera de destilación esmeril hembra 24/40
- 2 metros manguera latex.
- 1 Manto Calefactor para Balon 500ml : Carcaza en acero laminado en frío recubierta en pintura electrostática. De rápido calentamiento con control electrónico de temperatura. Resistente a los agentes corrosivos. Rango de trabajo: ambiente +5ºC a 380ºC Alimentación 220V 50Hz Potencia: 1500W.
- Accesorios: cable de alimentación, manual de instrucciones.

Precio total: USD 745,95

Refractómetro

Figura 6.16. Refractómetro Digital Brix - Ma871 Milwaukee.

Características:

- Marca: Milwaukee
- Modelo: MA871

Especificaciones:

- Rango: 0 a 85% Brix / 0 a 80 °C
- Resolución: 0,1% Brix / 0,1 °C
- Exactitud: ±0,2% Brix / ±0,3 °C
- Fuente de luz: LED amarillo
- Tiempo de medición: aproximadamente 1,5 segundos
- Volumen mínimo de muestra: 100 uL (para cubrir totalmente el prisma)
- Compensación automática de temperatura entre 10 y 40 °C
- Material de la carcasa: ABS
- Alimentación: 1 batería de 9V
- Dimensiones: 192 x 102 x 67 mm
- Peso: 420 g

- Accesorios: Maletin de transporte de plástico a 500 pesos. Incluye Manual.
- Garantía: 6 meses contra todo defecto de fábrica

Precio: USD 228,75

PHmetro

Figura 6.17 PHmetro

Caracteriticas:

- Marca:Milwaukee
- Modelo: Mi150
- Origen: EE.UU

Descripción:

Medidor de banco basado en microprocesador de pH / temperatura . Posee un sistema de calibración fácil y preciso, selección del "tiempo de espera de calibración" siempre que sea necesaria una nueva calibración, con indicador de estabilidad indica cada vez que la lectura se estabiliza.

Especificaciones:

- Automático Temperatura de compensación (ATC) para una buena precisión en virtud de la fluctuación de temperaturas.
- Fácil a leer grandes LCD personalizadas
- 7 memorias intermedias memorizadas (pH 1.68, 4.01, 6.86, 7.01, 9.18 , 10.01 y 12.45) para calibración.
- Rango de temperatura extendido de -20 ° C a 120 ° C,
- Sonda de temperatura intercambiable MA831R.
- Compensación automática de Temperatura (ATC) para buena precisión bajo temperaturas fluctuantes.

Dimensiones :

- Altura : 6.000in
- Longitud: 12,000in
- Ancho : 6.000in

Peso : 7.6 libras

Precio: USD 744,71

Conductímetro

Figura 6.18 conductímetro

Características:

- Medidor TDS EC

Descripción:

LCD de gran tamaño y Fácil Lectura, diseño resistente al agua,3 Medidas de conversion automatica EC (ms/cm), CF y TD ATC (compensación automática por temperatura), función del Hold, electrodo recambiable.

Especificaciones:

- Rango de medición:
  - EC: 0.00 a 19.99 EC
  - CF: 0.0 a 199 CF
  - TDS: 10 a 19990 ppm
- Resolution:
  - CE: 0.01 EC
  - CF: 0.1 CF
  - TDS: 10 ppm
- Exactitud:
  - /-Temperatura de F.S 2 %: 0°C - 50°C
- Accesorios: 4 baterías x 1.5v (un G13), 1 Medidor EC-1385, 4 x 1.5V pila de botón, 1 manual del usuario, 1 estuche rígido, 1 destornillador para calibración.

Precio :USD 74,85

Balanza digital

Figura 6.19 balanza digital

Características:

- Marca: CGOLDENWALL

Descripción:

Este equipo electrónico analítico puede medir hasta 5000g con una resolución de precisión de 0.01g.

Funciones:

- autocorrección,
- memoria,
- balance inteligente compuesto de sensores de alta estabilidad
- chip microcomputador
- Resuelve los problemas de fluencia y linealidad

Precio :USD 264,5

Densímetro

Figura 6.20 Densímetro

Características:

- Marca: scheitler
- Material en contacto con el líquido: Vidrio borosilicato
- Rango de medición mínimo, escala Gay Lussac:40%
- Rango de medicion maximo, escala Gay Lussac: 60%
- División o graduación de la escala Gay Lussac, entre líneas : 0,2%
- Temperatura operativa óptima: 20ºC
- Color de los números:Negro con fondo de contraste blanco
- Diámetro máximo externo:25 milímetros
- Diámetro mínimo externo:4 milímetros
- Altura total:280 milímetros
- Material de lastre: Bolitas de plomo
- Presentación: En estuche de cartón
- Peso del alcoholímetro:50 gramos

Precio: USD 63,5

Camara neubauer

Figura 6.21 cámara de neubauer

Características:

- Marca: Boeco
- Modelo: boe01

Especificaciones:

- Fabricados con vidrio óptico especial.
- Producidas de acuerdo con DIN 12847 y la Orden de calibración Alemana.
- 2 retículos para las aplicaciones in-vitro diagnóstica normalmente es necesaria una doble determinación.
- Retículos grabados en 2 áreas planamente esmeriladas y pulidas en el fondo de la cámara, el cual se encuentra entre 2 elevados soportes que también son planamente esmerilados y pulidos.

Precio:USD 65,12

Picnómetro

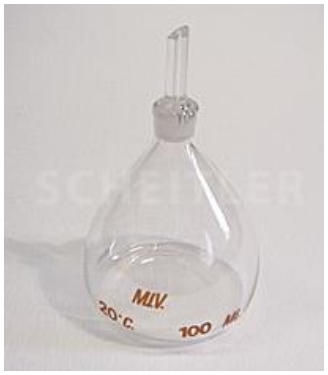


Figura 6.22 Picnómetro

Características:

- Marca :Pyrex
- Capacidad incluyendo el pasaje de su tapón : 100 ml
- Medidas incluyendo su tapón: diámetro 6,5 x 10 centímetros de alto
- Presentación: En caja de cartón

Precio: USD 56,8

Tanque de inóculo

Figura 6.23 Tanque reactor

Caracteristicas:

- Volumen : 4000 Lts
- Material: Acero inoxidable 316 de 4 mm de espesor con camisa de fierro.

Accesorios:

- Motor trifasico de 15 CV
- eje con paletas de acero inoxidable.

Precio: USD 5.625

Herramientas varias

Zorra Reforzada

Figura 6.24 zorra reforzada

Características:

- Marca: Pinturerias Rex
- Modelo : LCBY3
- Capacidad de carga máxima: 3000 kg
- Mecanismo hidráulico.

Descripción:

- Ruedas de poliuretano de alta resistencia.
- Doble función de bomba, eleva a palanca y desciende con pedal o manija.
- Sistema de dirección reforzada con óptima estabilidad y resistencia para cargas pesadas y livianas.
- Bomba hidráulica reforzada con monobloque de hierro.

- Ruedas traseras dobles y rodillos delanteros dobles en tandem + ruedas de nylon en las punteras

Especificaciones técnicas:

- Peso: 90 Kg
- Largo de uñas: 1,25 Mts
- Ancho de palas: 68 Cm
- Elevación Máxima: 20 Cm
- Sistema con grip ergonómico y antideslizante.

Precio: USD 406,77

Escalera

Figura 6.25 Escalera Multifuncion

Características:

- Marca: Pinturerias MM
- Modelo:4X4
- Material de la escalera: Aluminio
- Cantidad de escalones: 16

Descripción:

Escalera de aluminio plegable articulada multifunción ,de 4,75 metros con 4 tramos de 4 escalones cada uno. Se puede utilizar como escalera recta. Construída totalmente en aluminio con bisagras de seguridad.

Accesorios:

- Incluye patas transversales y tacos antideslizantes.
- Soporta hasta 150 Kg.

Dimensiones:

- Altura extendida: 4,75 m. + Operario.
- Altura tijera: 2, 25 m. + Operario.
- Altura andamio: 1,2 m. + Operario.
- Altura cerrada: 1,2 (x 0,35 m. de ancho)
- Ancho de la escalera: 37cm
- Ancho escalón: 32cm

Peso: 10 Kg.

Precio: USD 112,46

Hidrolavadora

Figura 6.26 Hidrolavadora Karcher K5 Premium

Características:

- Marca: Kärcher
- Línea: Hogareña
- Modelo:K5 Premium
- Presión de trabajo:145 bar
- Tipo de corriente: AC

Especificaciones técnicas:

- Rango de Presión: 20 - 145 bar
- Volumen transportado: Máx. 500 l/h
- Temperatura de entrada máx.: 40 °C
- Tipo de corriente: 220 / 50 V
- Potencia conectada : 2,1kW
- Rendimiento de superficie : 40 m²/h

Dimensiones:

- Largo:345 mm
- Ancho: 424 mm

- Alto:875mm

Origen: Italia

Peso, sin accesorios : 14 kg

Accesorios:

Una pistola con conexión rápida Quick Connect, una manguera de alta presión de 8 m para un radio de acción amplio, una lanza pulverizadora Vario Power (VPS) para ajustar la presión según las necesidades.

Precio total: USD 400

Capítulo 7

Servicios auxiliares

Índice

Introducción 4

Agua 5

Agua para caldera 5

Agua para proceso 6

Agua para enfriamiento 6

Agua para limpieza 6

Agua para uso general 6

Cálculos para la Red de agua 8

Cálculo del diámetro para la red de tuberías: 10

Tanque de agua 12

Cálculo de la altura del tanque de agua 13

Torre para tanque 16

Sistema red de incendios 16

Matafuegos 18

Protección Interna contra incendios 19

Protección externa contra incendios 20

Servicio ignífugo especial 20

Contención de derrame 21

Extintores 21

Tipo ABC de 5kg 21

Tipo ABC de 2.5kg 22

Energía eléctrica 24

Vapor 25

Caldera 26

Cálculos para la Red de vapor 27

Reducción de presión 28

Combustibles 30

Cálculo combustible secadero 30

Introducción

Los servicios auxiliares son todas aquellas operaciones que acompañan al funcionamiento de la planta industrial, no solo del proceso sino también del resto de las instalaciones en la empresa.

Dentro de los servicios auxiliares que nuestra industria requiere, están:

- Agua
- Electricidad
- Vapor
- Combustibles

El parque industrial de Concordia Entre Ríos, cuenta con los primeros dos (servicio de agua y energía eléctrica), y dispone, además, de las siguientes obras de infraestructura y servicios comunes:

- Comunicaciones: líneas de teléfono y fax.
- Cabina y báscula para pesaje de camiones de hasta 80 Tn. con dispositivo electrónico de control.
- Servicio de control y seguridad.
- Instalación contra incendios.
- Red colectora de efluentes cloacales e industriales.
- Planta de depuración de efluentes industriales y cloacales.
- Transporte de pasajeros hasta el Parque Industrial.
- Desagües pluviales.

Agua

El agua que provee el parque industrial es captada subterráneamente, mediante 3 perforaciones con equipos de bombeo, a un tanque de acero fundido de 500 m^3 de capacidad que alimenta la red de distribución interna.

El agua es importante para el óptimo funcionamiento de la planta industrial, podemos observar que se utiliza en las siguientes etapas:

- Agua para caldera
- Agua para proceso
- Agua para enfriamiento
- Agua para limpieza
- Agua para uso general

Agua para caldera

Esta agua es esencial para nuestro proceso ya que es indispensable para para el pretratamiento de la materia prima y para la destilación del bioetanol.

Como el agua proviene de una perforación es necesario contar con una ablandador antes del ingreso de la misma a la caldera, y así evitar incrustaciones en la tubería y aumentar su vida útil.

En la planta se consumirían 5 m^3/h de agua para el uso de la caldera.

Agua para proceso

Se requerirán 4 m^3/h para la etapa de hidrólisis y fermentación, previo a su adición se la hará pasar por un filtro para esterilizar el agua y evitar contaminaciones durante la fermentación además cuenta con un ablandador para dejar el agua en óptimas condiciones.

Agua para enfriamiento

Para el enfriamiento de los fermentadores será necesario emplear 31,24 m^3/h de agua para conseguir disminuir la temperatura de los 11 tanques simultáneamente.

Para el enfriamiento en el intercambiador de calor se requieren 21 m^3/h a 5°C para enfriar el producto de la fermentación luego de la inactivación de levaduras y enzimas.

El caudal de agua en ambos casos se reutilizará posterior a su enfriamiento y de este modo optimizar el consumo.

Agua para limpieza

Se utilizará tanto para los equipos como para instalaciones, cuando éstas lo requieran, se estima un consumo diario de 10 m^3 por día.

Agua para uso general

Dentro de este uso se encuentra el agua para el personal, laboratorio y contra incendios.

Para el personal se debe contar como mínimo con 50 litros por persona por jornada, según lo establece la Ley N°19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo en su Capítulo VI Provisión de Agua Potable, Artículo N°57.

Durante el pico de producción en la planta trabajan 60 personas distribuidas en 3 turnos, por lo tanto, se necesitarán 3 m^3 de agua por día.

Para el laboratorio, el consumo de agua está dado sobre todo para obtener agua destilada y limpieza del material de laboratorio. Para esto se estima un consumo de 350 litros por día.

Por último se abastece una red de agua contra incendios de acuerdo en lo establecido en la Ley N°19587, Capítulo XVIII de protección contra incendios, Artículo 160 a 187 y en la Ley N°13.660 Instalaciones Para Elaboración de Combustibles y Generación de Energía Eléctrica, aplicados a los puntos claves donde se podrían producir los focos de incendios, el caudal de agua utilizado en este caso no es de uso permanente, sino, que sólo se utilizará para pruebas de mantenimiento y en caso de un posible siniestro. Para esto se dejará una reserva de 5 m^3 de agua.

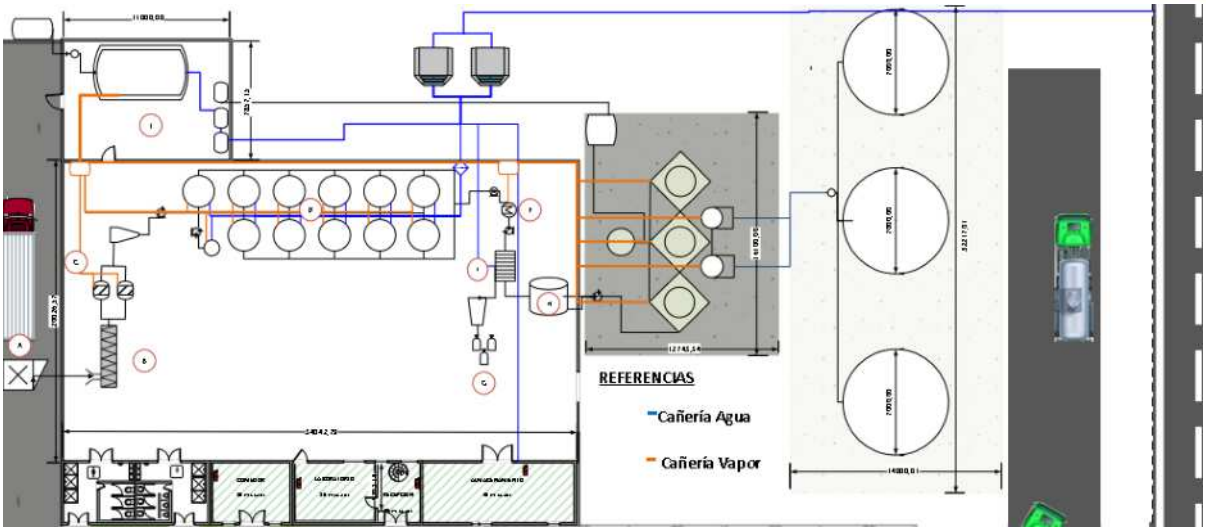


Figura 7.3 Plano con red de distribución de agua y vapor.

Cálculos para la Red de agua

Para la distribución de agua se emplearán cañerías de PVC aéreas en las zonas de elaboración que requieren suministro de agua, y empotradas a la pared en el resto del edificio. Para los cálculos se sobredimensiona teniendo en cuenta, imprevistos y futuras ampliaciones.

Los diferentes tramos en la instalación serán:

- Tramo 1: desde la toma de agua conectada a la red de distribución interna del parque industrial a los dos tanques de reserva. La longitud será de 45,7 m.
- Tramo 2: desde la bajada de tanque a una cañería principal, tendrá una longitud de 5,3 m y un caudal de 9,87 m^3/h. A su vez de esta cañería se hará una distribución hacia las distintas zonas de proceso de la planta, caldera y zonas de aseo:

- Tramo 2A: desde la cañería principal a la zona de caldera, esta cañería tiene una longitud de 15,5 m y un caudal de 5.21 m^3/h.
- Tramo 2B: desde la cañería principal a la zona de fermentación necesarias en cada una de las conexiones con los fermentadores. La longitud necesaria para esta cañería es de 33 m y un caudal de 4,1 m^3/h.
- Tramo 2C: desde la cañería principal al filtro, el agua utilizada será para el lavado de las levaduras. Será necesario una cañería de una longitud de 10 m y se utilizará un caudal de 0,5 m/h.
- Tramo 2D: desde la cañería principal a un tramo principal de cañería para distribución hacia la planta baja (PB) y planta alta (PA) para abastecer laboratorios, cocina, sanitarios y vestuarios, etc.:
    - Tramo PB: desde el tramo principal de cañería a la planta baja, esta cañería tiene una longitud de 50 m y un caudal de 0,04 m^3/h.
    - Tramo PA: desde el tramo principal de cañería a la planta alta, la longitud de esta cañería es de 37,5 m y un caudal de 0,02 m^3/h.

Para realizar los cálculos se tienen en cuenta la velocidad de flujo según el caudal empleando la tabla de Gilberto Sotelo Ávila "Hidráulica General".

Tabla 7.1 Velocidad media del flujo

Tipo de Tubería	Velocidad media m/s	
	Mínimo	Máximo
Redes de distribución para agua potable e industrial:		
Tuberías principales	1.0	2.0
Tuberías laterales	0.5	0.7
Tuberías muy largas	1.5	3.0

Cálculo del diámetro para la red de tuberías:

El cálculo del diámetro de la tubería se realiza en función del consumo horario máximo de agua y la velocidad del flujo. Aplicamos la siguiente fórmula según Mc. Cabe - Smith:

$$Q = V * S = \left[\frac{m}{s} * m^2\right]$$

Donde:

Q = caudal máximo de agua = m^3/s.

V = velocidad media adoptada para el fluido = m/s.

S = sección de la tubería = m^2.

despejando S,

$$S = \frac{Q}{V} = \left[\frac{\frac{m^3}{s}}{\frac{m}{s}}\right]$$

y sabiendo que,

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} = [m^2]$$

donde:

D es el diámetro de la tubería [m].

Al despejar D se obtiene el valor del diámetro de la cañería a utilizar:

$$D = \sqrt[2]{\frac{S * 4}{\pi}}$$

Según el catálogo de cañerías a utilizar se obtienen los diámetros de tuberías a adoptar como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 7.2. Cálculo de diámetro para la adopción de cañerías.

Tuberías	Long. (L) [m]	Caudal (Q) [m^3/s]	Velocidad media (Vm) [m/s]	Sección (S) [mm^2]	Diám. (D) [mm]	Diám. adoptado (Dc) [in]
Tramo 1	45,7	2,73^-3	1,5	1,85	48,54	2
Tramo 2	5,3	2,74^-3	1,5	1,83	48,22	2
Tramo 2A	15,5	1,45^-3	1,5	0,96	35,04	1 1/4
Tramo 2B	33	1,14^-3	1,5	0,76	31,08	1 1/4
Tramo 2C	10	1,38^-4	0,6	0,23	17,16	3/4
Tramo 2D	22,6	1,66^-5	0,6	0,03	5,94	1/2
Tramo 2PB	50	1,11^-5	0,6	0,02	4,85	1/2
Tramo 2PA	37,5	5,55^-6	0,6	0,01	3,43	1/2

Tanque de agua

Figura 7.1 Tanque de agua

Características:

- Marca: Rotoplas
- Capacidad: 10.000 litros
- Dimensiones generales:
  - Altura: 2,67 m,
  - Diámetro: 2,5 m,
- Peso: 225 kg

Compuesto por 3 capas de polietileno de alta densidad

Accesorios: filtro hydro-net, válvula de llenado, flotador, jarro de aire, multiconector con válvula de esfera.

Precio unitario: USD 3.342,85

Precio total: USD 6.685,7

Cálculo de la altura del tanque de agua

Para definir la altura mínima para el tanque de agua tomaremos como cañería de referencia a la que se encuentra en la condición más desfavorable. Para lo cual consideramos el tramo 2D para la planta alta.

Planteamos el balance de energía mecánica para los puntos 1 (salida del tanque de agua) y 2 (baño planta alta), considerando el punto 1 el nivel del líquido en la parte superior del tanque de reserva y el punto 2 la descarga de la salida de agua más lejana (a una altura de 2,5 metros sobre nivel de piso), resulta:

$$Z_1 * \frac{g}{g_c} * \frac{V_1^2}{2 * \alpha * g_c} + \left(\frac{P_1}{\delta_1} - \frac{P_2}{\delta_2}\right) = Z_2 * \frac{g}{g_c} * \frac{V_2^2}{2 * \alpha * g_c} + \sum F$$

Donde,

Z_1 = H m = altura a determinar.

Z_2 = 2 m (se toma como punto de referencia).

V_1 = 0 m/s

V_2 = 0,6 m/s

$P_1 = P_2$ = 1 atm = 1Kg_f/cm^2 = 10000 Kg_f/m^2

W_s = 0

a =1 para flujo turbulento.

ΣF = Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción (ΣF) en esta condición se conforman por:

- Pérdida por reducción a la salida del tanque

- Pérdida por fricción en la tubería recta de 2”
- Pérdida por fricción en los 2 codos de 2” y 1 Te de 2”
- Pérdida por contracción al pasar de 2” a ½”
- Pérdida por fricción en la tubería recta de ½”
- Pérdida por fricción en 6 codo de ½”
- Perdida por fricción en 2 tee de ½”

Se determinó la ΣF utilizando las siguientes ecuaciones:

Pérdida por reducción o contracción (h_c):

$$h_c = K_c * \frac{V^2}{2 * g_c}$$

$$K_c = 0{,}55 * (1 - \frac{A_2}{A_1})$$

Donde,

V = velocidad media de circulación del fluido.

K_c = coeficiente de pérdida por contracción.

A_1 = área de la sección transversal de la tubería a la entrada.

A_2 = área de la sección transversal de la tubería a la salida.

Pérdida por fricción en la tubería recta (F_f):

$$N_{Re} = \frac{D * V * \delta}{\mu}$$

$$F_f = 4f * \frac{\Delta l * V^2}{D * 2g_c}$$

Donde,

D = diámetro de la tubería.

V = velocidad de circulación en la tubería.

d y m = densidad y viscosidad del fluido, respectivamente.

f = factor de fricción de Fanning.

Δl = longitud de la tubería en el tramo recto.

Pérdida por fricción en accesorios (h_f):

$$h_f = K_f * \frac{V^2}{2g_c}$$

Donde,

K_f = factor de pérdida para el accesorio o válvula.

V = velocidad promedio en la tubería que conduce al accesorio.

Se realizó el cálculo obteniéndose un valor de ΣF = 2,68 Kg_f*m/Kg.

A partir de la ecuación de balance de energía, y sabiendo que W_s=0 y que V_1 = 0 tenemos:

$$Z_1 = \left[\frac{V_2^2}{2 * g_c} + \sum F - \left(\frac{P_1}{\delta_1} - \frac{P_2}{\delta_2}\right)\right] * \frac{g_c}{g}$$

$$Z_1 = \left[\frac{\left(0{,}6\frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}8\frac{Kg * m}{Kg_f * s^2}} + 2{,}68\ \frac{Kg_f * m}{Kg} - \frac{10000 - 10000}{1000}\ \frac{\frac{Kg_f}{m^2}}{\frac{Kg}{m^3}}\right] * \frac{9{,}8\ \frac{Kg * m}{Kg_f * s^2}}{9{,}8\frac{m}{s^2}}$$

$$Z_1 = 2{,}7\ metros$$

Por lo tanto, la altura total del tanque que nos asegure que el agua se distribución de agua dentro de la planta sea correcto es de 5,37 metros. Pero para tener una mejor presión dentro de la red de distribución se tomará como altura para la torre 10 metros.

Torre para tanque

Figura 7.2 Torre para elevamiento de tanque de agua

Características:

- altura: 8 m
- Material: hierro
- Con sistema de bisagra y tornillo de fijación

Precio: USD 157,14

Precio total: USD 314,28

Sistema red de incendios

Para diseñar el sistema contra incendios se tuvo en cuenta la de la Ley Nacional N°19.587 de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Decreto reglamentario 351/79, Artículos 160 a 186, Capitulo XVIII (Protección contra incendios, y el "Reglamento para instalaciones contra incendio en base a hidrantes, extintores portátiles y cuerpo de bomberos de fábrica" de la Cámara de Aseguradores.

La protección contra incendios comprende el conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento que se deben observar tanto para los ambientes como para los edificios, aún para trabajos fuera de éstos y en la medida en que las tareas los requieran. Los objetivos a cumplimentar son:

- Dificultar la iniciación de incendios.
- Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
- Asegurar la evacuación de las personas.
- Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.
- Proveer las instalaciones de detección y extinción

Los sectores de incendio, podrán abarcar como máximo una planta del establecimiento y cumplimentarán lo siguiente:

- Control de propagación horizontal, dividiendo el sector de incendio, de acuerdo al riesgo y la magnitud del área en secciones, en las que cada parte deberá estar aislada de las restantes mediante muros cortafuegos cuyas aberturas de paso se cerrarán con puertas dobles de seguridad contra incendio y cierre automático.
- Los sectores de incendio se separarán entre sí por pisos, techos y paredes resistentes al fuego y en los muros exteriores de edificios, provistos de ventanas, deberá garantizarse la eficacia del control de propagación vertical.

- Todo sector de incendio deberá comunicarse en forma directa con un medio de escape, quedando prohibida la evacuación de un sector de incendio a través de otro sector de incendio.

Matafuegos

La cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo, se determinarán según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos. Las clases de fuegos se designarán con las letras A-B-C y D y son las siguientes:

1) Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser maderas, papel, telas, gomas, plásticos y otros.

2) Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.

3) Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.

4) Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

Los matafuegos se clasificarán e identificarán asignándole una notación consistente en un número seguido de una letra, los que deberán estar inscriptos en el elemento con caracteres indelebles. El número indicará la capacidad relativa de extinción para la clase de fuego identificada por la letra. En todos los casos deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser

protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Siempre que se encuentren equipos eléctricos energizados, se instalarán matafuegos de la clase C. Dado que el fuego será en sí mismo clase A o B, los matafuegos serán de un potencial extintor acorde con la magnitud de los fuegos clase A o B que puedan originarse en los equipos eléctricos y en sus adyacencias.

El empleador que ejecute por sí el control periódico de recargas y reparación de equipos contra incendios, deberá llevar un registro de inspecciones y las tarjetas individuales por equipos que permitan verificar el correcto mantenimiento y condiciones de los mismos.

Protección Interna contra incendios

La superficie a proteger es de 952 m2, por lo tanto, se requiere instalar un mínimo de 12 extintores del tipo ABC; la distribución de los mismos se realiza según lo establecido por ley y teniendo en cuenta que estén ubicados en lugares de fácil y rápido acceso. Los lugares seleccionados son:

1 extintor tipo ABC de 5 kg en el almacenamiento

1 extintor tipo ABC de 2,5 kg en acceso a sala de caldera

1 extintor tipo ABC de 5 kg en el comedor

1 extintor tipo ABC de 2,5 kg en laboratorio

2 extintores tipo ABC de 2,5 kg en pasillo de oficinas de edificio principal.

1 extintor tipo ABC de 2,5 kg en la recepción

5 extintores tipo ABC de 5 kg distribuidos estratégicamente en la planta

Protección externa contra incendios

Deberán instalarse, como mínimo, equipos que permitan el ataque a los sectores de mayor peligrosidad, con un caudal de 30 m^3/h., con una presión mínima de 7 Kg/cm^2 en cualquier punto.

El 50 por ciento de los dispositivos instalados en la zona de mayor peligro deberá estar asegurado en su funcionamiento simultáneo sin que disminuya la presión de la red.

El número de elementos movibles tendrá una distribución adecuada a las necesidades (mangueras, lanzas, llaves, etc.), y reunidos con los elementos auxiliares (autobombas, motobombas, palas, picos, hachas, etc.), formarán parte del Rol de Incendios.

Servicio ignífugo especial

Estará constituido con elementos portátiles, adaptables a la red de agua en sus hidrantes para el envío de agentes ignífugos capaces de generar espuma adhesiva de alto poder cubriente en cualquier zona de la planta industrial.

Para las emergencias deberán ubicarse extintores generadores de espuma, anhídrido carbónico u otro elemento capaz de combatir pequeños focos al alcance de los operadores para el ataque inicial e inmediato. Se exigirá un extintor cada 10 m^3/h de capacidad de producción.

Las reservas de agentes ignífugos mediante generadores de espuma, serán tales que permitan operar durante una hora como mínimo, con dos equipos portátiles. Serán adaptadas tomas de vapor con mangueras y lanzas sobre dispositivos fijos para medidas de emergencia y prevención en los lugares peligrosos.

Contención de derrame

La fracción de terreno utilizada para la instalación de tanques de almacenaje, deberán encontrarse a profundidad con respecto al nivel circunvecino o estar rodeado por un terraplén de superficie afirmada de por lo menos 0,50 m. de ancho en el coronamiento, o bien por muros de hormigón herméticos cuyos cimientos resistan la presión estática del líquido resultante del eventual derrame.

El volumen de contención de los recintos constituidos por los terraplenes, no será menor del 75% de la capacidad nominal de almacenaje cuando se trate de 1 o 2 tanques, del 70% cuando se trate de 3; del 60% cuando se trate de 4 y del 50% cuando se trate de 5 o más.

Extintores

Tipo ABC de 5kg

Figura 7.4: Extintor tipo ABC 5 kg

Características:

- Utiliza polvo químico seco, especialmente fluidizado y siliconizado de fosfato monoamónico ABC60 con Sello IRAM 3569.
- Incluye tarjeta municipal para Capital o sello OPDS para Provincia y el interior
- Fabricado con SELLO IRAM 3523
- Cumple con todas las Normas de Ley de Tránsito vigentes
- Incluye soporte de pared
- Mantenimiento: Matafuego cargado con una vigencia de un año, Recargable

Certificaciones:

- OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible
- IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- CHAS: Certificación de Homologación de Autopartes y/o elementos de Seguridad
- GCBA: Aprobación del Gobierno de la Ciudad

Precio unitario: USD 74.20

Precio total: USD 519.40

Tipo ABC de 2.5kg

Figura 7.5: Extintor tipo ABC 2.5 kg

Características:

- Cumple las reglamentaciones vigentes (normas IRAM) está avalado por el sello DPS, único sello obligatorio.
- Matafuego recargable con válvula de bronce
- Aprobado por la Secretaría de Política Ambiental
- Cumplimiento de las normas IRAM avalado por el sello DPS
- El equipo cuenta con una garantía de un año
- Incluye soporte para fijar a la pared

Precio unitario: USD 34,95

Precio total: USD 174,75

Hidrantes

Figura 7.6: hidrante

Características:

Manguera Arjet 1 3/4 (45 Mm) X 20 m.:

- Apta para gabinetes contra incendios,
- Liviana, Flexible y Compacta

- Desarrollada para resistir largos períodos de tiempo inactivo, sin alteración de sus propiedades.
- Construida íntegramente con materiales sintéticos, con tejidos sin costura ni uniones, por estar fabricada en telas circulares.

Válvula Tipo Teatro 1 3/4:

- La válvula de impulsión es una alternativa para utilizar en pared,
- Su construcción es más liviana, totalmente en bronce con salida en rosca hembra giratoria.

Lanza y Pico Chorro Pleno:

- Para dirigir la descarga del agua sobre el incendio con un chorro directo y de gran alcance.
- Construidas en latón forjado y cobre, resisten hasta 30 kg/cm2.
- El chorro pleno o salida directa, permite disponer del máximo alcance de la descarga, protegiendo así al operador de la temperatura.

Precio total: USD 160.9

Energía eléctrica

La electricidad depende de la Cooperativa Eléctrica de Concordia, dentro del Parque Industrial de Concordia se dispone de una estación transformadora de 33/13,2 KV. El suministro de energía eléctrica se

realiza mediante una red interna de distribución en media y baja tensión, y también cuenta con instalación de iluminación.

Vapor

El vapor será suministrado mediante una caldera con una producción de vapor de 5000 Kg/h y una presión máxima de funcionamiento de 10 kg/cm^2.

El vapor se utilizará para abastecer los equipos de steam explosion, calefaccionar los fermentadores, el intercambiador de calor y el destilador.

La línea de vapor se instala con una pendiente de 0,28° en la dirección de avance del vapor para garantizar que el condensado fluya. Las cañerías a utilizar serán de hierro negro normalizado aislado con hidrosilicato de calcio de 70 mm de espesor recubierto con chapa de aluminio ondulado. El aislamiento es para evitar pérdidas de calor por radiación y para seguridad de los operarios.

El dimensionamiento de las cañerías es muy importante ya que, si estas son demasiado pequeñas, producirán gran pérdida de carga y consecuentemente un suministro deficiente de vapor al equipo. Si es demasiado grande, no perjudica el funcionamiento del equipo, pero elevara innecesariamente el costo de la instalación, así como también las pérdidas por radiación.

La velocidad de vapor no debe superar los 35 m/s para evitar ruidos, y desgaste excesivo en los componentes de la instalación. Por lo

que se adopta una velocidad de 30 m/s. Los principales componentes del sistema de distribución de vapor son:

- Piernas colectoras: se ubican a ciertos intervalos en las tuberías. Para dejar que el condensado sea drenado del vapor fluyendo a alta velocidad y colectar el condensado hasta que la presión diferencial sea suficiente para descargarlo a través de una trampa de vapor.
- Válvulas de seguridad: se instalan para evitar que la presión sobrepase los valores normales de trabajo para los cuales fue diseñado el sistema.

Caldera

Figura 7.7 Caldera humotubular

Características:

- Caldera Humotubular de tres pasos con Fondo Húmedo
- Modelo: HC-HF 62

- Superficie de calefacción: 143 m².
- Capacidad térmica: 3.348.000 Kcal/h.
- Producción de vapor:
  - 6.200 kg/h con agua de alimentación a/desde 100ºC.
  - 5.215 kg/h con agua de alimentación a 20ºC.
- Presión máxima de trabajo: 10 Kg/cm².
- Presión de diseño: 11 Kg/cm².
- Presión de prueba hidráulica: 16,5 Kg/cm².
- Rendimiento térmico: 87%.
- Consumo de Gas - Oil: 354 Kg/h (PCI 10.900 Kcal/Kg).
- Consumo Gas Natural: 322 Kg/h (PCI 11.990 Kcal/Kg).
- Dimensiones generales:
  - Largo 6.250 mm.
  - Ancho 3.600 mm.
  - Alto 3.100 mm.
- Peso aprox.: 19.500 Kg.

Completa con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.

Precio: U$S 97.300 + IVA.

Cálculos para la Red de vapor

Para el dimensionamiento de las mismas se aplica un factor de seguridad de 0,25.

Los diferentes tramos en la instalación serán:

- Tramo A: desde la caldera hasta un distribuidor de vapor interior a la planta.
- Tramo B: Desde el distribuidor hasta el equipo de explosión de vapor.
- Tramo C: Desde el distribuidor de vapor hasta los fermentadores.
- Tramo D: Desde el distribuidor de vapor hasta el intercambiador de calor
- Tramo E: Desde el distribuidor de calor hasta el destilador.

Tabla 7.3. Cálculo de diámetro para la adopción de cañerías de vapor.

Tuberías	Long. (L) [m]	Caudal (Q) [kg/h]	Velocidad media (Vm) [m/s]	Sección (S) [mm^2]	Diám (D) [mm]	Diám adoptado (Dc) [in]
Tramo A	5,12	2783,64	30	0,00465	76,98	3
Tramo B	32,56	1454,47	30	0,00243	55,64	2 1/2
Tramo C	27,81	31,9	30	0,00005	8,24	1/2
Tramo D	30	1287,27	30	0,00215	52,43	2
Tramo E	6,51	10	30	0,00002	4,61	1/2

Reducción de presión

La caldera adoptada tiene una presión de trabajo de 10 kg/cm^2, la producción de vapor a esta presión es mayor que la necesaria para los

equipos de proceso, por lo tanto, es conveniente distribuir el vapor a alta presión y reducir éste en el punto de uso con la ayuda de una válvula reductora desde 10 kg/cm² a una presión cercana a la presión de trabajo de los equipos (por lo menos 5 kg/cm^2), logrando así los requerimientos de temperatura crítica de nuestro proceso. La línea más desfavorable para determinar la caída de presión es la que lleva el vapor al intercambiador de vapor, la cual atravesará:

- 2 distribuidores de vapor
- 3 válvulas reductoras
- 1 curva a 90°
- 1 lira

Para determinar la caída de presión se utilizaron la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \frac{\mu * l * v^2}{2 * d * V}$$

Donde

$$v = \frac{m_s * V}{3600 * \pi * \frac{d^2}{2}}$$

v=velocidad del vapor [m/s]

m_s= caudal de vapor [Kg/h]

l=longitud de la tubería [m]

d= Diámetro interno de la tubería [m]

ΔP= Caída de presión [Pa]

μ= coeficiente de fricción

V= volumen específico[m^3/Kg]

Para el tramo A la caída de presión es de 0,268 kg/cm^2 y para el tramo D es de 0,571 kg/cm^2. Por lo tanto, la pérdida de carga total es de 0,839 Kg/cm^2. Como el intercambiador trabaja a 1 kg/cm^2 de presión, la pérdida de carga es aceptable para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

Combustibles

Para el funcionamiento de la caldera será necesario emplear gas natural proveniente de la red interna de distribución del parque industrial con un caudal 322 kg/h (436,9 m^3/h) y un poder calorífico 11.990 kcal/kg y como reserva en el pico de producción se utilizará gas-oil, con un caudal de consumo de 354 kg/h (418,93 l/h) con una capacidad calorífica de 10.900 kcal/kg para lo que se contará con una cisterna de 10.000 L.

Cálculo combustible secadero

$$Qe = mav * \lambda v$$

$$Qe = 34{,}26 \frac{Kg}{h} * 540 \frac{kcal}{Kg}$$

$$Qe = 18.500{,}4\ Kcal/h$$

$$Cgas = \frac{Qe}{PCIgas}$$

$$Cgas = \frac{18.500{,}4\,\frac{Kcal}{h}}{11.990\,\frac{Kcal}{Kg}}$$

$$Cgas = \ 1{,}55\,\frac{Kg}{h}$$

$$\delta gas = 0{,}737\,\frac{Kg}{m3}$$

$$Cgas = \frac{1{,}55\,\frac{Kg}{h}}{0{,}737\,\frac{Kg}{m3}}$$

$$Cgas = \ 2{,}1\,\frac{m3}{h}$$

Donde:

Q_e= calor de vaporización [kcal/kg]

m_{av}= masa de agua evaporada [kg/h]

λ_v= Calor latente de vaporización del agua [kcal/kg]

C_{gas}= Consumo de gas

PCI_{gas}=Poder calorífico inferior [kcal/kg]

δ_{gas}= densidad del gas [kg/m^3]

Capítulo 8

Instalaciones Eléctricas

Índice

Índice 2
Introducción 4
Diagrama de distribución 5
Cálculo de la sección de conductores 5
Potencia eléctrica 5
Potencia de servicio 6
Verificación térmica y por caída de tensión 7
Cálculo para los motores 9
Cálculo de la sección al Tablero Principal 15
Cálculo de acometida del los tableros seccionales al tablero principal 15
Iluminación 19
Lámparas led 19
Diferentes tipos de iluminación interior 20
Niveles de iluminación 21
Elección de los equipos de iluminación 22
Iluminación Interior 23
Flat 60X60 23
Factor GLIX SP G3 240 23
Iluminación exterior 24
StreetBox G3 300 24
PetroGlix Ape 25
Cantidad de lámparas y potencias necesarias para iluminar la planta 25
Cálculo de la acometida del tablero principal 28
Corrección del factor de potencia 29
Diagrama vectorial de relación de potencias. 30
Cálculo de la potencia aparente 31

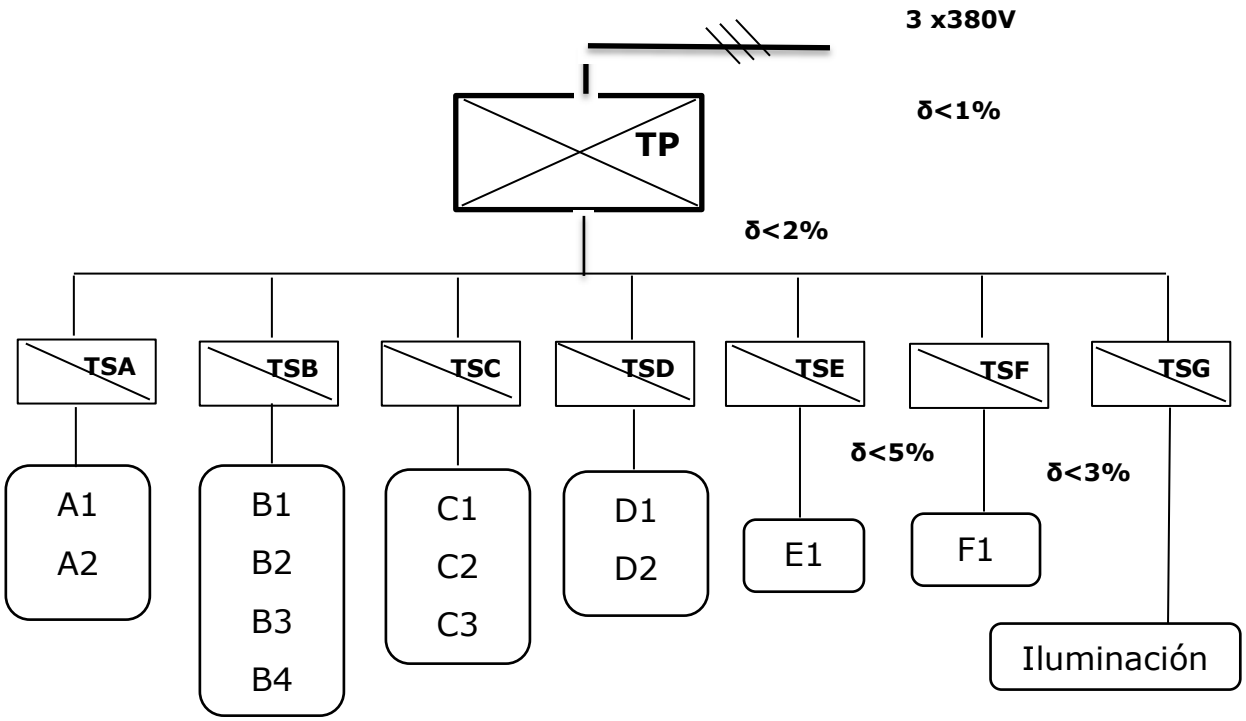
Cálculo del factor de potencia de la instalación 32

Introducción

Como se mencionó en el capítulo 7 la electricidad depende de la Cooperativa Eléctrica de Concordia, dentro del parque industrial de Concordia se dispone de una estación transformadora, el suministro de energía eléctrica se realiza mediante una red interna de distribución. Para el funcionamiento de la planta nos conectaremos a baja tensión 3 x 380 V. La reglamentación de instalaciones eléctricas industriales e inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina establece las condiciones mínimas que deben cumplir las instalaciones eléctricas para preservar la seguridad de las personas y de los bienes, así como asegurar la confiabilidad de su funcionamiento.

En la planta, la energía será distribuida en forma radial mediante colocación de un tablero principal que gobernará toda la energía de la planta. La corrección del factor de potencia (cos φ) se realizará de forma automática con el uso de un regulador varimétrico de seis pasos para obtener un valor de 0,92. La distribución de energía se realizará mediante tableros seccionales. En los tableros se colocarán las llaves principales de maniobra, las protecciones y los instrumentos de medida en el caso de ser necesarios.

Diagrama de distribución



Cálculo de la sección de conductores

Para determinar la potencia eléctrica de los tableros seccionales es necesario determinar la sección de los conductores. Para los cálculos se determinarán la sección de los conductores correspondientes a los motores dentro de la planta y para el sistema de iluminación.

Potencia eléctrica

Para calcular la potencia eléctrica (PE) que consume cada motor, se establece una relación entre la potencia mecánica (PM) la cual es obtenida del catálogo del fabricante y el rendimiento del motor (η) el cual se considera que es del 85 %.

$$\eta = \frac{Potencia\ salida\ (PM)}{Potencia\ entrada(PE)}$$

$$PE = \left(\frac{PM}{\eta}\right) * 746 \left(\frac{W}{HP}\right)$$

donde:

PE = potencia eléctrica (Watt)

PM = potencia mecánica (HP)

η= rendimiento = 0,85

Factor de conversion = 1 HP --- 746 Watt---0,746 KW

Potencia de servicio

Se considera para cada sección del tablero seccional, el factor de simultaneidad igual a la unidad, entonces la potencia de servicio PS se obtiene de la siguiente manera:

$$PS = Ks * Ku * PE$$

Los factores que a tener en cuenta serán;

Coeficiente de utilidad:

$$Ku = \frac{Putil}{Pnominal}$$

Coeficiente de reserva:

$$Kr = Pn * 1{,}25$$

Coeficiente de simultaneidad:

$$Ks = \frac{P1 + P2 + P3}{\sum_1^{Pn} Pn}$$

En los cálculos de conductores se considera que los coeficientes Kr es igual a 1,25 y Ku es de 0,8 por lo tanto podemos decir que la potencia de servicio (PS) será igual a la potencia electrica (PE).

A su vez la potencia eléctrica para circuitos trifásicos se puede expresar de la siguiente manera:

$$PE = \sqrt{3} * U * I * cos\phi$$

despejando I,

$$I = \frac{PE}{\sqrt{3} * U * cos\varphi}$$

Verificación térmica y por caída de tensión

Para determinar la sección de cada una de las líneas de distribución y acometidas desde los tableros hasta los equipos en la planta, se debe realizar una verificación siguiendo el criterio térmico y mediante el criterio de caída de tensión.

- Verificación térmica: La corriente térmica deberá ser 1,2 veces la corriente nominal (In)

$$Iterm \leq Iadm$$

Donde:

Corriente térmica (Iterm)= $1{,}2 * In$

Corriente admisible (Iadm)= se obtiene de catálogo.

- Verificación por caída de tensión de conductores:

$$\Delta U = K * In * L * (R * cos\phi + X * sen\phi)$$

Donde:

ΔU= caída de tensión (V)

I_n= corriente nominal (A)

K =√3 para sistemas trifásicos

L = longitud de la línea [km]

R = resistencia del conductor [Ω/Km]

X = reactancia del conductor [Ω/Km]

- Verificación de la caída de tensión porcentual:

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

Además se debe verificar que, la caída de tensión porcentual sea:

- ΔU ≤ 2% para alimentación de tableros seccionales
- ΔU ≤ 3% para circuitos en general
- ΔU ≤ 5% para motores en régimen
- ΔU ≤ 15% para arranque de motores

Por tratarse de líneas cortas con una longitud menor a 200 m, en estos casos se ha despreciado la inductancia del conductor y se lo considera puramente resistivo.

En el criterio térmico se dimensionó la sección teniendo en cuenta la corriente máxima que tolera y que cuando se mantiene de forma permanente el conductor no supera los 70°C cuando la temperatura ambiente no es mayor a 40°C o la que especifica la tabla del fabricante.

Cálculo para los motores

El ejemplo corresponde al motor E1 del tablero seccional TSE, donde se calcula la sección de la acometida teniendo en cuenta el criterio térmico:

Datos:

- Potencia mecánica (PM)= 75 hp
- Rendimiento motor (η) = 0,85

Por lo tanto la potencia eléctrica (PE) está dada por:

$$PE = \left(\frac{PM}{\eta}\right) * 746 \left(\frac{W}{HP}\right)$$

$$PE = \left(\frac{75HP}{0{,}85}\right) * 746 \left(\frac{W}{HP}\right)$$

$$PE = 65.823{,}53\ W$$

$$PE = 65{,}82\ Kw$$

Cómo Kr es 1,25 y Ku toma el valor de 0,8 entonces la potencia eléctrica (PE) es igual a potencia de servicio (PS) y conociendo el valor del cosφ (0,85) se puede plantear:

$$P_{servicio} = \sqrt{3} * U * I * cos\varphi$$

$$I = \frac{PE}{\sqrt{3} * U * cos\varphi}$$

$$I = \frac{65.823{,}53W}{\sqrt{3} * 380V * 0{,}85}$$

$$I = 117{,}66\ A$$

Con esta corriente nominal elegiremos la sección del conductor del catálogo Sintenax Valio. En la tabla 8.1 se observa la intensidad de corriente máxima admisible, en ampere, para cables con conductores de cobre en baja tensión de 0,6 a 1,1 KV. Se opta por trabajar con cables tripolares (método E) de bandeja perforada.

Tabla 8.1 datos eléctricos cables tripolar

Sintenax Valio

Datos Eléctricos

Sección nominal	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
mm²	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133
70	-	130	185	160	202	170
95	-	156	224	194	245	207
120	-	179	260	225	285	240

Tabla 8.2 características técnicas conductores de cobre

Sintenax Valio

Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal mm²	Diámetro del conductor mm	Espesor nominal de aislación mm	Espesor nominal de envoltura mm	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox. kg/km	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz. ohm/km	Reactancia a 50 Hz. ohm/km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2 0,	8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	20	786	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	26	1270	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	28,5	1630	0,663	0,0760
50	8,1	1,4	1,8	30	2075	0,464	0,0777
70	10,9	1,4	2,0	30	2365	0,321	0,0736
95	12,7	1,6	2,1	33	3208	0,232	0,0733
120	14,2	1,6	2,2	36	3910	0,184	0,0729

Se seleccionará un conductor de bandeja perforada (Método E) cuya sección nominal será de 70 mm2 ,y su corriente admisible de 170A.

- Verificación térmica:

$$Iterm \leq Iadm$$

$$1{,}2 * In \leq Iadm$$

$$141{,}19A \leq 170A$$

- Verificación caída de tensión:

$$\Delta U = K * In * L * (R * cos\phi + X * sen\phi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 117{,}66 * 0{,}0017Km * (0{,}321\Omega/km * 0{,}85)$$

$$\Delta U = 0{,}945V$$

- Verificacion por caida de tension porcentual:

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

$$\delta\% = \frac{0{,}945}{380} * 100$$

$$\delta\% = 0{,}25$$

Como la caída de tensión para motores en régimen debe de ser menor al 5% entonces podemos ver que se verifica por caida de tension.

- Verificación caída de tensión arranque (I_{arr}): se determina la corriente de arranque del motor, la cual se considera de 7 a 10 veces la corriente nominal,entonces:

$$Iarr = 7 * In$$

$$Iarr = 7 * 117{,}66A$$

$$Iarr = 823{,}62A$$

luego reemplazamos,

$$\Delta U = K * In * L * (R * cos\phi + X * sen\phi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 823{,}62A * 0{,}0017km * \left(\frac{0{,}321\Omega}{km} * 0{,}3\right)$$

$$\Delta U = 2{,}34V$$

- Verificacion por caid de tensión porcentual:

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

$$\delta\% = \frac{2{,}34}{380} * 100$$

$$\delta\% = 0{,}61$$

Podemos decir que se verifica por caída de tensión, ya que el porcentual es de 0,61 y es menor al porcentaje permitido para motores en arranque que de 15%. En la tabla 8.3 se pueden observar la ubicación de los motores de la planta en los tableros seccionales.

Tabla 8.3 Distribución de motores a cada tablero seccional (TS)

TS	Motor	Función del motor	PM [HP]	PE [kW]	Iadm [A]	S [mm²]	ΔU [V]	δ [%]
TSA	A1	Tolva	10	8,78	22	2,5	1,32	0,35
	A2	Prensa tornillo	22	19,31	52	35	0,71	0,19
TSB	B1	Bomba de alimentación para fermentadores	1	0,88	22	2,5	0,05	0,01
	B2	Bomba dosificadora	1/2	0,44	22	2,5	0,02	0,01
	B3	Bomba descarga fermentadores	1	0.88	22	2,5	0,04	0,01
	B4	Filtro	3	2,2	22	2,5	0,38	0,10
TSC	C1	Destilador	4	3,51	22	2,5	0,97	0,26
	C2	Bomba llenado tanques	1	0,88	22	2,5	0,26	0,07
	C3	Bomba llenado camiones	1	0,88	22	2,5	0,26	0,07
TSD	D1	Bomba alimentación de caldera	1	0,88	22	2,5	0,15	0,04
	D2	Bomba alimentacion de combustible	1	0,88	22	2,5	0,31	0,08
TSE	E1	Extrusora subproductos	75	65,82	170	70	0,94	0,25
TSF	F1	Secadero	3	2,63	22	2,5	0,16	0,04

En cuanto a los requerimientos de arranque, para motores con una potencia mayor a los 6 o 7 HP, se usan sistemas de arranque de tensión reducida, y se actúa sobre el bobinado estatórico, el más utilizado es el sistema de arranque estrella-triangulo:

- Conexión en triángulo: V línea = V fase
- Conexión en estrella: V línea = $\sqrt{3} * V$ fase

Reduciendo la tensión a la que están sometidos los bobinados estatóricos, se logra que la corriente de arranque sea del orden de 7 a 10 veces la corriente nominal:

- I arranque $\cong$ 7 a 10 $*$ I nominal.

Los demás motores que se dispongan en la instalación que sean menores a 6 HP, se seleccionan arranques de motores en modo directo.

Cálculo de la sección al Tablero Seccional

Para el cálculo de de las acometidas se deben sumar todas las potencias conectadas a cada tablero seccional, considerando un coeficiente de simultaneidad para no sobredimensionar las líneas.

El coeficiente de simultaneidad (Ks) tiene en cuenta la cantidad de circuitos que se conectan en forma simultánea con respecto a la totalidad de circuitos, en los tableros seccionales se adopta un Ks= 1.

Cálculo de acometida del los tableros seccionales al tablero principal

La potencia del tablero seccional será la suma de la potencia de los motores de cada uno de los equipos conectados.

$$PTSB = PB1 + PB2 + PB3 + PB4$$

Luego,

$$PTSB = 877{,}65W + 438{,}82W + 877{,}65W + 2.615{,}39W$$

$$PTSB = 4.809{,}51W$$

A su vez se considera en cada tablero seccional la colocación de 3 tomacorrientes trifásico 380V/16A y 2 monofasicos 220V/10A para poder realizar la conexión de cualquier herramienta. En este caso se adopta un coeficiente de simultaneidad Ks= 0,9 y un coeficiente de utilización Ku=0,7.

Por ejemplo la potencia total para tablero seccional TSB:

- Potencia Tomacorriente Monofásico (PTCM):

$$PTCM = N * Ku * Ks * V * A$$

$$PTCM = 2 * 0{,}7 * 0.9 * 220V * 10A$$

$$PTCM = 2.772\ W$$

- Potencia Tomacorrientes Trifásicos (PTCT):

$$PTCT = N * K_u * K_s * \sqrt{3} * V * A$$

$$PTCT = 2 * 0{,}7 * 0{,}9 * \sqrt{3} * 380V * 16A$$

$$PTCT = 19.903{,}3\ W$$

- Potencia total (PTTSB):

$$PTTSB = PTSB + PTCM + PTCT$$

$$PTTSB = 4.809W + 2.772W + 19.903{,}3W$$

$$PTTSB = 27.483{,}75\ W$$

Despejando In,

$$PTTSB = \sqrt{3} * U * I * cos\phi$$

$$In = \frac{PTTSB}{\sqrt{3} * U * I * cos\phi}$$

$$In = \frac{27.483{,}75W}{\sqrt{3} * 380 * 0{,}85}$$

$$I = 49{,}12A$$

Con esta corriente nominal se elige la sección del conductor del catálogo Sintenax Valio de la tabla 8.1 donde se observa la intensidad de corriente máxima admisible, en ampere, para cables con conductores de cobre en baja tensión de 0,6 a 1,1 KV. En este caso adoptamos un

conductor de 16 mm^2 de sección nominal con una corriente admisible de 70 A.

- Verificación térmica:

$$Iterm \leq IAdm$$

$$1{,}2 * I \leq IAdm$$

$$58{,}95A \leq 70A$$

- Verificación por caída de tensión:

$$\Delta U = K * I * L * (R * cos\phi + X * sen\phi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 49{,}12A * 0{,}019km * \left(\frac{1{,}45\Omega}{km} * 0{,}85\right)$$

$$\Delta U = 1{,}99\,V$$

- Verificación por caída de tensión porcentual,

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

$$\delta\% = \frac{1{,}99}{380} * 100$$

$$\delta\% = 0{,}52\%$$

Podemos decir que se verifica por caída de tensión ya que el porcentual es de 0,52% menor al 2% permitido para alimentación de tableros seccionales.

A continuación en la tabla 8.4 se pueden observar las acometidas para los distintos tableros seccionales.

Tabla 8.4 Acometidas para Tableros seccionales (TS)

TS	PE [W]	PTC [W]	Ptotal [W]	L [km]	In [A]	Iadm [A]	S [mm²]
TSA	28084,71	22.675,3	50760,05	0,034	90,73	110	35
TSB	4809,51	22.675,3	27.484,85	0,019	49,1	70	16
TSC	5265,88	22.675,3	27.941,22	0,017	49,9	70	16
TSD	1755,29	22.675,3	24.430,64	0,042	43,6	70	16
TSE	65823,53	22.675,3	88.498,87	0,007	158,2	207	95
TSF	2632,94	22.675,3	25.308,28	0,007	45,2	70	16

Iluminación

Debe cumplir los requisitos establecidos en el decreto 911/96 de la Ley de Higiene y Seguridad del Trabajo. La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar y reproducir los colores en medida aceptable. Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramiento, directo o reflejado, para lo que se distribuirán y orientarán convenientemente las luminarias y superficies reflectantes existentes en el lugar.

Para satisfacer una adecuada operatividad visual existen diversas formas en que se deben ubicar las fuentes luminosas (equipos iluminación) en determinado ambiente constructivo.

Lámparas led

Se adopta lámparas led para la iluminación en la planta industrial. Estas son lámparas de estado sólido que usan leds (Light-Emitting Diode, diodos emisores de luz) como fuente lumínica. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde la corriente alterna normal. Los leds se dañan

a altas temperaturas, por lo que las lámparas de led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

Diferentes tipos de iluminación interior

- **Iluminación directa:** La fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.
- **Iluminación semi-directa:** La proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes techos y mobiliario.
- **Iluminación indirecta:** La fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.
- **Iluminación semi-indirecta:** El manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.
- **Iluminación difusa:** La que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al

traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

Niveles de iluminación

Según la Norma IRAM-AADL J 20-06 existen valores típicos de iluminancia o iluminación sobre el plano de trabajo según tipo de tarea visual. Algunos ejemplos se pueden observar en la tabla 8.5:

Tabla 8.5 Intensidad de iluminación para diversas clases de tarea visual

Clases de tarea visual	Iluminación sobre plano de trabajo (lux)	Ej. de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales y otros.
Tareas intermitentes ordinarias.	100 a 300	Trabajos simples, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tarea moderadamente críticas y prolongadas.	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste.	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección;
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste.	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10.000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Elección de los equipos de iluminación

Los equipos son provistos por la empresa glixLEDS iluminate, los cuales colocaremos en diferentes puntos de la planta industrial de manera estrategica.

Iluminación Interior

Flat 60X60

Estas lámparas serán empleadas exclusivamente para las oficinas tanto en la planta alta como en la planta baja, el consumo de estas lámparas es de 48W, se caracterizan por tener una vida útil de 50.000 hs, un flujo lumínico de 4.000 LM, angulo de apertura de 140°, sus dimensiones son de 596 mm de largo por 596 mm de ancho por 9mm de espesor. La cantidad requerida es de 30 lámparas Flat 60x60.

Figura 8.1Lámparas Flat 60x60

Precio unitario: USD 49,73

Precio total: USD 1.491,9

Factor GLIX SP G3 240

Esta tecnología LED es desarrollada exclusivamente para galpones grande y plantas de procesamiento, se usarán lámparas led de 240 W, con una vida útil de 65.000 hs, una eficiencia de 130 LM/W, un flujo luminoso de 31200 lm, modulo de 3*20 LEDs especialmente diseñadas para espacios de grandes alturas, las dimensiones son 322 mm de largo por 228mm de ancho por 175 mm de espesor. La cantidad requerida es de 10 lámparas Factor GLIX SP G3 240.

Figura 8.2 Lámparas factor glix SP g3 240

Precio unitario: USD 400

Precio total: USD 4000

Iluminación exterior

StreetBox G3 300

Estas lámparas son desarrolladas para iluminación perimetral y alumbrado público, tienen una vida útil de 65.000 hs, serán necesarias lámparas de 300W, con una eficiencia de 130lm/W, un flujo luminoso de 39.000lm,sus dimensiones son de 703 mm de largo por 330mm de ancho por 103 mm de espesor. La cantidad requerida es de 6 lámparas StreetBox.

Figura 8.3 StreetBox G3 300

Precio unitario: USD 530,4

Precio total: USD 3.182,4

PetroGlix Ape

Son lámparas desarrolladas para el uso exclusivo de surtidores, con una vida útil de 65.000hs, sean necesarias lámparas PetroGlix Z1 150 con un consumo de 150 W, una eficiencia de 130 lm/W y un flujo luminoso de 19.500lm, sus dimensiones son 372 mm de largo por 352 mm de ancho por 114 mm de espesor. La cantidad requerida es de 6 lámparas PetroGlix Ape.

Figura 8.4lámparas PetroGlix Z1 150

Precio unitario: USD 494

Precio total: USD 2.964

Cantidad de lámparas y potencias necesarias para iluminar la planta

Tabla 8.6 Consumo total de Iluminación

Iluminación	Lámparas	Potencia (W)	Cantidad	Consumo (W)
Interior	Led	48	30	3.840
		240	10	
Exterior	Led	300	6	2.700
		150	6	
Consumo total				**6.540**

Sobre el total se calcula una reserva de energía del 20%, por lo tanto el consumo total estimado es de 7.848 W. Además de las luminarias, al tablero seccional F se añadirán 40 tomacorrientes monofásicos.

La potencia de cada toma corriente (considerando carga puramente resistiva, cos φ = 1), tiene Ku = 0,7 y Ks = 0,4:

$$PTCM = N * Ku * Ks * V * I$$

$$PTCM = 40 * 0{,}7 * 0{,}4 * 220V * 10A$$

$$PTCM = 24.600\ W$$

El coeficiente de simultaneidad para iluminación se considera Ks =1.

P_{TTSG} = ($Piluminación$ + P_{TCM})= 7.848 W +24.600 W =32.448 W.

$$PTTSG = 2 * V * I * cos\phi$$

$$I = \frac{PTTSG}{2 * V ** cos\phi}$$

$$I = \frac{32.448}{2 * 220V * 0{,}92}$$

$$I = 80{,}25A$$

Por lo tanto para esta corriente elegimos un conductor unipolar de cobre de sección de 16 mm2 y una corriente admisible de 70 A.

Tabla 8.7 Resumen tableros seccionales (TS)

TS	PE [W]	PTC [W]	Potencia Total [W]	Iadm [A]	S [mm²]	ΔU [V]	%δ [%]
TSA	28.084,7	22.675	50.760,1	110	35	3,01	0,79
TSB	4.809	22.675	27.484,8	70	16	1,99	0,52
TSC	5.265	22.675	27.941,2	70	16	1,81	0,48
TSD	1.755	22.675	24.430,6	70	16	3,91	1,03
TSE	65.823,5	22.675	88.498,8	207	95	0,37	0,10
TSF	2.632	22.675	25.308,3	70	16	0,67	0,18
TSG	7.848	24.600	32.448	70	16	0,99	0,26

Cálculo de la acometida del Tablero Principal

Para realizar el cálculo de la acometida del tablero principal se lleva cabo la sumatoria de las cargas. En este caso, se considera para el cálculo de la sección, el factor de potencia corregido a 0,92:

$$PTP = PTTSA + PTTSB + PTTSC + PTTSD + PTTSE + PTTSF + PTTSG$$

$$PTP = 50.760{,}1W + 27.484{,}8W + 27.941{,}2W + 24.430{,}6W + 88.498{,}8W + 25.308{,}3W + 32.448W$$

$$P = 276.911{,}91\ W$$

A partir del consumo podemos calcular la corriente admisible,

$$I = \frac{PTP}{\sqrt{3} * U * cos\phi}$$

$$I = 276.911{,}1 \frac{W}{\sqrt{3} * 380 * 0{,}92}$$

$$I = 457{,}3\ A$$

Se seleccionará tres cables unipolares en horizontal (método bandeja perforada) de una sección de 300 mm2 y una corriente admisible de 617 /573A.

- Verificación por caída de tensión

$$\Delta U = K * I * L * (R * cos\phi + X * sen\phi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 457{,}3A * 0{,}05\ km * \left(\frac{0{,}012\Omega}{km} * 0{,}85 + \frac{0.140\Omega}{km} * 0.52\right)$$

$$\Delta U = 0{,}18\ V$$

- Verificación por caída de tensión porcentual,

$$\delta\% = \frac{\Delta U}{V} * 100$$

$$\delta\% = \frac{0{,}18}{380} * 100$$

$$\delta\% = 0{,}05\%$$

Corrección del factor de potencia

El factor de potencia (cosφ) se puede definir como la relación que existe entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA) y es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y las empresas de servicio electroenergético exigen valores de 0,92 o superiores.

Las cargas industriales, en su naturaleza eléctrica, son de carácter reactivo a causa de la presencia en su mayoría de motores.

Este carácter obliga que, junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.

Por lo general un bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva y es causa de recargos en la cuenta de energía eléctrica, los cuales llegan a ser significativos cuando el factor de potencia es reducido.

La compensación del factor de potencia puede ser:

- Individual: Se realiza compensación individual en máquinas de grandes potencias con ciclos de trabajo largos

- En grupos o centralizada: Se lleva a cabo para bajas potencias y ciclos de trabajo cortos.

La compensación individual brinda la máxima posibilidad ya que la energía reactiva se genera en el lugar que se consume. Sin embargo, si los consumos individuales a compensar son demasiado pequeños, los capacitores que se empleen, también resultará de pequeño valor y por lo tanto el costo total de la compensación resulta elevado.

Diagrama vectorial de relación de potencias.

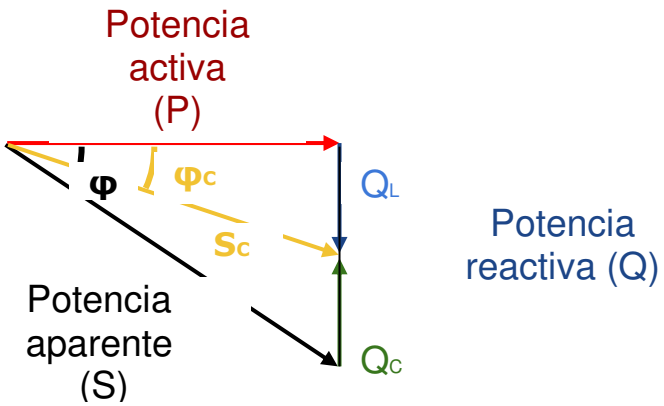


Figura 8.5 Relación de potencias

donde:

P: potencia activa (Kw)

Q: potencia reactiva (KVAR)

S: potencia aparente (KVA)

Cos φ: Factor de potencia sin corregir

Cálculo de la potencia aparente

Para el cálculo de corrección del factor de potencia se calcula la potencia aparente (S) total. Para ello se determinará la potencia reactiva (Q) de los tableros A,B,C,D,E y F.

Para el tablero G de iluminación se consideró, en los cálculos antes desarrollados, un factor de potencia de 0,95 (φ = 18,19°), con lo cual no es necesario su compensación.

Cabe recordar que los toma corrientes se consideran puramente resistivos, por lo tanto no consumen potencia reactiva. Si se los tuviese en cuenta en los cálculos, los mismos mejorarían el factor de potencia pero es poco probable que se encuentren simultáneamente conectados a una carga.

La potencia reactiva de cada tablero se calculará a partir de la potencia activa de los equipos según:

$$P = \sqrt{3} * U * Iservicio * cos\varphi$$

$$Q = P * Tg\varphi$$

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo para el tablero seccional C:

$$PTSE = 65.823{,}5\ W$$

$$Cos\phi = 0.85 \Rightarrow \phi = 31.79º$$

A partir del angulo podemos hallar la potencia reactiva (Q),

$$Q == 65.823{,}5 * tan(31{,}79º) = 40.796{,}4$$

Para determinar la potencia aparente no se tiene en cuenta la PTSG ni el consumo de potencia de los tomacorrientes de cada tablero,

$$S = \sqrt{(65.823W^2 + 40.796{,}4W^2)} \quad = 77.440{,}81VA = 77.44KVA$$

Tabla 8.8 Resumen potencia.

TS	PE [KW]	Q [KVAR]	S [KVA]
TSA	28.08	17.41	33.04
TSB	4.8	2.98	5.65
TSC	5.26	3.26	6.18
TSD	1.75	1.09	2.06
TSE	65.82	40.79	77.44
TSF	2.63	1.63	3.09
Total	108.34	67.16	127.46

Cálculo del factor de potencia de la instalación

Donde:

Q_C: potencia reactiva suministrada por el condensador

Cos φ_C: factor de potencia corregido

$$cos\phi = \left(\frac{P}{S}\right) = \frac{65.823{,}5W}{77.440{,}81VA} = 0.85$$

Entonces,

$$\varphi = 31{,}79°$$

El nuevo ángulo será 23.07º que se corresponde a un cos φ_C= 0,92

$$Qc = Pservicio * (tan\phi - tan\phi c)$$

$$Qc = 115.360W * (tan\ 31.79º - tan\ 23.07º)$$

$$Qc = 22.364{,}52\ VAR = 22.36KVAR.$$

Adopción del condensador,

donde:

C= Capacidad del condensador[Faradios]

IC= Intensidad de la corriente[Amper]

f= Frecuencia de la corriente[50 ciclos/segundo]

V=Tensión de la línea 380volt

$$C = \frac{Qc}{3 * 2\Pi * f * V^2}$$

$$C = \frac{22.364{,}52VAR}{3 * 2\Pi * 50 * (380^2)}$$

$$C = 1.64 * 10^{-4}F = 164.33\mu F$$

Por consiguiente el banco capacitivo adoptado es del tipo automático para interior. Marca Leyden, de la línea LEYMET/XVI, modelo 40 PTA 250/XVI, con una potencia de 25 kVAR.

Con interruptor termomagnético incorporado. Ideales para industrias en general, y para todas aquellas aplicaciones donde se requiera seguridad para personas e instalaciones, y aptitud para soportar condiciones ambientales normales. Compuestos internamente por celdas

individuales antiexplosivas, con desconectador por sobrepresión (DSP), fácilmente reemplazables en caso necesario e interruptor termomagnético de entrada que cumple las funciones de conexión, desconexión, y además protege contra cortocircuitos y/o sobrecargas del equipo. Caja de acero autoventilada, con orificios protegidos. Grado de protección lP43.

Tabla 8.9 Capacitores leyden

Modelo	Potencia (kVAr)	Capacidad (µF)	Corriente Nominal A	Dimensiones (mm)			Masa kg.
				A	B	H	
40PTA010/XV	1	3 x 6.66	3 x 1.44	150	85	310	2
40PTA020/XV	2	3 x 13.3	3 x 2.9	150	85	310	2
40PTA030/XV	3	3 x 20	3 x 4.34	150	85	310	2
40PTA050/XV	5	3 x 33.3	3 x 7.2	150	85	310	2.5
40PTA100/XV	10	3 x 66.6	3 x 14.4	220	85	310	3.4
40PTA150/XV	15	3 x 100	3 x 21.7	220	85	310	3.5
40PTA200/XV	20	3 x 133	3 x 29	220	85	310	3.9
40PTA250/XV	25	3 x 166	3 x 36.1	220	150	310	5.2
40PTA300/XV	30	3 x 200	3 x 43.4	220	150	310	5.7
40PTA400/XV	40	3 x 266	3 x 58	220	150	310	6.6
40PTA500/XV	50	3 x 332	3 x 72.2	220	220	365	7.5
40PTA600/XV	60	3 x 398	3 x 86.6	220	220	365	8

Capítulo 9

Estructura Jurídica

Índice

Índice 2

Tipo de Sociedad 3

Característica de la S.R.L. 3

Denominación Social 4

Administración y Responsabilidades de la sociedad 4

Capital 4

Administración 5

Fiscalización interna 5

Obligaciones 5

Gobierno 6

Tipo de Sociedad

Para definir el tipo de sociedad que vamos a implementar, se valoró diferentes factores, como, el tipo de empresa, la actividad a desarrollar, la duración, la cantidad de socios, el capital y los riesgos que implica el negocio. Conforme a lo antes dicho optamos por una estructura jurídica de Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.).

Característica de la S.R.L.

Las sociedades comerciales se encuentran reguladas por la Ley 19.550, que en su artículo primero establece: "Habrá sociedad comercial cuando dos o más personas en forma organizada, conforme a uno de los tipos previstos en esta ley, se obliguen a realizar aportes para aplicarlos a la producción o intercambio de bienes o servicios participando de los beneficios y soportando las pérdidas".

Las S.R.L. es la forma más común de asociación en las pymes. La constitución es más simple y el estatuto más flexible que una Sociedad Anónima (S.A.), pero a diferencia de ésta, no pueden cotizar en bolsa. El capital se divide en cuotas de igual valor, que no pueden ser cedidas a menos que los demás socios (que no pueden ser más de 50) estén de acuerdo. Los socios son responsables sólo hasta el monto de sus aportes, por lo que, si el negocio tuviera problemas, los socios no corren el riesgo de perder todo su patrimonio (a esto es lo que se denomina "responsabilidad limitada"). Debe presentar balances y tiene algunas

ventajas impositivas respecto de la S.A. Puede administrarse por un socio, varios o un tercero. Es recomendable cuando se desea salvaguardar el patrimonio personal de los socios.

Denominación Social

Según el artículo 147 de la Ley 19.550, la denominación social puede incluir el nombre de uno o más socios y debe contener la indicación "sociedad de responsabilidad limitada", su abreviatura o la sigla S.R.L.

Por lo tanto, el nombre elegido para la sociedad es "Bio Citrus S.R.L.", con domicilio legal en el Parque Industrial de la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos.

Administración y Responsabilidades de la sociedad

No se requiere un capital mínimo, pero se concluye que el capital debe ir de acuerdo a la actividad a realizar por la sociedad. En este tipo de sociedad los socios limitan su responsabilidad a las cuotas que hayan suscripto.

Capital

El capital social se divide en cuotas de igual valor que deben ser ARS$10 o múltiplos de ARS$10. Deben estar inscriptas en los libros de la sociedad y en el Registro Público de Comercio. Las cuotas no pueden ser

cedidas a menos que el resto de los socios estén de acuerdo. No podrán realizarse oferta pública de sus cuotas sociales en los mercados abiertos.

Administración

Las S.R.L. son manejadas por uno o más gerentes, los cuales representan a la sociedad. No tienen obligación de reunirse periódicamente y pueden ser designados por término indefinido.

En nuestro caso la gerencia será ejercida por uno de nuestros socios, quedando estipulado en el contrato social.

Fiscalización interna

Se establecerá en el contrato un órgano de control interno, denominado sindicatura o consejo de vigilancia. Que podrá examinar libros, papeles sociales, correspondencia, y todos aquellos documentos referidos a la administración social

Obligaciones

Solamente las S.R.L. cuyo capital social supere los ARS$10.000.000 tienen la obligación de aprobar y presentar ante el Registro Público de Comercio (RPC) sus estados contables.

Gobierno

Las decisiones de la sociedad, siempre que se ajusten a las disposiciones de la ley y del contrato social, deben ser respetadas por los socios, los gerentes e incluso se rigen también para los terceros.

La reunión de los socios no está sometida a formalidades de convocación y funcionamiento, pero exige para la validez de sus resoluciones que se constituya, funcione y resuelva de acuerdo a lo establecido en el contrato social. Los votos se computarán de acuerdo al número de cuotas que posee.

Las resoluciones sociales serán adoptadas por decisión mayoritaria de los socios, en Junta de Socios.

En esta empresa, y siendo establecido previamente en el contrato de constitución de la sociedad, la Junta de Socios se realizan una vez por mes, siendo el Gerente General quien organiza la Junta de Socios, comunicando a cada socio el día y horario en que se llevará a cabo.

Capítulo 10

Estructura organizativa

Índice

Índice 2
Estructura de la producción 4
Visión 4
Misión 5
Valores 5
Estructura de la organización 5
Organigrama de la empresa 6
Descripción de los puestos 6
Junta de Socios 6
Gerente General 7
Departamento de calidad 7
Jefe de calidad 7
Analistas de calidad 8
Departamento de producción 8
Jefe de planta 8
Supervisor de turno 9
Operario 10
Mecánico 10
Limpieza 11
Supervisor de recepción y despacho 11
Operario 12
Departamento de administración 13
Administración comercial 13
Marketing 13
Recursos Humanos 14

Contabilidad y finanzas 14

Abogado 15

Estructura de la producción

Nuestra empresa trabaja los 9 meses del año, durante el pico de producción que corresponde a los meses de Julio, Agosto y Septiembre se trabaja 24 horas divididas en 3 turnos de 8 horas. El resto de los meses se trabaja un solo turno dependiendo de las necesidades que se presenten en la planta.

Los salarios se establecen siguiendo el Convenio de Industrias Químicas y Petroquímicas para el período de noviembre 2018 a enero 2019. Para el salario de los supervisores se multiplicó por un factor de 1.5, para los jefes de departamento se utilizó un factor 2 mientras que para el gerente general se utilizó un factor de 5, siempre referido al salario de un operario.

Visión

Pioneros en la generación de biocombustibles de segunda generación, pretendemos generar valor agregado a los residuos de la región citrícola a partir de una producción sustentable, amigable con el medio ambiente, en condiciones de seguridad para el personal y económicamente sostenible para todos los actores.

Misión

Producimos bioetanol de manera eficiente a partir de una tecnología innovadora, aportando beneficios económicos y sociales a la región citrícola, de manera amigable con el medio ambiente, cumpliendo con todos los requerimientos legales y de todos nuestros clientes.

Valores

Somos innovadores en métodos de producción amigables con el medio ambiente, trabajando en equipo para obtener mejores resultados y manteniendo la calidad de nuestro producto.

Estructura de la organización

La empresa en su estructura organizacional cuenta con una junta de socios en la cual se toman las decisiones más importantes y es ella quien designa al gerente de la empresa, a su vez, se desprenden los distintos departamentos como son la de Producción, Calidad y Administración, como se observa en el siguiente esquema:

Organigrama de la empresa

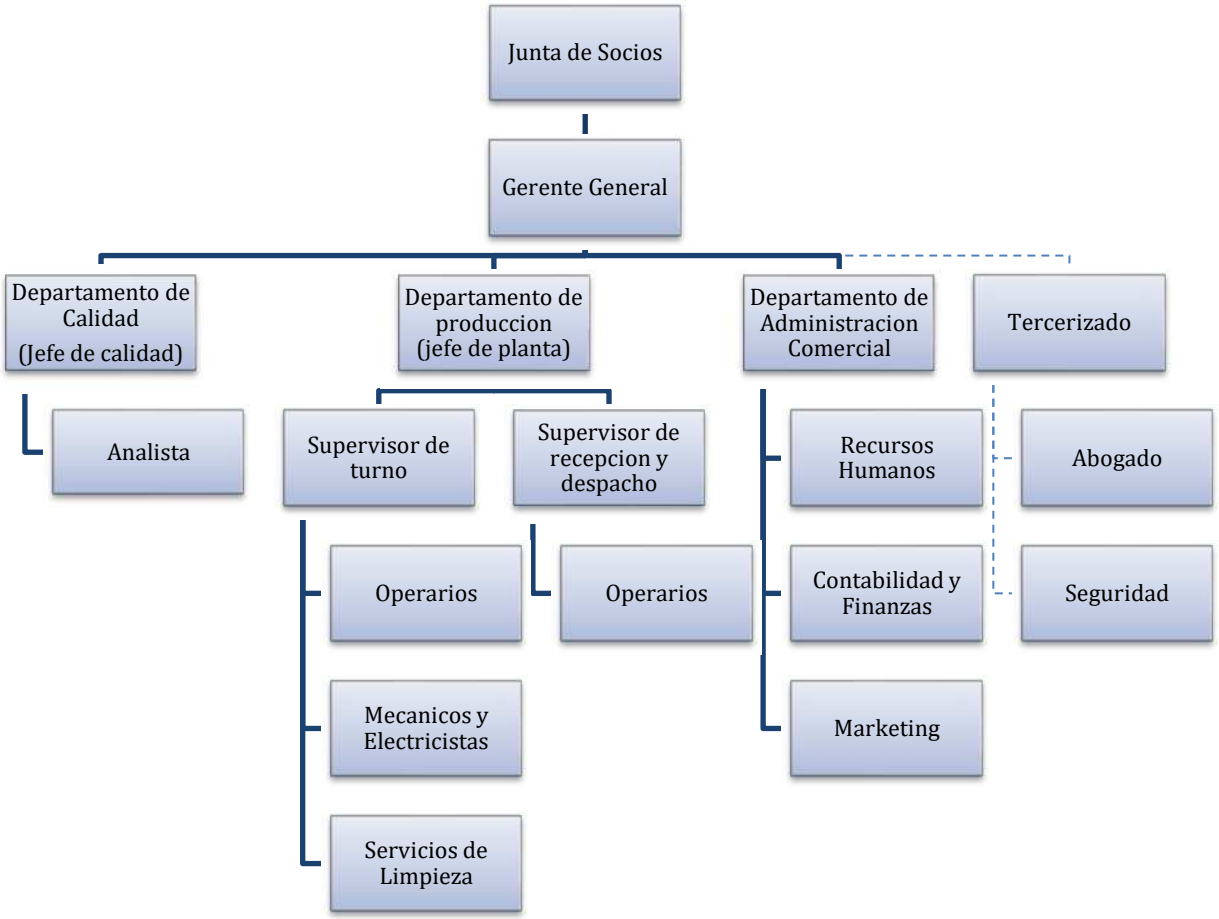


Figura N°10.1. Organigrama de la empresa

Descripción de los puestos

Junta de Socios

Es la reunión de los socios de la empresa, donde el gerente general convoca en forma mensual y donde los socios dan sus opiniones y votan sus discusiones.

Gerente General

- Cargo del jefe inmediato: Junta de Socios
- Número de personas que desempeñan el cargo:1
- Número de cargos que supervisa: 4 (jefe de calidad, jefe de compras, jefe de producción y departamento de administración)
- Salario estipulado: USD 2.653
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 a 18:00 de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 a 12:00. Su jornada laboral puede extenderse dependiendo de las necesidades que se presenten en la planta.
- Descripción del cargo: Debe ser un profesional universitario, con habilidades de liderazgo, comunicativas y con un amplio conocimiento sobre los procesos de producción de biocombustibles.

  El objetivo de este cargo es llevar a cabo las decisiones que se toman en la Junta de socios.

Departamento de calidad

Jefe de calidad

- Cargo del jefe inmediato: Gerente general
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 1 (Analistas de laboratorio)
- Salario estipulado: USD 1.061,2
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 a 18:00 de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 a

12:00. Su jornada laboral puede extenderse dependiendo de las necesidades que se presenten en la planta.

- Descripción del cargo: Debe ser un profesional universitario, con habilidades de liderazgo y comunicativas.

  Es el responsable del cumplimiento de los requisitos normativos y del control de calidad del producto.

Analistas de calidad

- Cargo del jefe inmediato: jefe de calidad
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 574,78
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 6:00 a 16:00 de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 a 12:00. Su jornada laboral puede extenderse dependiendo de las necesidades que se presenten en la planta.
- Descripción del cargo: Debe ser una persona capacitada, con habilidades analíticas y metodológicas.

  Es el responsable del cumplimiento de los análisis de calidad.

Departamento de producción

Jefe de planta

- Cargo del jefe inmediato: Gerente general
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1

- Número de cargos que supervisa: 7 (supervisores de turno, supervisores de recepción y despacho y jefe de compras)
- Salario estipulado: USD 1.061,2
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 a 18:00 de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 a 12:00.
- Descripción del cargo: Debe ser un profesional universitario, con un amplio conocimiento de los procesos de producción de biocombustibles. Con habilidades de liderazgo, comunicativas y organizacionales.

  Es responsable de los proyectos de mejora e ingeniería de procesos, junto con la coordinación de los turnos de producción, organización del stock y reposición de los materiales de laboratorio y producción.

Supervisor de turno

- Cargo del jefe inmediato: jefe de planta
- Número de personas que desempeñan el cargo: 3 (1 permanente)
- Número de cargos que supervisa: 13 (8 operarios, 3 operarios de limpieza y 2 mecánicos)
- Salario estipulado: USD 795,9
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00

  14:00 a 22:00

  22:00 a 06:00

- Descripción del cargo: Debe ser un profesional universitario o calificado, con un amplio conocimiento de los procesos de producción de biocombustibles. Con habilidades de liderazgo y capacidad resolutiva.

Operario

- Cargo del jefe inmediato: Supervisor de turno
- Número de personas que desempeñan el cargo: 24 (8 permanentes)
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 530,6
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00
  14:00 a 22:00
  22:00 a 06:00
- Descripción del cargo: Debe ser personal calificado los cuales están divididos en 5 áreas:
  - Zona de caldera: 1
  - Zona de Pretratamiento: 2
  - Zona de Fermentación: 2
  - Zona de subproducto: 1
  - Zona de destilación: 2

Mecánico

- Cargo del jefe inmediato: Supervisor de turno
- Número de personas que desempeñan el cargo: 6 (2 permanentes)

- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 574,78
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00
  14:00 a 22:00
  22:00 a 06:00
- Descripción del cargo: Debe ser personal calificado, encargado del mantenimiento de los equipos e instalaciones de la planta.

Limpieza

- Cargo del jefe inmediato: Supervisor de turno
- Número de personas que desempeñan el cargo: 9 (3 permanentes)
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 489,8
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00
  14:00 a 22:00
  22:00 a 06:00
- Descripción del cargo: No es necesario que sea personal capacitado, solo debe tener un mínimo conocimiento de manejo de equipos y productos de limpieza.

Supervisor de recepción y despacho

- Cargo del jefe inmediato: jefe de planta

- Número de personas que desempeñan el cargo: 3 (1 permanente)
- Número de cargos que supervisa: 2 (operarios)
- Salario estipulado: USD 795,9
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00
  14:00 a 22:00
  22:00 a 06:00
- Descripción del cargo: Debe ser un personal calificado o con título, con conocimiento de logística y planificación.

Operario

- Cargo del jefe inmediato: Supervisor de recepción y despacho
- Número de personas que desempeñan el cargo: 6 (2 permanentes)
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 530,6
- Horario de trabajo: hay 3 turnos que se dividen en los siguientes horarios: 06:00 a 14:00
  14:00 a 22:00
  22:00 a 06:00
- Descripción del cargo: Debe ser personal calificado, sus actividades se realizan fuera de las instalaciones de la planta. Están divididos en 2 áreas:
  - Zona de recepción: 1
  - Zona de despacho: 1

Departamento de administración

Administración comercial

- Cargo del jefe inmediato: Gerente general
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 3
- Salario estipulado: USD 988,6
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 h a 18:00 h de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 h a 12:00 h.
- Descripción del cargo: Es el encargado de las relaciones con los clientes y proveedores, también debe organizar convenios de ventas. Coordinar las demás áreas de este departamento

Marketing

- Cargo del jefe inmediato: jefe administración comercial
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 536,3
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 10:00 h a 19:00 h de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 10:00 h a 14:00 h.
- Descripción del cargo: Es la primera imagen de la empresa, debe estar familiarizada con las distintas áreas de la empresa y el proceso productivo, como para atender a nuevos clientes.

Recursos Humanos

- Cargo del jefe inmediato: jefe administración comercial
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 576,3
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 10:00 h a 19:00 h de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 10:00 h a 14:00 h.
- Descripción del cargo: Es un personal calificado, responsable de la selección y contratación del personal idóneo para la empresa, determina las escalas de remuneración, realiza la liquidación de sueldos.

Contabilidad y finanzas

- Cargo del jefe inmediato: jefe administración comercial
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 576,3
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 h a 18:00 h de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 h a 12:00 h.
- Descripción del cargo: Personal universitario, encargado de la evaluación de los presupuestos de la empresa, control de las finanzas y responsable de las inscripciones ante las autoridades competentes.

Tercerizado

Abogado

- Cargo del jefe inmediato: Gerente Comercial
- Número de personas que desempeñan el cargo: 1
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 597,28
- Horario de trabajo: El cargo exige un horario de 8:00 h a 18:00 h de lunes a viernes (con una hora de almuerzo) y los sábados de 8:00 h a 12:00 h.
- Descripción del cargo: Personal universitario, encargado de los aspectos jurídicos de la empresa.

Seguridad

- Cargo del jefe inmediato: jefe administración comercial
- Número de personas que desempeñan el cargo: 3
- Número de cargos que supervisa: 0
- Salario estipulado: USD 477,54
- Horario de trabajo: Realizan tres turnos de 8 h comenzando el primero a las 7.00 h hasta las 15 h.
- Descripción del cargo: Personal encargado de la seguridad de la empresa y del ingreso y egreso de personal al establecimiento.

Capítulo 11

Tratamiento de efluentes

Índice

Índice 2

Introducción 4

Reglamentación de Entre Ríos 5

ANEXO 1. Decreto Reglamentario de la Ley 6260. Norma Complementaria sobre efluentes líquidos 5

Referencias 6

Caracterización del efluente 8

Liquido prensa (Efluente 1) 10

Vinazas (Efluente 2) 10

Aguas de lavado 11

Proceso industrial para el tratamiento de efluentes 12

Tratamiento Preliminar 13

Cribado 13

Desarenado 14

Tratamiento primario 15

Sedimentación 15

Tratamiento secundario 17

Lodos activados 17

Cálculos para el dimensionamiento 20

Cámara ecualizadora 20

Cálculo desarenador 20

Cálculo del volumen del desarenador (Vds) 21

Cálculo de la altura 21

Cálculo del ancho y largo 21
Cálculo de la velocidad de flujo 22
Cálculo del tiempo de decantación 22
Cálculo Sedimentador 23
Calculo volumen del sedimentador (V_{sed}) 23
Velocidad de flujo ascensional (UFR) 24
Volumen de barro generado por día (Vb) 26
Cálculo de la tolva de descarga de barros y capacidad de bombeo de barros 27
Lodos activados 28
Consideraciones de diseño 28
DBO5 soluble estimada 29
Cálculo del Volumen del reactor 30
Cálculo de la masa de fangos producidos 30
Cálculo de la tasa de utilización especifica (U) 31
Cálculo relación F/M 32
Carga volumétrica 32
Oxígeno necesario para metabolizar la materia orgánica 32
Demanda de O_2 de respiración endógena 33
Cálculo de la demanda de O_2 total 33
Demanda de aire requerida 33
Capacidad de aireación 34
Cálculo de las dimensiones del reactor 34
Tratamiento de lodos 35
Cálculo del volumen del tanque de deshidratación 36

Introducción

El bioetanol producido a partir de residuos agroindustriales representa el 1% de la producción de energía en nuestro país, el desarrollo de los procesos a partir de la materia prima lignocelulósica es una alternativa muy interesante para diversificar la matriz energética Argentina.

En nuestro proceso productivo "Aprovechamiento de los residuos la industria cítrica para la obtención de bioetanol", los efluentes generados tienen una carga orgánica elevada debido a las vinazas producidas en las etapas de fermentación, destilación y purificación. Además, se producen líquidos residuales en las distintas etapas del proceso como prensado de cáscara, junto con el agua de lavado utilizada en el proceso.

El motivo principal de tratar las aguas residuales es defender la salud pública y el medio ambiente. Si las aguas residuales no son tratadas y se vierten directamente al río es bastante probable introducir elementos de contaminación que acaben produciendo importantes daños ecológicos en el entorno ambiental y enfermedades de salud pública causadas por virus y bacterias en las personas y comunidades que entren en contacto con esas aguas contaminadas.

Reglamentación de Entre Ríos

La calidad de los efluentes líquidos para su descarga, sus valores máximos y los distintos parámetros de contaminación que se admitirán están establecido en el Anexo 1 del Decreto Reglamentario de la Ley 6260, de Prevención y Control de la Contaminación Industrial.

ANEXO 1. Decreto Reglamentario de la Ley 6260. Norma Complementaria sobre efluentes líquidos

Esta norma detalla, los valores máximos de los distintos parámetros de contaminación que se admitirán en los efluentes líquidos de establecimiento industriales.

Tabla 11.1 Límites permitidos de los diferentes parámetros

Parámetros	Limites Permitidos	
	A colectora cloacal	A curso de agua
1. pH	5,5 a 10	5,5 a 10
2. Sustancia soluble en éter etílico	<100 mg/lt	<100 mg/lt
3. Aceites Minerales	<10 mg/lt	<10 mg/lt
4. Sulfuro	<1 mg/lt	<1 mg/lt
5. Sólido sedimentable en 10 min.	<5,0 ml/lt	<5,0 ml/lt
6. Sólido sedimentable en 2 hs.	(1)	(2)
7. Sólido flotante	(3)	No debe contener
8. Temperatura	<45°c	<45°c
9. Demanda bioquímica de oxígeno	(4)	(5)
10. Oxígeno consumido	(6)	(7)
11. Demanda de Cloro	(8)	(8)
12. Cianuro	<0,1 mg/lt	<0,1 mg/lt
13. Cromo hexavalante	<0,2 mg/lt	<0,2 mg/lt
14. Cromo trivalente	<2 mg/lt	<2 mg/lt
15. Sustancia reactivas al azul de metileno	<2 mg/lt	<2 mg/lt
16.Cadmio	<0,1 mg/lt	<0,1 mg/lt
17.Plomo	<0,5 mg/lt	<0,5mg/lt
18.Mercurio	<0,005 mg/lt	<0,005 mg/lt
19.Arsénico	<0,5 mg/lt	<0,5 mg/lt
20.Sustancias Fenólicas	<0,5 mg/lt	<0,5 mg/lt

Referencias

Sólidos Sedimentables en 2 h. Se deberán satisfacer los requerimientos del ente prestador del Servicio de Cloacas, de existir normas locales, deberá ser menor de 10 ml/L.

Para cursos de agua: Materiales en suspensión, total.

- Descargas al Río Paraná: < 200 mg./L.
- Descargas al Río Uruguay: < 100 mg./L.
- Descargas a ríos, arroyos interiores con caudales permanentes y mayores de 10 veces el caudal de descarga de la industria: <30 mg./L.

En ningún caso deberán presentarse deterioros ambientales, como consecuencia de sedimentaciones, acumulaciones o descomposición del material sedimentable

Sólidos flotantes, Se deberán satisfacer los requerimientos del ente prestador del servicio de cloacas.

Demanda bioquímica de oxígeno, Se deberán satisfacer los requerimientos del ente prestador del servicio de cloacas, de no existir normas locales, deberá ser menor de 250 mg O_2/L.

- Descargas al Río Paraná:< 400 mg O_2/L.
- Descargas al Río Uruguay: <250 mg O_2/L.
- Descargas a ríos y arroyos interiores con caudales permanentes y mayores de 10 veces el caudal de descarga de la industria: <50 mg O_2/L.

En ningún caso deberán producirse deterioros ambientales, tales como olores molestos, aspecto desagradable, etc.

En ningún caso se podrá llegar a estos valores admitidos haciendo diluciones de los efluentes.

Oxígeno consumido, Sólo se efectuará este ensayo cuando no sea posible hacer la demanda bioquímica de oxígeno. Se deberán satisfacer los requerimientos del ente prestador del servicio de cloacas, de no existir normas locales deberá ser menor de 100 mg/L.

- Descargas al Río Paraná: < 160 mg/L.
- Descargas al río Uruguay: < 100 mg/L.
- Descargas a ríos y arroyos interiores con caudales permanentes y mayores de 10 veces el caudal de la industria: < 20 mg/L.

En ningún caso se podrá llegar a estos valores admitidos haciendo diluciones de los efluentes.

Demanda de cloro, Cuando por la naturaleza del origen del líquido residual se lo considere necesario, se podrá exigir la cloración hasta satisfacer la demanda de cloro. A pedido del interesado y justificando disponer de otro tratamiento para reducir el contenido microbiológico que no sea la cloración, podrá obviarse esta exigencia; en ese caso la descarga deberá tener menos de 5000 bacterias coliformes totales por cada 100 mililitros.

OTROS CONDICIONANTES

1- Las descargas industriales ubicadas a menos de 5 km. aguas arriba, o 1 Km. aguas abajo, de una toma de agua para consumo de la población, deberán tener una demanda bioquímica de oxígeno máxima de 50 mg. O_2/lt. y el contenido de los contaminantes indicados en los parámetros 11 a 20 deberá estar dentro de lo permitido para agua potable, también deberá satisfacerse la demanda de cloro.

2 - No se permite la descarga a conductos pluviales, cerrados o abiertos, ni a napa de agua, excepto la freática, en cuyo caso la demanda bioquímica de oxígeno máxima permitida es de 200 mg. O_2/lt. y el contenido de los contaminantes indicados en los parámetros 11 a 20 deberá estar dentro de lo permitido para agua potable.

3 - Las descargas a cursos de agua no permanentes, o con un caudal inferior a 10 veces el caudal de la descarga industrial, estarán sujetas a un estudio particular para cada caso.

Caracterización del efluente

El efluente de nuestro proceso productivo proviene principalmente del prensado de la cáscara para reducir su contenido de aceites esenciales y de las vinazas de la destilación final, como se puede observar en la Figura N°1.

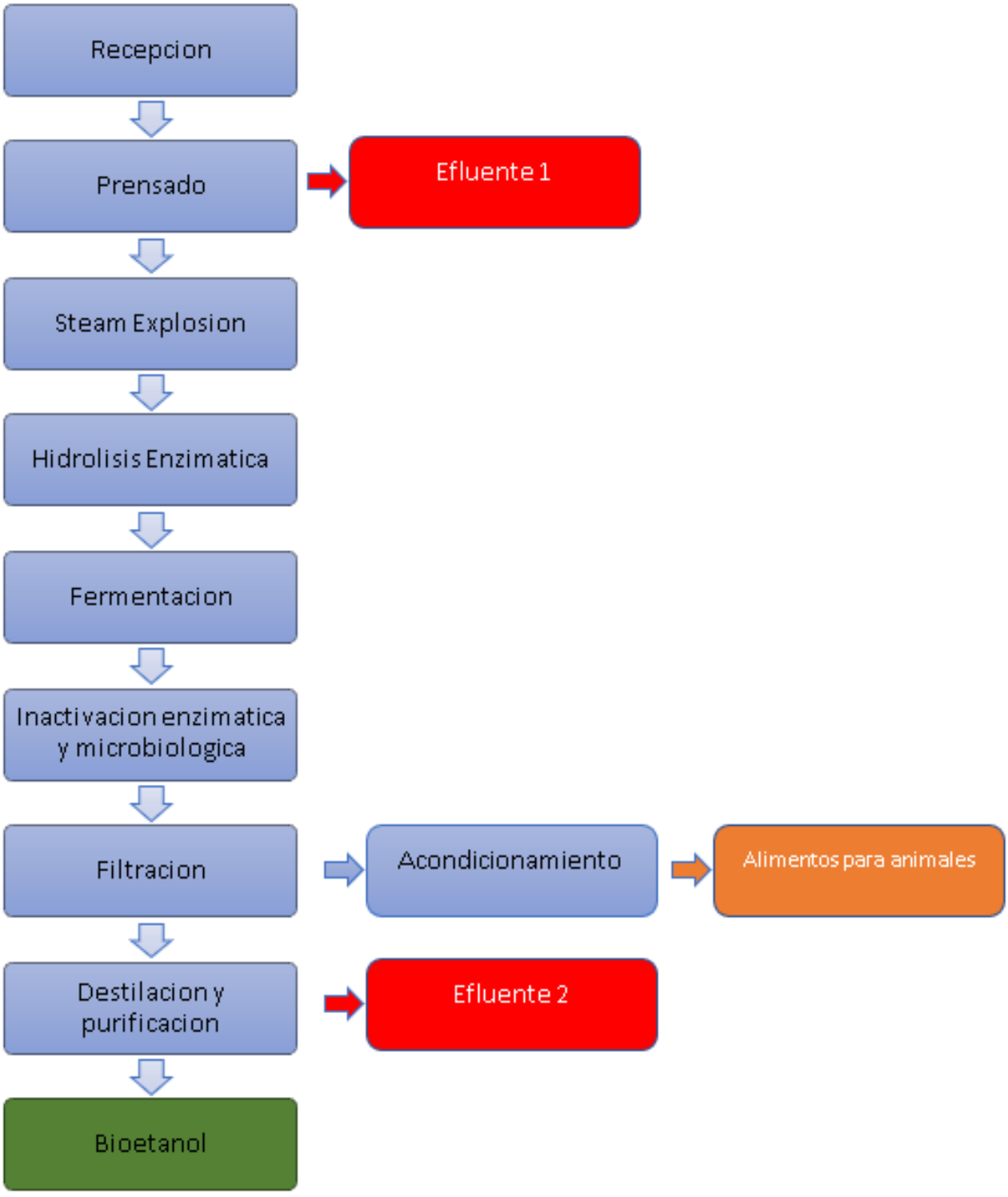


Figura N°11.1. Flow sheet del proceso productivo para la obtención de bioetanol

Liquido prensa (Efluente 1)

Partiendo de la composición de la cáscara de naranja, obtenemos una composición aproximada del líquido residual luego de la obtención del aceite esencial.

Tabla 11.2. Composición líquido prensa

Parámetro	Valores del líquido residual	Valores permitidos
pH	3,9	5,5 – 10
DQO	1600 mg O_2/l	-
DBO	953mg O_2/l	<50 mg O_2/l
Fosfatos	43 mg/l	-

Vinazas (Efluente 2)

Las vinazas representan la corriente líquida residual obtenida después de la destilación del etanol a partir del mosto fermentado, las características de las vinazas dependen del tipo de materia prima utilizada lo mismo que de la configuración del proceso productivo.

Ya que no se pudo obtener bibliografía específica de las vinazas de la obtención de bioetanol a partir de cáscara de naranja, se utilizó información de las vinazas producidas por material lignocelulósico.

Tabla 11.3. Composición vinazas lignocelulósica.

Parámetro	Valores de la vinaza	Valores permitidos
pH	5,1	5,5 – 10
DQO	5700 mg O_2/l	-

DBO	4023 mg O_2/l	<50 mg O_2/l
Sólidos suspendidos	6324 mg/l	
Calcio	220 mg/l	-
Potasio	140 mg/l	-
fosfatos	33,72 mg/l	-
Cobre	3,1 mg/l	-
Nitrógeno total	9,8 mg/l	-

En la planta se producen 1105,45 litros de bioetanol por hora, lo que genera un caudal de efluente de 11219,25 litros por hora, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 11.4. Caudal de efluente

Proceso	Caudal (L/h)
Destilación	11219,25

En estos caudales no hay sólidos suspendidos gracias a filtración previa que se realiza para facilitar la destilación.

Aguas de lavado

Las aguas de lavado según recopilación bibliográfica la DBO se encuentran alrededor de 200 mg/L, se trabaja con un caudal promedio de 417 L/h, y representa el agua utilizada en la limpieza general de la planta y de los equipos.

Proceso industrial para el tratamiento de efluentes

El Proceso comienza con un cribado que consiste en un sistema de rejas para la retención de sólidos voluminosos como restos de cáscara de naranja. Esto ayuda a evitar daños en otros equipos como bombas y válvulas y debido a la presencia de aguas de lavado de las instalaciones y equipos, es conveniente recurrir a un desarenador para eliminar las partículas de mayor tamaño, principalmente las de arena.

Luego pasa a un tratamiento primario de sedimentación que tendrá el fin de reducir la cantidad de sólidos suspendidos presentes en el agua residual.

Después pasa a un sistema de lodos activados para liberar un efluente con una DBO_5 menor a 250 mgO_2/l para cumplir con los parámetros requeridos para el ingreso a la planta de tratamiento del parque industrial.

En la figura 11.2 se puede observar el proceso de tratamiento de efluentes.

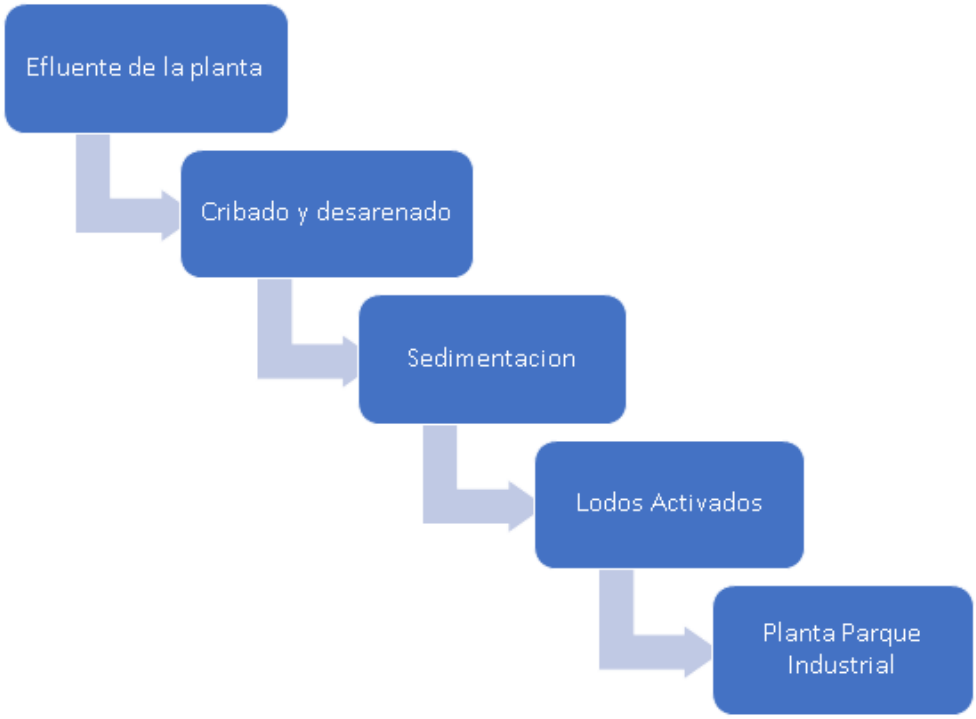


Figura 11.2. Flow sheet del proceso de tratamiento efluentes

Tratamiento Preliminar

Para evitar problemas de funcionamiento que se deben a obturaciones y a pedidas de capacidad de tratamiento, ocasionadas por acumulaciones de arena o cáscara, es indispensable aplicar el tratamiento preliminar que consiste en un cribado y desarenado.

Cribado

Para el tratamiento utilizaremos una criba por gravedad con una rejilla de 0,5 mm de luz que separa los residuos y los deja caer por gravedad. Optamos por este equipo por su eficacia en el cribado continuo, ya que nuestro caudal es relativamente constante.

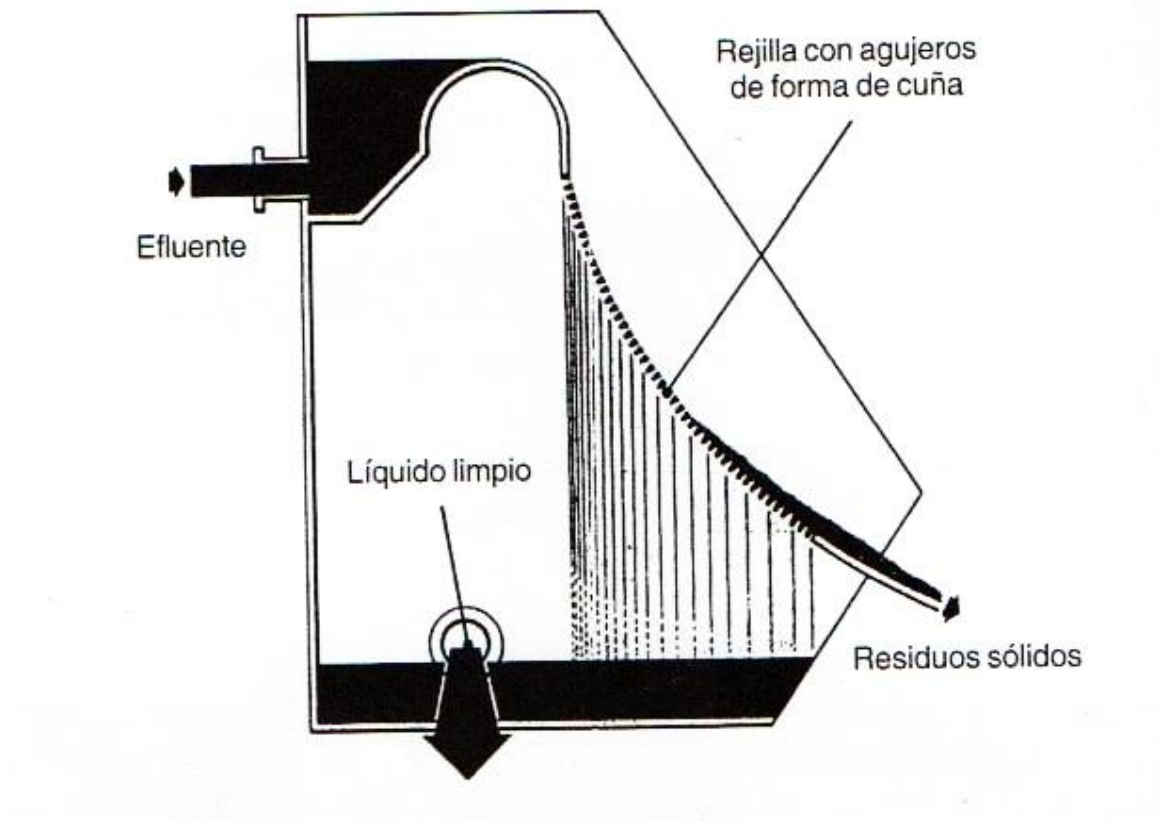


Figura 11.3. Criba con caída por gravedad

Desarenado

Consiste en una cámara con deflectores a la entrada y a la salida, en la cual se ensancha el canal de ingreso para disminuir la velocidad de flujo hasta valores inferiores a 0,3 m/s. En la parte superior se encuentra un rascador que gira lentamente y barre la arenilla, llevándola a una tolva colectora.

Se utilizará un desarenador de flujo horizontal provisto de un by pass, estructura que permite la limpieza de forma correcta.

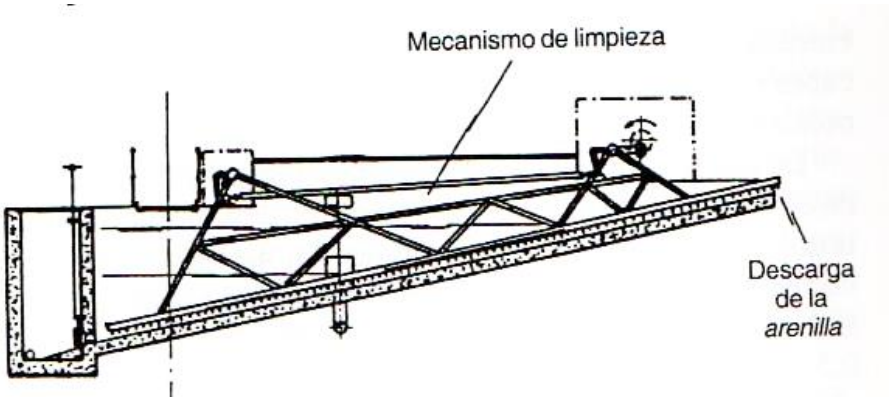


Figura 11.4. Separador de arenilla

Tratamiento primario

Es una técnica muy habitual en el tratamiento de aguas residuales, se emplea con el objetivo de eliminar sólidos por sedimentación y se logra por diferencia de densidad entre los sólidos y el agua. A su vez la adición de productos químicos puede ayudar a la precipitación como por ejemplo el uso de cal y de policloruro de aluminio, produciendo la floculación de las partículas coloidales.

Sedimentación

Para el diseño se opta por un tanque de sedimentación circular, en la base se crea una pendiente de 30° de la periferia al centro con el fin de que fluya el lodo. En la planta circular, la proporción diámetro/profundidad cubre el intervalo de 3:1 a 8:1.

El efluente ingresa, a través de un tubo central a una cámara, donde fluye primeramente hacia abajo y hacia afuera, y luego hacia arriba hasta llegar al borde.

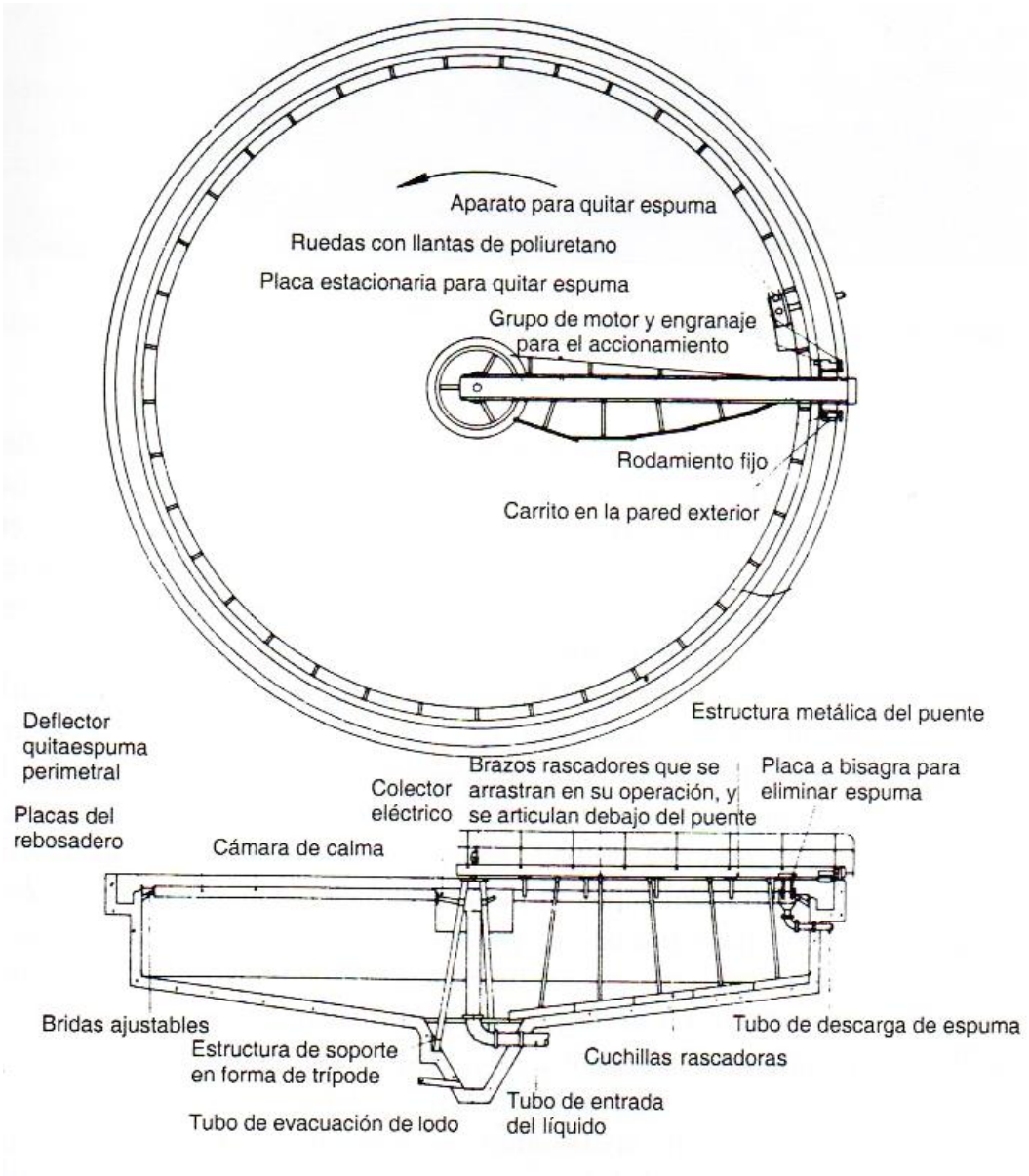


Figura 11.5. Depósito de sedimentación

Tratamiento secundario

Lodos activados

Para nuestro tratamiento optamos por un sistema de lodos activados ya que estos presentan las siguientes ventajas:

- Ocupa menos terreno
- Menos olores desagradables
- Evita la presencia de la mosca *Psychoda*
- Efluente de mejor calidad y consistencia
- Proceso independiente de la temperatura

En esta etapa del proceso el objetivo fundamental es la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), esta acción se basa en la oxidación biológica llevada a cabo por un grupo de microorganismos como son Achromobacter, Flavobacterium, Nocardia, Mycobacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, Beggiatoa, Thiothrix y Geotrichum. La oxidación biológica permite la degradación y metabolización de las materias orgánicas solubles y coloidales, liberando productos de bajo peso molecular, básicamente dióxido de carbono y agua.

En este tipo de tratamiento es importante que siempre haya suficiente oxígeno disuelto para asegurar el crecimiento de los microorganismos, para esto se deben usar aireadores sumergidos a diferentes alturas para

favorecer la distribución en todo el volumen. Estos mismos aireadores también proporcionan la agitación del medio.

También es necesario un tanque sedimentador para separar el efluente tratado de los lodos, ya que estos son una biomasa activa se lleva a cabo una recirculación de una fracción del mismo para mantener una elevada concentración de microorganismos en el tanque de aireación.

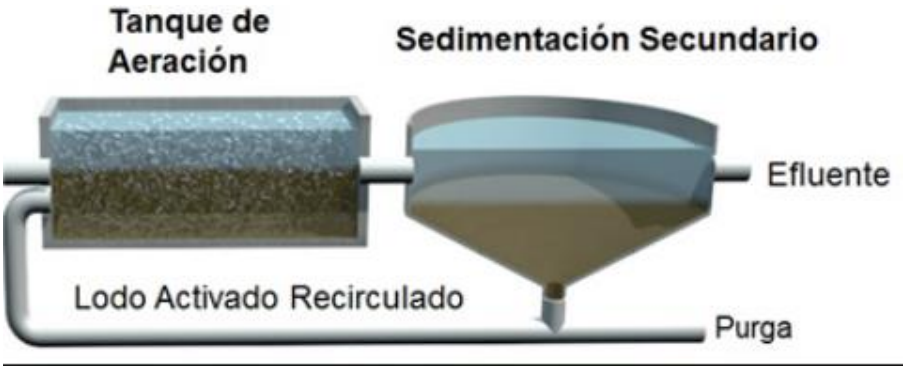


Figura 11.6. Tratamiento de lodos activados con sedimentador secundario.

El funcionamiento de un proceso biológico depende de una serie de factores como:

- Tipo y concentración de la materia orgánica residual.
- Tipo y concentración de los microorganismos presentes.
- Temperatura.
- pH.
- Oxígeno disuelto.
- Concentración de nitrógeno y fósforo (nutrientes).

El tratamiento por lodos activados es un proceso en el cual los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual, el efluente posee los sustratos necesarios para permitir el desarrollo de los microorganismos. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medio de un soplador sumergido, con las siguientes funciones:

- Generar una mezcla completa.
- Aportar oxígeno al medio.

Elementos indispensables en el tratamiento por lodos activados:

- Reactor: Tanque en el que, el influente y microorganismos que llevan a cabo la degradación oxidativa están en íntimo contacto.
- Tanque sedimentador: Estructura que se alimenta del efluente proveniente del reactor, donde se genera una separación del efluente clarificado y de lodos, a razón de que el lodo es una biomasa activa, se lleva a cabo la recirculación de un porcentaje del mismo. Con el propósito de mantener una elevada concentración de microorganismos en el tanque de aireación.
- Equipo de aireación. Este aporta el oxígeno necesario para permitir el metabolismo de las bacterias que degradan la materia orgánica.
- Exceso de lodos y su disposición.

Cálculos para el dimensionamiento

En base a la bibliografía consultada podemos obtener valores para la caracterización del efluente, y de esta forma dimensionar las instalaciones que se utilizaran, se adopta el caudal de 20.136,25 l/h con una DBO_5= 4191,39 mg O_2/l.

Tabla 11.5 Caudales de efluentes

Proceso	Cantidad (l/h)	DBO (mg O2/l)
Vinazas destilado	11219,25	4023
Liquido prensa	8500	953
Aguas de lavado	417	200
Efluente total	20136,25	2647.9

Cámara ecualizadora

Para el diseño de la cámara ecualizadora se adopta como tamaño necesario el volumen de efluente que ingresa a lo largo de tres horas por lo que se planea la cámara con las siguientes dimensiones:

- Largo = 6 m
- Ancho = 3 m
- Alto = 3 m
- Volumen= 54 m3.

Cálculo desarenador

Consideraciones:

- a) Velocidad de sedimentación Vs=0,022 m/s (diámetro de partícula 0,2 mm)

- b) Tiempo de retención (tRd): 60s (Fuente: METCALF & EDDY, "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización" Madrid, España. McGraw-Hill, pág. 523)
- c) Relación L/b = 2,5
- d) Caudal (Qn) = 0.00559 m3/s

Cálculo del volumen del desarenador (Vds)

$$V_{ds} = Q * tR_d$$

$$V_{ds} = \ 0{,}00559 \frac{m^3}{s} * 60s$$

$$V_{ds} = 0.3356\ m^3$$

Altura o profundidad máxima en la desarenador recorrida por las partículas en el tiempo tR_d = 60s.

$$h_{máx} = V_s * tR$$

$$h_{máx} = 0.022 \frac{m}{s} * 60s$$

$$h_{máx} = 1.32\ m$$

Cálculo de la altura

Como margen de seguridad se opta por disminuir la altura para evitar que las dimensiones de largo-ancho sean muy reducidas, ya que al acortarse la distancia que recorre la partícula, esta logra sedimentar sin inconvenientes. Se estima una altura de desarenador del 50% de la máxima:

$$h_{adoptada} = h_{máx} * 0.5$$

$$h_{adoptada} = 1.32\ m * 0.5$$

$$h_{adoptada} = 0.66\ m$$

Cálculo del ancho y largo

Considerando:

$$V_{ds} = b * L * h$$

$$L_d = 2.5 * b$$

Entonces:

$$V_{ds} = 2.5b^2 * h$$

Reemplazando:

$$0.3356\, m^3 = 2.5b^2 * 0.66m$$

$$b_d = \sqrt{\frac{0.3356\, m^3}{2.5 * 0.66\, m}}$$

$$b_d = \sqrt{0.2087}$$

$$b_d = 0.45\, m$$

Por lo tanto:

$$L_d = 2.5 * 0.45\, m$$

$$L_d = 1.13\, m$$

Cálculo de la velocidad de flujo

Recomendación: velocidad de flujo menor a 0,3 m/s. (fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A. pág. 20)

$$V_f = \frac{Q}{b * h}$$

$$V_f = \frac{0{,}00556 \frac{m^3}{s}}{0.45\, m * 0.66\, m}$$

$$V_f = 0.019 \frac{m}{s}$$

Cálculo del tiempo de decantación

<u>Consideraciones:</u>

$$t_d = \frac{h}{V_s}$$

$$t_d = \frac{0.66m}{0.022\frac{m}{s}}$$

$$t_d = 30\ s$$

Tabla 11.6 Diseño del desarenador

Desarenador: resumen de diseño		
Caudal normal (Q_n)	483,27 m^3/día	Recomendaciones:
Tiempo de retención (tR)	60 s	(45 a 90 s)
Velocidad de flujo horizontal (V_f)	0.019 m/s	(< 0.3 m/s)
Largo	1.13 m	
Ancho	0.45 m	
Alto	0.66 m	
Tiempo de decantación (td)	30 s	

Cálculo Sedimentador

Se dimensiona un tanque de sedimentación primaria con un tiempo de retención de 3 hs.

Calculo volumen del sedimentador (V_{sed})

Consideramos:

$$V_{sed} = Q_n * tR_s$$

$$V_{sed} = 20.14\frac{m^3}{h} * 3h$$

$$V_{sed} = 60.41\ m^3$$

Aplicando un sobredimensionamiento del 30% por depósito de lodos (fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A.)

$$V_{sed} = 60{,}41m^3 * 1.3$$

$$V_{sed} = 78.53\ m^3$$

Existen diversos modelos de sedimentadores, para esta planta se adoptó un tanque de sedimentación circular, los parámetros de diseño de acuerdo a bibliografía constan de una relación diámetro/ profundidad de 3:1 a 8:1 y una base con una pendiente de hasta 30° con el objetivo de facilitar que fluya el lodo a la tolva colectora central. (Fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A. pág. 41), se propone un sedimentador de las siguientes dimensiones:

- Profundidad: 1.8 m
- Diámetro: 7.45 m
- Área superficial (A_{sup}): 43.63 m^2

Con estas dimensiones se logra una relación diámetro/ profundidad de 4.14 que se ubica dentro de las recomendaciones, se propone la pendiente de la base de 30° para un correcto drenaje de lodos.

Velocidad de flujo ascensional (UFR)

Recomendación de UFR de 0,5 a 1,0 m3/m2.h (fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A. pág. 34)

$$UFR = \frac{Q_n}{A_{sup}}$$

$$UFR = \frac{\frac{20.14m^3}{h}}{43.63\ m^2}$$

$$UFR = 0.46 \frac{m^3}{m^2 h}$$

La DBO a la salida del sedimentador se reduce en un 75% de su valor inicial, por lo que en el efluente tendrá un 25% de la concentración inicial. (fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A.)

$$DBO_{ss} = DBO_{es} * 0.25$$

$$DBO_{ss} = 2647.9 \frac{mgO_2}{l} * 0.25$$

$$DBOss = \frac{662\ mgO_2}{l}$$

Los SST se reducen del 40 al 75% de su valor inicial (fuente: ARUNDEL, J. "Tratamiento de aguas negras y Efluentes Industriales" Zaragoza, España ACRIBIA, S.A. pág. 35).

Según la bibliografía consultada se adopta una concentración de sólidos solubles de 4637,85 mg/ l. La reducción en esta etapa será de un 70%, por lo que el efluente contendrá un 30% de los sólidos solubles iniciales.

$$SST_{ss} = SST_{es} * 0.3$$

$$SST_{ss} = \frac{3.523{,}52 mg}{l} * 0.3$$

$$SST_{ss} = 1.057{,}1 \frac{mg}{l}$$

$$SST_{es} = SST_{ss} + SST_d$$

$$SST_{descarga} = SST_{es} - SST_{ss}$$

$$SST_d = 3.523{,}5 \frac{mg}{l} - 1.057{,}1 \frac{mg}{l}$$

$$SST_d = 2.466{,}5\,\frac{mg}{l}$$

Volumen de barro generado por día (Vb)

Sabiendo que el lodo generado posee una densidad de 1030 Kg/m3; entonces:

$$V_b = (SST_d * Q_n)/\,\rho_{Barro}$$

$$V_b = \frac{\left(2.466{,}5\,\frac{mg}{l} * \frac{1kg}{10000000mg} * \frac{1000L}{1m^3}\right) * 483{,}27\,\frac{m^3}{dia}}{1.030\,\frac{kg}{m^3}}$$

$$V_b = \frac{1.191{,}9\,\frac{kg}{dia}}{1.030\,\frac{kg}{m^3}}$$

$$V_b = 1{,}15\,\frac{m^3}{dia}$$

Además, se sabe que en dicho volumen la concentración de sólidos es de 5%, entonces, el volumen final de lodos diario es:

$$SST_L = \frac{1{,}15\,\frac{m^3}{dia}}{0.05}$$

$$SST_L = 23{,}145\,\frac{m^3}{dia}$$

$$SST_L = 23{,}145\ \frac{m^3}{dia} * \left(\frac{1.000l}{m^3}\right)$$

$$SST_L = 2.3145\,\frac{l}{dia}$$

Cálculo de la tolva de descarga de barros y capacidad de bombeo de barros

$$V_t = \frac{V_b}{N°extracciones}$$

$$V_t = \frac{23.145\left(\frac{l}{dia}\right)}{5dia}$$

$$V_t = 4.629\ l = 4.62\ m^3$$

Se toma un margen del 20% para el diseño de la tolva.

$$V_t = 4.629\ l * 1.2$$

$$V_t = 5.554{,}8\ l = 5.51\ m^3$$

Tabla 11.7 Resumen de diseño del sedimentador.

Sedimentador: resumen de diseño		
Volumen	80.59 m^3	Recomendaciones
Tiempo de retención	3 h	2 a 5 h
Carga hidráulica superficial	0.46 (m^3/m^2h)	0,5 a 1 m3/(m2*h)
Diámetro	7.45 m	Relación Diam/alto 3:1 a 8:1
Profundidad	1.8 m	
DBO entrada	2647.9 (mg O_2/l)	
DBO salida	662 (mg O_2/l)	30% remoción
SST entrada	3523.5 (mg/l)	
SST salida	1057.1 (mg/l)	70% remoción
Fracción de sólidos de lodo	5%	
Densidad de lodo	1030 (kg/m^3)	
Caudal volumétrico de lodo	23145 (l/día)	
Extracciones diarias	5	
Volumen de tolva	5554.8 l	

Lodos activados

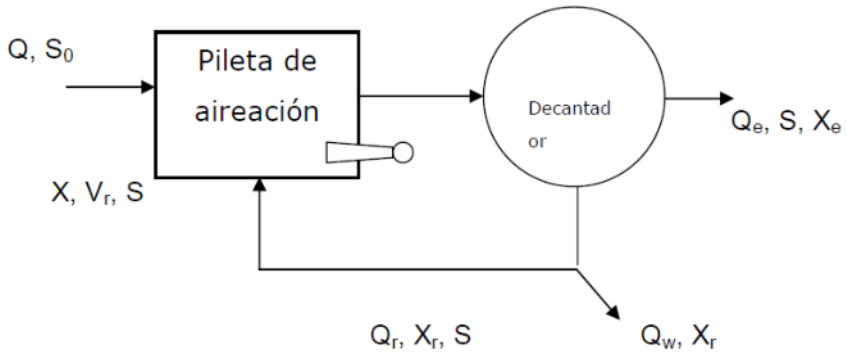


Figura 11.7 Reactor de mezcla

Donde:

Q= entrada efluente crudo

Q_e=salida del efluente

Q_w=Purga de lodos

Q_r= recirculación de lodos

Consideraciones de diseño

(Fuente: METCALF & EDDY, "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización" Madrid, España. McGraw-Hill, pág. 444)

- 1. Los sólidos suspendidos volátiles del afluente al reactor son despreciables.
- 2. La concentración del fango de retorno Xr=10000 mg/L de sólidos en suspensión y de 8000 mg/L la de sólidos suspendidos volátiles.
- 3. Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla SSVLM=3500mg/L = 0,8. SSLM totales.
- 4. Tiempo medio de retención celular θ_c=10 días
- 5. Régimen hidráulico del reactor: mezcla completa.
- 6. Coeficientes cinéticos, Y=0,65 (Kg célula/Kg DBO utilizada) =0,06 d^{-1}

- 7. Se estima que el efluente contendrá alrededor de 40 mg/L de sólidos biológicos, de los que un 80% son volátiles y un 65% son biodegradables. Además, se supone que la DBO_5 de los sólidos biológicos biodegradables se puede obtener multiplicando la DBO última por el factor 0,68.
- 8. El agua residual contiene nitrógeno, fósforo y otros nutrientes a nivel trazas en cantidades suficientes para el crecimiento biológico.

Datos:

$DBO_{5e}=S_0=$ 662 mg O_2/l

$DBO_{5s}=$ 120 mg O_2/l

T=20°C

Q_n=483,27 m_3/d

DBO_5 soluble estimada

Se usa un factor de 1,42 que corresponde a la relación estequiométrica =1,42 (Kg de O_2/Kg célula).

$$DBOs = S + DBOs * Y * 1{,}42 * Factor$$

$$120 = S + 120 * 0{,}65 * 1{,}42 * 0{,}68$$

Despejando S (DBO soluble)

$$S = 44{,}68 \frac{mg}{l} de\ DBO\ soluble$$

Eficacia del tratamiento biológico es:

$$ES = \frac{DBOe - S}{DBOe} * 100$$

$$ES = \frac{120 - 44{,}68}{120} * 100$$

$$ES = 93{,}25\%$$

Eficacia conjunta de la planta

$$E_{conjunta} = \frac{DBOe - DBOefluente}{DBOe} * 100$$

$$E_{conjunta} = \frac{662 - 120}{662} * 100$$

$$E_{conjunta} = 81{,}87\ \%$$

Cálculo del Volumen del reactor

Para el cálculo se tiene en cuenta que el tiempo de retención para lograr el correcto funcionamiento de la planta debe ser de 8 horas

$$V_{reactor} = Q * tR_h$$

$$V_{reactor} = 20{,}14 \frac{m^3}{h} * 8\ h$$

$$V_{reactor} = 161{,}09\ m3$$

Cálculo de la masa de fangos producidos

La producción observada es:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d * \theta c} = \frac{0{,}65}{1 + 0{,}06 * 10}$$

$$Y_{obs} = 0{,}406$$

Producción de biomasa (Q_w)

$$Q_w = \frac{Kg\ SSV}{dia} = Y_{obs} * Q_n * (S_0 - S)$$

$$Qw = 0{,}406 \frac{mg}{mg} * 483{,}27 \frac{m^3}{dia} * (662 - 120) \left(\frac{1kg}{1000000mg} * \frac{1000L}{1m^3}\right)$$

$$Qw = 106{,}34 \frac{Kg\ SSV}{dia}$$

Biomasa purgada desde el retorno

$$\theta c = \frac{Vr * X}{Qw * Xr + Qe * Xe}$$

$$\theta c = \frac{Vr * X}{Q'w * Xr + Qe * Xe}$$

$$10\ d = \frac{161{,}09\ m3 * 3500\frac{ml}{l}}{Q'w * \frac{8000mg}{l} + \ 483{,}27\frac{m^3}{dia} * \ 44{,}68\frac{mg}{l}}$$

$$Q'w = \ 6{,}94\frac{m^3}{dia}$$

Cálculo de la relación de recirculación

$$SSVreac * (Q * Q_R) = SSVsed * Q_R$$

Donde:

SSV_{reac}= Sólidos suspendidos en el reactor: 3500 mg/l

SSV_{sed}= Sólidos suspendidos en el sedimentador: 8000 mg/l

Q= Caudal afluente a la planta

Q_R=caudal de recirculación

Con la ecuación anterior calculamos la relación Q_R/Q como el cociente de recirculación (R)

$$R = \frac{QR}{Q} = 0{,}78$$

Cálculo de la tasa de utilización especifica (U)

$$U = \frac{S0 - S}{\theta * X}$$

$$U = \frac{662\,\frac{mg}{L} - 120\,\frac{mg}{L}}{0{,}33\ d * 3500\,\frac{mg}{L}}$$

$$U = 0{,}53\,\frac{mg\ DBO_5\ utilizados}{mg\ SSVLM.d}$$

Cálculo relación F/M

$$\frac{F}{M} = \frac{S0}{\theta * X}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{662\,\frac{mg}{l}}{0{,}33\ dias} * 3500\,\frac{mg}{l}$$

$$\frac{F}{M} = \ 0{,}57\,\frac{mg\ DBOaplicada}{mg\ SSVLM * d}$$

Carga volumétrica

$$CV = \left(S0 * \frac{Q}{V}\right)$$

$$CV = \frac{\left(7.662\,\frac{mg}{l} * 483{,}27\,\frac{m3}{dia}\right)}{161{,}09\ m3}$$

$$CV = 1.99\ \left(\frac{KgDBOaplicada}{m^3 * dia}\right)$$

Oxígeno necesario para metabolizar la materia orgánica

$$Cantidad\ de\ O2 = Q * (S_0 - S) * 1{,}1\,\frac{kg\ O2}{Kg\ DBO5}$$

$$Cantidad\ de\ O2 = \ 483{,}27\frac{m3}{dia} * (662 - 120)\left(\frac{mg}{l}\right) * 1{,}1\frac{kg\ O2}{Kg\ DBO5}$$

$$Cantidad\ de\ O2 = \ 288\frac{kgO2}{día}$$

Demanda de O_2 de respiración endógena

$$C5H7NO2 \ + \ 5.O2 - - - - - - - - - - - - - - - - -5.CO2 + 2H2O + \ NH3 + \ Energia$$

1 1,42

$$Demanda\ de\ O2\ (por\ parte\ de\ las\ células) = \ 1{,}42.Bm$$

$$Demanda\ de\ O2\ (por\ parte\ de\ las\ células) = 1{,}42 * 288\frac{Kg}{dia}$$

$$Demanda\ de\ O2\ (por\ parte\ de\ las\ células) = 172{,}1\frac{KgO2}{día}$$

Cálculo de la demanda de O_2 total

$$\boldsymbol{O2\ total = \ Demanda\ de\ O2\ para\ metabolizar\ Mat.Org\ + \ Demanda\ de\ O2\ por\ parte\ de\ las\ celulas}$$

$$O2\ total = \ 288{,}1\frac{kgO2}{día} + 172.1\frac{KgO2}{día}.$$

$$O2\ total = \ 460{,}21\frac{kgO2}{día}.$$

Demanda de aire requerida

Dato:

- δ_{aire}=1,21 kg/m^3

Cálculo:

$$Caudal\ de\ aire\ requerido \ = \left(Kg\frac{O2\ Totales}{0{,}21}\right) * \left(\frac{1}{\delta aire}\right)$$

$$Caudal\ de\ aire\ requerido = \left(19{,}2\frac{\frac{kgO2}{h}}{0{,}21}\right) * \left(\frac{1}{\frac{1{,}21\,kg}{m3}}\right)$$

$$Caudal\ de\ aire\ requerido = 75{,}46 \frac{m3\ aire}{h}$$

Capacidad de aireación

$$Capacidad\ de\ aireación = \frac{Demanda\ de\ O2}{Vol.reactor}$$

$$Capacidad\ de\ aireación = \frac{460{,}2 \frac{kgO2}{día}}{161{,}09m3}$$

$$Capacidad\ de\ aireación = 2{,}86 \frac{kgO2}{m3dia}$$

Se recomienda una capacidad de aireación instalada entre 1 y 3,5 Kg O_2/m^3día.

Cálculo de las dimensiones del reactor

El volumen requerido del reactor calculado anteriormente es de 161,09 m^3. Se lo sobredimensiona un 20% para poder contar con un margen de seguridad, por lo tanto, el volumen final será de 193,31 m^3.

Dimensiones:

- Altura: 2,5 m (es necesario que sea profundo para poder aprovechar con eficiencia un aireador sumergible.)
- Largo: 18 m
- Ancho: 4,5 m

Tabla 11.8 Resumen tratamiento de lodos activados

Resumen lodos activados		
Volumen del reactor	161,09 m^3	Recomendación
Dimensiones	2,5x4,5x18	
Biomasa purgada	6,94 m^3/día	
Biomasa producida	121,19 kg SSV/día	
F/M	0,57 mg DBO_5 aplicada/mg SSVLM*día	0,4 a 0,6 mg DBO_5 aplicada/mg SSVLM*día
θ_c	10 días	10 a 20 días
TR_h	8 horas	6 a 8 horas
Capacidad de aireación	2,86 kg O_2/m^3*día	1 a 3,5 Kg O_2/m^3*día
Caudal de aire requerido	75,46 m^3 aire/horas	
$DBO_{entrada}$	662 mg O_2/l	
DBO_{salida}	120 mg O_2/l	

Tratamiento de lodos

Los lodos primario y secundario generados en el tratamiento de efluentes se mezclan en una cámara de deshidratación simple que consiste en un tanque que permite que sedimente el fango durante 24 horas, lo que permite incrementar de 3 a 5 veces su contenido de materia seca (reduciendo el volumen del lodo). Por medio de válvulas dispuestas a distintos niveles se retira el líquido de la superficie; mientras que el lodo concentrado se extrae desde la base del tanque para su posterior estabilización y secado.

Cálculo del volumen del tanque de deshidratación

$$V_{td} = V_{barro} + Q'w$$

Donde:

V_{td}: Volumen del tanque de deshidratación de lodos.

V_{barro}: Volumen de lodos proveniente de la etapa de sedimentación primaria

Q'_w: Volumen de lodos provenientes de la etapa de lodos activados.

$$V_{td} = (23{,}14 + 6{,}94)\left(\frac{m^3}{dia}\right) * \ 1\ día$$

$$V_{td} = 30{,}08\ m^3$$

Dimensiones del tanque

Se supone que $L = B$ y $h = \ 2m$

$$Vol = h * B * L$$

$$30{,}08\ m^3 = \ 2m \ * \ 2B$$

$$B = L = 7{,}76\ m$$

Al comienzo del espesamiento, la concentración del fango es de 5%. De acuerdo con datos bibliográficos se lograría una concentración aproximada de 12% de sólidos, reduciendo el volumen de lodos a menos de la mitad. (Fuente: METCALF & EDDY, "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización" Madrid, España. McGraw-Hill, pág. 905). Mientras que el volumen de lodo se reduce al 42% de 30,08 m^3 a 12,53 m^3.

El lodo ahora que ocupa un espacio reducido será dispuesto en un espacio destinado a la digestión del mismo hasta lograr la estabilización así ya se encontraría apto para su uso como fertilizante agrícola debido a su alta concentración de nutrientes.

Luego de este tratamiento los efluentes se encuentran listos para su ingreso a la planta de tratamiento del parque industrial donde deberán ser descargados con una DBO_5<50 mg O_2/l, como se establece en la reglamentación de Entre Ríos.

Capítulo 12

Obras Civiles

Índice

Capítulo 12 1
Índice 2
Terreno 4
Cerco perimetral 5
Estructura edilicia 5
Condiciones higiénico-sanitarias 7
Pisos 7
Paredes 7
Cielorraso 8
Techo 8
Ventanas y aberturas 8
Vestuarios 9
Espacio verde 9
Garita de seguridad 10
Estacionamiento 10
Planta baja 11
Planta alta 11
Zona de proceso 12
Sala de Caldera 13
Destilador 13
Tanques de Almacenamiento 14
Características de diseño: 15
Techo 15
Cuerpo 15

Escalera 16

Selección del sistema de pintura 17

Primera capa: 17

Segunda capa: 17

Costos obras civiles 18

Terreno

La planta estará ubicada en el predio del Parque Industrial de Concordia situado a 1 Km de la Ruta Nacional 14 y a 10 Km del Centro de la Ciudad de Concordia, Entre Ríos. La propiedad pertenece a la Municipalidad de Concordia, y al Ente Mixto de Administración del Parque Industrial (EMAPI). La superficie total del Parque es de 100 Ha parceladas y con cerco perimetral de seguridad.

El terreno posee las siguientes dimensiones 100 m de largo y 50 m de ancho, lo que hace un total de 5000 m2.

Figura 12.1 Localización del terreno dentro del predio del Parque Industrial (1).

Figura 12.2. Localización del terreno dentro del predio del Parque Industrial (2).

Cerco perimetral

Los cercos perimetrales serán del tipo olímpico, realizados con alambre galvanizado N.º 14/12, de tejido romboidal tipo industrial de malla 50/63, con una altura de 3 metros, con 3 hilos de refuerzos, sostenido por postes de hormigón en línea continuada con una distancia de 5 metros entre cada uno de ellos, con 3 hileras de púas en su coronamiento.

Estructura edilicia

De la superficie total de 5000 m2 que posee el predio, 900 m2 se encuentran cubiertos, el resto corresponde a predio parquizado y a vías de circulación.

La superficie cubierta está compuesta por:

- Garita de seguridad
- Recepción

- Sala de espera
- Área contable
- Area RR.HH
- Despacho gerente
- Despacho jefe de planta
- Despacho supervisores
- Cocina
- Baños

- Vestuarios
- Comedor
- Laboratorio
- Zona Almacenamiento
- Sala de Caldera
- Recepción de Materia Prima
- Zona de proceso
- Zona de destilador
- Tanques de almacenamiento

Condiciones higiénico-sanitarias

Para que la construcción sea sanitariamente adecuada, es necesario que las estructuras están construidas con forma y materiales tales que no permitan acumulación de suciedad, microorganismos, etc. a la vez, facilita la limpieza y desinfección, y minimiza los tiempos que se requieren para ello. El edificio será diseñado de forma que no permitirá que entren o aniden insectos, roedores y/o plagas, así como tampoco permitirá el ingreso de polvo, humo, vapor u otros.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el diseño sanitario de esta fábrica incluye:

Pisos

Los pisos, deberán ser de materiales resistentes al tránsito, impermeables, lavables y antideslizantes, no tendrán grietas y serán fáciles de limpiar y desinfectar. Los líquidos deberán escurrir hacia las bocas de los sumideros impidiendo la acumulación en los pisos.

Paredes

Las paredes de la planta estarán revestidas con material no absorbente, liso y lavable y de color claro. Estarán impermeabilizadas hasta 1,80 m de altura. Los ángulos entre pisos y paredes serán redondeados para facilitar la limpieza.

Cielorraso

Serán construidos de manera tal que sean fáciles de limpiar, para evitar acumulación de suciedad y reduzcan al mínimo la condensación.

Poseerán ventilación, para permitir la evacuación del aire caliente y vapor. Los ángulos entre las paredes y techos serán redondeados para facilitar limpieza.

Techo

Será construido en chapa trapezoidal Cincalum C-25 Siderar X, con una inclinación de 10° y extractores eólicos de 20” de diámetro correctamente distribuidos.

Ventanas y aberturas

No acumularán suciedad y serán de fácil limpieza. Tendrán provistas de protección antiplagas (moscas, roedores, pájaros) aquellas aberturas que se comuniquen con el exterior.

Las puertas además de estar construidas en materiales no absorbentes, lisos y de fácil limpieza, tendrán burletes resistentes y mecanismos de cierre automático.

Vestuarios

Las instalaciones destinadas al personal del establecimiento estarán completamente separadas de las zonas de manipulación de alimentos, sin acceso directo ni comunicación alguna con éstas.

Los vestuarios estarán bien iluminados, ventilados y equipados con cierres automáticos en las puertas. Dispondrán de agua fría y caliente, y se situarán de tal forma que el personal pase por ellos después de usar el baño, antes de volver a la zona de elaboración.

Se colocarán avisos en los que indiquen al personal que debe lavarse las manos después de usar los servicios.

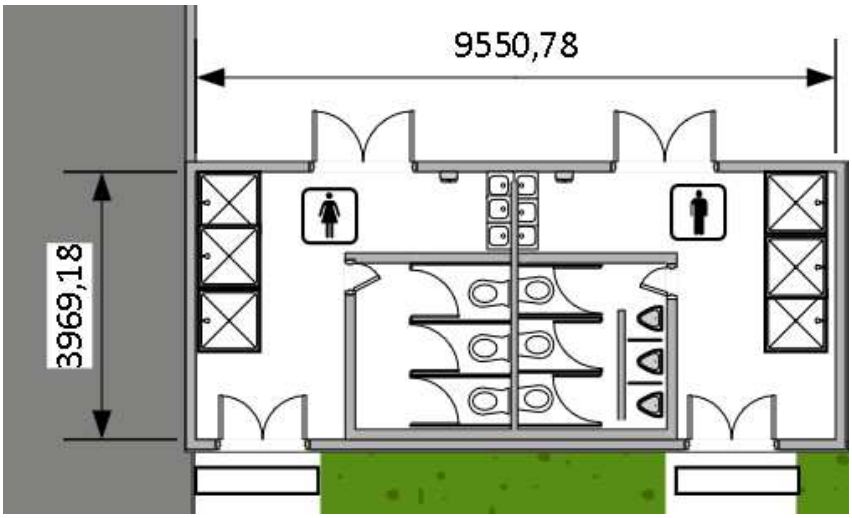


Figura 12.3 Ingreso a los vestuarios.

Espacio verde

Serán lo suficientemente extensos como para permitir el esparcimiento de toda aquella persona ligada a la planta. Se distribuirán árboles que ofrezcan lugares con sombra. Cada vez que sea necesario, el

personal responsable de la guardia mantendrá en los horarios opuestos a producción los espacios verdes.

Garita de seguridad

Con unas dimensiones de 2 metros por 2 metros, dando una superficie de 4 m2, estará ubicada en el ingreso a la planta industrial.

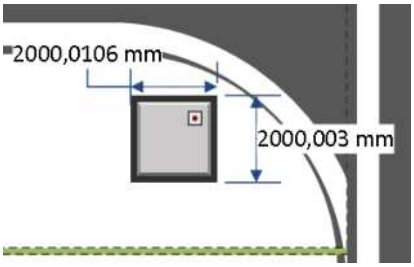


Figura 12.4 Garita de seguridad.

Estacionamiento

El estacionamiento está diseñado para 9 vehículos particulares y un espacio reservado para discapacitados con una dimensión de 33 metros por 5,5 metros. El total de espacio físico dispuesto para estacionamiento de será de 181,5 m2.

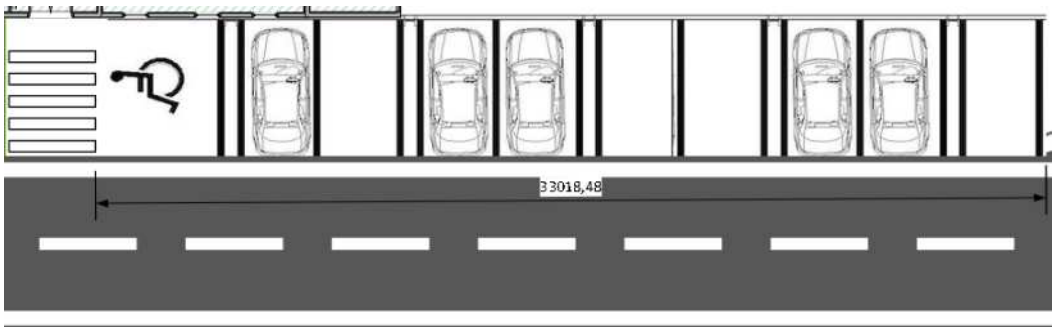


Figura 12.5 Estacionamiento

Planta baja

La planta baja está diseñada para incluir los vestuarios, el comedor, el almacenamiento, los laboratorios y la recepción la cual conecta con la planta alta. La planta baja dividida con mampostería de 0,15 m y las dimensiones son de 34 m de largo por 4 m de ancho, dando una superficie total de 136 m2.

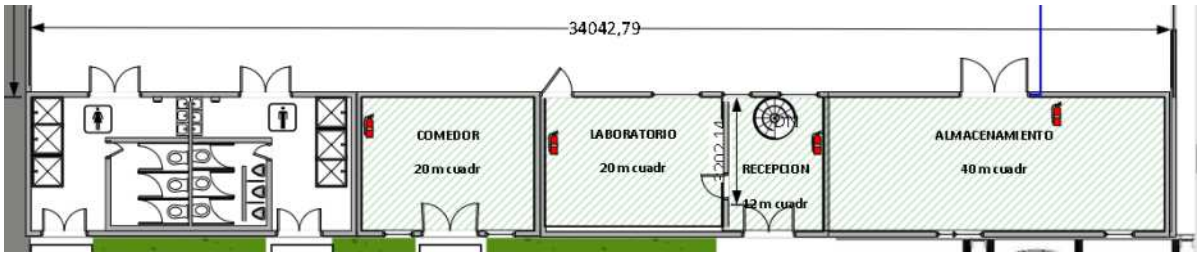


Figura 12.6 Planta baja

Planta alta

Está integrada por las oficinas del gerente general, el jefe de planta y supervisores, el área contable y recursos humanos. También dispone de una cocina y un baño para el personal de esa planta, la planta alta dividida por construcción en seco y piso de losa aligerada con Telgopor de 0,20 m de grosor, ocupa una superficie de 136 m2.

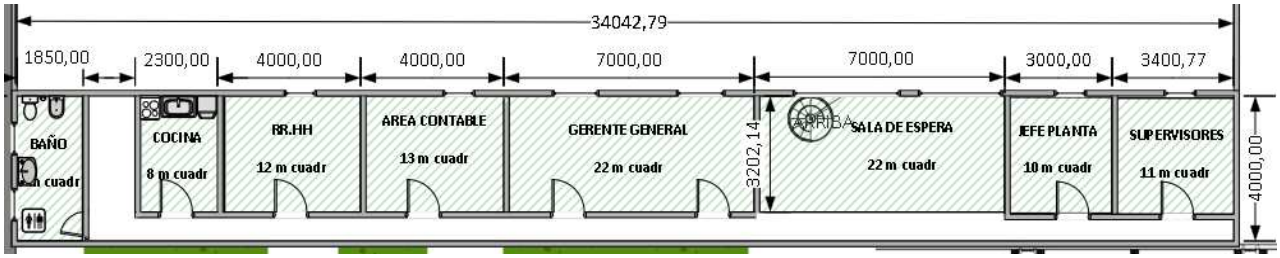


Figura 12.7 Planta alta

Zona de proceso

El perímetro de la planta está construido con mampostería de 0,30 m de espesor. Se utilizará aplicación de pintura epoxi blanco para los lugares que requieran revestimiento en las paredes como baños, laboratorio y zonas de producción, se pondrá zócalos de carácter sanitario en toda el área de producción. Se prevé pendientes en el piso hacia los desagües que permitan una velocidad de drenado adecuadas para aquellos lugares donde sea necesario limpiar frecuentemente.

Las ventanas se ubicarán en la zona alta de las paredes para favorecer la ventilación, iluminación y ahorro energético. Contarán con mosquitero para evitar el acceso de plagas y cualquier otra sustancia ajena a la planta.

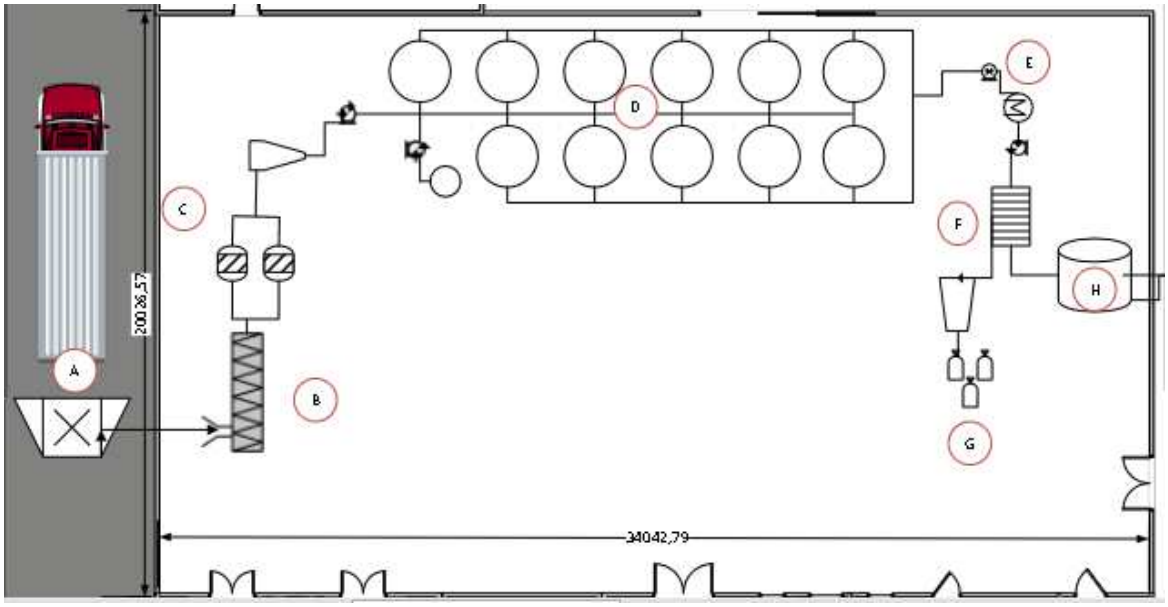


Figura 12.8 Sala de proceso

Referencias

A- Tolva de recepción
B- Prensa
C- Pretratamiento materia prima
D- Tanques de Hidrólisis y Fermentación
E- Intercambiador de calor
F- Filtro prensa
G- Línea de prensado
H- Tanque pulmón

Sala de Caldera

La sala de caldera está construida con mampostería 0,15 m tiene una dimensión de 11 m por 7,85 m.

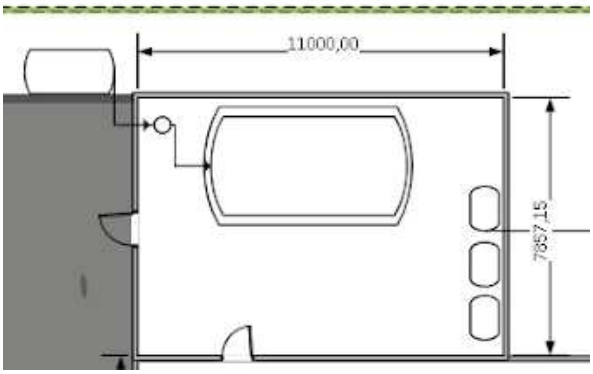


Figura 12.9 Sala de caldera

Destilador

El destilador está ubicado sobre una plataforma de concreto de 16 m de ancho por 12,7 m de largo.

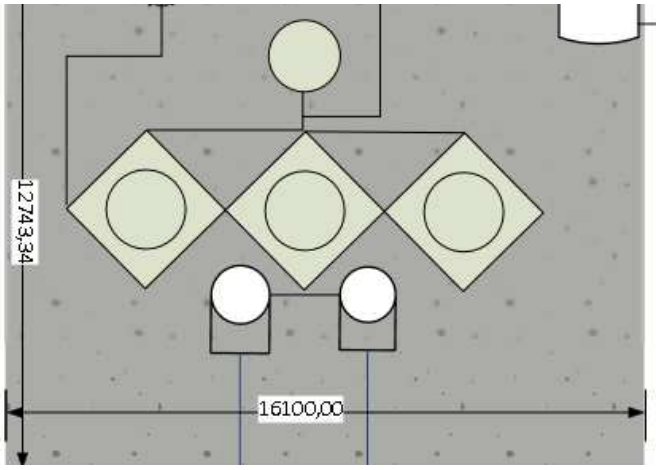


Figura 12.10 Plataforma destilador

Tanques de Almacenamiento

Se plantea el diseño de tres tanques de almacenamiento 820 m^3 para etanol anhidro, con membrana flotante y domo geodésico.

Los tanques se ubican en el ingreso del terreno, y se destinan 450 m^2 para la construcción de los mismos con una dimensión de 14,00 m x 32,22 m.

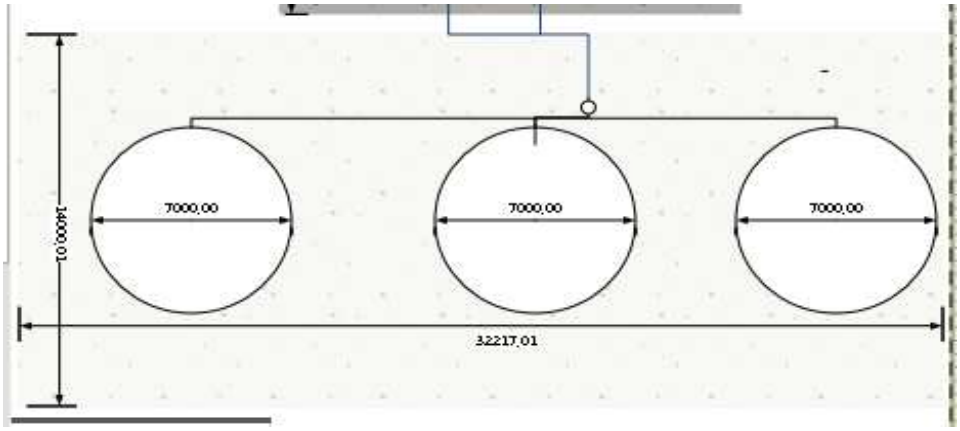


Figura 12.11 tanque de almacenamiento

Características de diseño:

Techo

Es del tipo Techo Flotante, tiene domo con membrana flotante, esto reduce o anula la cámara de aire o espacio libre, entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, evita la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

Cuerpo

Son tanques cilíndricos verticales de fondo plano, solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas. El cuerpo del tanque puede estar soportado por una placa anular de 7 anillos.

Dimensiones:

- D= 7 m
- H=7 m

Las condiciones que se tendrán en cuenta para su construcción serán:

- Temperatura ambiente = 18 a 35 °C
- Humedad relativa anual= 85 %
- Ambiente = Industria corrosiva

Para determinar el volumen de los tanques se consideran:

- Relación del volumen almacenado
- Volumen mínimo = 10 % de la capacidad total del tanque

- Volumen operativo = 80% de la capacidad (820 m3)
- Volumen de seguridad = 10% de la capacidad total del tanque

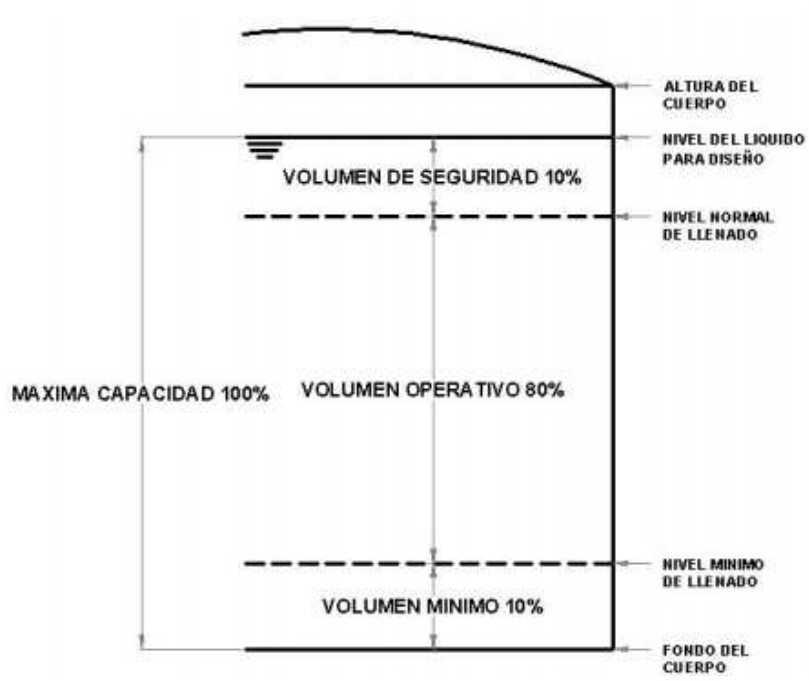


Figura 12. Volumen de trabajo

Además, se establece una tasa de llenado y descarga de 1,09 m^3 por hora que es la producción obtenida durante el proceso.

Escalera

Es del tipo helicoidal con un ángulo de 60° de circunferencia respecto al cuerpo, tiene la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal.

Barrera de contención

Las barreras de contención son un sistema de protección medioambiental, las cuales tienen como finalidad la disminución de contaminación del terreno en caso de derrame del producto contenido en el tanque. Los tipos de barreras de prevención son los siguientes:

- Geomembranas: Compuestas por polietileno de alta densidad o HDPE
- Material de Sellado: Bentonita, capa asfáltica

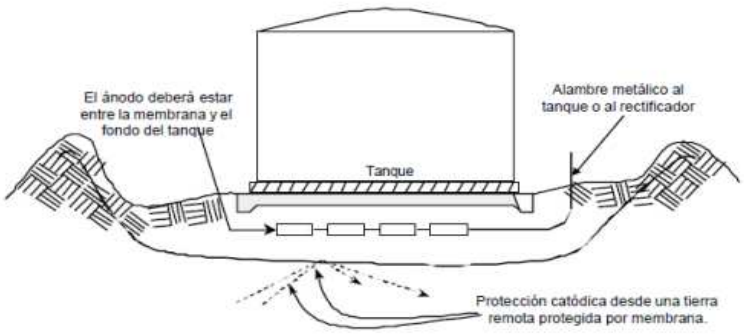


Figura 12.13 Membrana impermeable debajo del tanque de almacenamiento.

Selección del sistema de pintura

El sistema de pintura seleccionado es el que otorga mayor protección anticorrosiva para poder almacenar el producto:

Primera capa:

Tipo de pintura: epóxico fenólico holding primer

Segunda capa:

Tipo de pintura: epóxico fenólico

Costos obras civiles

Tabla 12.1 Precio Construcción por tanque

Estructura Tanques Almacenamiento				
Descripción		**Cantidad**	**Precio unitario USD**	**Subtotal USD**
Cuerpo	7 anillos	2443,09 kg C/U	1,405	24.028
Fondo		7513,45 kg	1,405	10.556
Sumideros		1	289,13	290
Boca Cuerpo entrada/salida		1	34,465	34,46
Bocas sumideros		1	24,94	24,94
Escalera		1	1909,755	1.910
Plataforma		1	1544,995	1.545
pasarela		1	7871,57	7.871
Domo geodésico de aluminio		1	15753,67	15.754
Membrana flotante de aluminio		1	7982,97	7.983
Materiales para el difusor interno		1	1158,67	1.159
Montaje		varios	968,225	968
Precio por tanque (USD)				72.122
Precio total (USD)				216.368

Tabla 12.2 Costo obras Civiles

Descripción	Cantidad	Precio/cantidad	Subtotal (USD)
Cerco perimetral	750 m lineales	7,84 USD/m lineal	5.880
Inst. garita	1	747,62 USD/unidad	748
Pisos	816 m^2	18,55 USD/m^2	15.135
Ripio	70 m^2	71,43 USD/m^2	5.000
Mamp 0,15 m	40 m^2	18,54 USD/m^2	742
Mamp 0,30 m	928 m^2	25,06 USD/m^2	23.252
Cimientos	9 m^3	89,80 USD/m^3	808
Losa aligerada	136 m^3	27,90 USD/m^3	3.794
Aberturas	13	174,21 USD/unidad	2.265
Puertas	21	225,83 USD/unidad	4.742
Pintura epoxi	680	16,76 USD/m^2	11.398
División en seco	55 m^2	16,98 USD/m^2	934
Cielorraso	272 m^2	16,67 USD/m^2	4533
Techo	904 m^2	29,86 USD/m^2	26.991
Portón	1	346,79 USD/unidad	347
Colum y encade	46 m^3	0,25 USD/m^3	11,55

Sanitarios	3	446,43 USD/unidad	1339
Escalera	0,5 m^3	322,12 USD/m^3	161
Estacionamiento	54,45 m^2	296,72 USD/m^2	16156
Parquizado	780 m^2	9,36 USD/m^2	7300
Precio Total (USD)			131.536

Es decir, que la inversión total para llevar a cabo las obras civiles y la construcción de los tanques para el almacenamiento de bioetanol es de 347.904,22 USD.

Capítulo 13

Costos de producción y evaluación de proyecto

Índice

Introducción 4
Análisis de costos 4
Costos de Fabricación 4
Costo Directo 5
Compra de materia prima 5
Compras y acopio de insumos 5
Mano de obra directa 6
Costo de servicios auxiliares 7
Electricidad 7
Gas natural 9
Gastos de Fabricación y gastos indirectos 10
Impuestos de fábrica 10
Materiales indirectos 10
Costo Mano de obra indirecta 10
Costos de mantenimiento 11
Vestimenta del personal 12
Amortizaciones y depreciaciones 12
Seguros de fábrica 13
Gastos administrativos 14
Mano de obra administrativa 14
Gastos gestión comercial 15
Mano de obra comercial 15
Gastos financieros 15
Inversiones en activos fijos y diferidos 19
Activos Fijos 20
Inversión de maquinas y equipos 20

Inversión de servicios auxiliares 21
Inversión de infraestructura 22
Inversion de terreno 24
Inversión de muebles y útiles 24
Activos diferidos 25
Gastos de estudios y proyecto 25
Dirección de Obras Civiles 25
Instalación de equipos, cañerías e instalaciones eléctricas 26
Gastos de puesta en marcha 26
Gastos imprevistos 26
Activos Circulantes 27
Capital de Trabajo 27
Compra de materia prima 28
Compra de Insumos 29
Costo Mano de Obra Directa 29
Electricidad 29
Gas natural 30
Presupuesto de inversión inicial del proyecto 31
Cronograma de actividades 31
Determinación del Costo del producto 33
Evaluación del proyecto 35
Precio de Venta e ingresos por venta 35
Punto de equilibrio 36
Cálculos 37
Cálculo y análisis de rentabilidad 38
Valor Actual Neto (VAN) 38
Tasa Interna de Retorno (TIR) 39
Análisis de Sensibilidad 40

Introducción

En este capítulo se tendrá en cuenta la inversión inicial para poder llevar a cabo este proyecto y el análisis de costo de producción. El ejecutivo financiero debe tomar dos tipos de decisiones, la decisión de inversión, relacionada con la compra de activos, y las decisiones de financiamiento, vinculadas con la obtención de fondos para la compra de dichos activos.

Análisis de costos

Durante el período de operación se pueden identificar cuatro clases de costos, los costos ligados más directamente a la producción, también llamados costos de fabricación, los costos administrativos propios de la organización de la empresa, los costos causados por efecto del impulso de las ventas y finalmente los costos financieros generados por el uso del capital ajeno.

Como la planta funciona 9 meses se toma este intervalo de tiempo como el costo correspondiente al ciclo productivo comprendido entre los meses de abril a diciembre de cada año.

Costos de Fabricación

Los costos de fabricación son aquellos que se vinculan directamente con la elaboración del producto o la prestación del servicio. Se suelen clasificar en: costo directo, gastos de fabricación y otros gastos.

Costo Directo

Está constituido por la materia prima, los insumos o materiales directos, la mano de obra directa (operarios) con sus respectivas prestaciones.

Compra de materia prima

El abastecimiento de materia prima se realizará por medio de la celebración de contratos anuales con los proveedores y se buscará el mejor precio y servicio de logística. Se elige por optar por un sistema de logística ya que resulta menor el costo en comparación con la adquisición de vehículos propios, compra de combustible, costos de mantenimiento, choferes y otros gastos para el transporte de la materia prima.

Tabla 13.1 Compra de materia prima.

Materia prima	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Cáscara de naranja	17.000 kg	0.00 USD	0.00 USD
Logística			172.800 USD
Costo anual			172.800 USD

Compras y acopio de insumos

En este rubro se consideran los elementos necesarios para concretar la producción de bioetanol. En la siguiente tabla se detallan los costos correspondientes:

Tabla 13.2 Compra y acopio de insumos.

Insumos	Unidades	Consumo anual [kg]	Costo unitario [USD/kg]	Precio anual [USD]
Levadura (500gr)	450	225 kg	81,8 USD	18.405 USD
Enzima MA PLUS HC (25kg)	950	23.761 kg	8.01 USD	190.322 USD
Enzima PTE100 (25kg)	746	18.641 kg	10.05 USD	186.782 USD
Enzima B-GDS (25kg)	814	20.347 kg	7.07 USD	143.857 USD
Bolsas pellet (40kg)	44.921	-	0,25 USD	11.230 USD
Pallet (1.400 kg)	1.283	-	6,25 USD	8.022 USD
Costo anual				558.588 USD

Mano de obra directa

En esta sección se incluye la mano de obra directa necesaria para el funcionamiento normal de la planta. A continuación se presenta la tabla de costos de mano de obra directa, detallando los puestos correspondientes al Capítulo N°10: Estructura Organizacional y de personal. Los salarios propuestos para el personal contratado se basan en el Convenio Colectivo de Trabajo Nº 141/90 para empleados de la industria química.

Tabla 13.3 Costo mano de obra directa anual.

Puesto	cantidad personas	Tipo de mano obra	Meses trabajo	Aportes patronales	Costo mensual	Subtotal
				0,6	[USD]	[USD]
Analista de calidad	1	Directa	13	344,87	574,78	11.955
Op. Prod.Permanentes	8	Directa	13	318,36	530,60	88.292
Op. Prod. temporal	16	Directa	3	318,36	530,60	40.750
Mecánico Permanente	2	Directa	13	344,88	574,80	23.912
Mecánico temporal	4	Directa	3	344,88	574,80	11.036
Op. Limpieza Permanente	3	Directa	13	293,88	489,80	30.564
Operarios Limpieza temporal	6	Directa	3	293,88	489,80	14.106
Op. de recep.y despacho Permanentes	2	Directa	13	318,36	530,60	22.073
Op. de recep.y despacho temporal	4	Directa	3	318,36	530,60	10.188
Costo anual						252.875

Costo de servicios auxiliares

Electricidad

El costo de electricidad está dado por la tarifa a grandes demandas con vinculación en baja tensión cuyo consumo es mayor a 50 KWh y el suministro contratado en horas de punta, por lo tanto el costo anual por

electricidad es de 59.580 USD. En el siguiente cuadro se puede observar el consumo anual de la planta:

Tabla 13.4 Consumo anual de electricidad

Función del motor	PE	Tiempo de uso [h]		Consumo Prom . [KW/h]		Precio unitario	Subtotal [USD]	
	[kW]	3 meses	resto del año	3 meses	resto del año	USD/KW	3 meses	resto del año
Tolva	8,78	24	8	210,7	70,24	4,78	1.006	335,38
Prensa tornillo	19,31	24	8	463	154,48	4,78	2.212	737,60
Bomba fermentadores	0,88	20	7	17,60	6,16	4,78	84,04	29,41
Bomba dosificadora	0,44	1	0,5	0,44	0,22	4,78	2,10	1,05
Bomba fermentadores	0,88	20	7	17,60	6,16	4,78	84,04	29,41
Filtro	2,2	18	7	39,60	15,40	4,78	189,08	73,53
Destilador	3,51	24	8	84,24	28,08	4,78	402,22	134,07
Bomba llenado tanques	0,88	20	7	17,6	6,16	4,78	84,04	29,41
Bomba llenado camiones	0,88	4	2	3,52	1,76	4,78	16,81	8,40
Bomba caldera	0,88	24	8	21,12	7,04	4,78	100,84	33,61
Bomba combustible	0,88	0	0	0	0	4,78	0,00	0,00
Extrusora subproducto	65,82	18	8	1184	526,50	4,78	5.656	2.514
Secadero	2,63	24	8	63,12	21,04	4,78	301,38	100,46
Total consumo							10.140	4.026
Total Factura							10.207	4.093
Costo anual								55.183

Gas natural

El costo de gas natural está determinado por la tarifa de gas para Entre Ríos con un consumo superior a 9000 m3 por mes.El costo anual es de 905,58 USD.

Tabla 13.5 Consumo anual de gas natural.

Equipo	Consumo	Tiempo de uso [h]		Consumo [m3/mes]		Cargo fijo [USD]	Cargo por m3 [USD]	Subtotal [USD]	
	m3/h	3 meses	Resto del año	3 meses	resto del año			3 meses	resto del año
Caldera	436,9	20	9	262.140	106.166	37,5	0,138	36.213	14.688
Secadero	2,1	24	8	1.512	453	37,5	0,138	246	100
Total factura								36.459	14.789
Costo anual								198.108	

En la siguiente tabla se resumen los costos de fabricación que serán necesarios:

Tabla 13.6 Resumen Costos de fabricación

Descripción	Precio
Materia prima (logística)	172.800 USD
Insumos	558.589 USD
Mano de obra directa	252.875 USD
Electricidad	55.183 USD
Gas natural	198.108 USD
Total anual	1.237.555 USD

Gastos de Fabricación y gastos indirectos

Impuestos de fábrica

Hace referencia principalmente a los impuestos de Industria y Comercio, y al impuesto predial. Dentro de los beneficios del parque industrial podemos nombrar la exención de las tasas y tributos municipales por un período de 10 años a partir del inicio de las actividades del proyecto.

Materiales indirectos

Dentro de este rubro se contempla los costos de combustible, papelería, materiales y equipos de seguridad industrial necesarios para el ciclo productivo.

Tabla 13.7 Materiales indirectos

Descripción	Precio unitario (USD)	Subtotal
Consumo de Gas - Oil	0,75	15.000
Internet y comunicaciones, cadetes		4.500
Papelería, materiales y equipo de seguridad		1.000
Costo anual		20.500

Costo Mano de obra indirecta

En esta sección se incluye la mano de obra indirecta necesaria para el funcionamiento normal de la planta. La mano de obra indirecta se refiere a quienes aun estando en producción no son operarios. A continuación se presenta la tabla de costos de mano de obra indirecta para el ciclo

productivo, detallando los puestos correspondientes al Capítulo N°10: Estructura Organizacional y de personal. Los salarios propuestos para el personal contratado se basan en el Convenio Colectivo de Trabajo Nº 141/90 para empleados de la industria química.

Tabla 13. Costos mano de obra indirecta.

M.O indirecta	Meses de trabajo	Costo mensual	Aportes patronales	subtotal
Abogado (1)	12	597,28 USD	358,37 USD	11.468 USD
Guardia seguridad (3)	12	477,54 USD	286,52 USD	27.506 USD
Costo anual				38.974 USD

Costos de mantenimiento

Constituye todas las erogaciones por concepto de pagos de protección, conservación y reparaciones de las instalaciones, equipos, muebles, y vehículos. Se considera un 5% del costo de equipos e instalaciones.

Tabla 13.8 Costo de mantenimiento

Descripción	Costo [USD]	Referencia	Subtotal [USD]
Suma de costo de maquinas y equipos	2.358.995	5%	117.950
Costo anual			117.950

Vestimenta del personal

Anualmente se entrega ropa de trabajo (camisa, pantalón, chaqueta, botas de goma, botines de seguridad, según corresponda) a los operarios y personal en general.

Tabla 13.9 Vestimenta del personal

Descripción	Cantidad anual	Costo [USD]	Subtotal
Personal de planta permanente (15)	2	120 USD	3.600 USD
Personal de planta temporario (31)	1	120 USD	3.720 USD
Costo anual			7.320 USD

Amortizaciones y depreciaciones

Se incorpora el valor anual de la depreciación de edificaciones (2 % anual), máquinas y equipos (10% anual), muebles y útiles (20% anual) y gastos de la organización (20% de amortización anual). En la siguiente tabla se presenta un cuadro resumen con las depreciaciones y amortizaciones consideradas en este proyecto.

Tabla 13.10 Amortizaciones y depreciaciones.

Amortizaciones y depreciaciones	Referencia anual	Costo [USD]	Subtotal
Depreciación de obras civiles	0,02	347.904	6.958 USD
Depreciación de máquinas y equipos	0.1	2.222.238	222.224 USD
Depreciación de muebles y útiles	0.20	2.000	400 USD
Depreciación gastos de la organización	0.20	231.707	46.341 USD
Costo anual			275.923 USD

Seguros de fábrica

Comprende el pago de las pólizas anuales de protección de las instalaciones y equipos contra incendio, hurto, calamidad, etc.

Tabla 13.11 Seguro de fábrica

Descripción	Referencia	Costo [USD]	Subtotal
Suma del costo de edificios, máquinas y equipos	0,01	2.716.764	27.168 USD
Costo anual			27.168 USD

En la siguiente tabla se resumen los costos de fabricación anuales:

Tabla 13.12 Resumen Gastos fabricación y otros gastos indirectos

Descripción	Subtotal
Impuestos fabrica	0 USD
Materiales indirectos	20.500 USD
Mano de obra indirecta	38.974 USD
Costo de mantenimiento	117.950 USD
Vestimenta del personal	7.320 USD
Amortizaciones y depreciaciones	275.923 USD
Seguros de fábrica	27.168 USD
Costo anual	741.126 USD

Gastos administrativos

Mano de obra administrativa

En esta sección se incluye la mano de obra necesaria para el funcionamiento normal de la planta desde el punto de vista administrativo. A continuación se presenta la tabla de costos de mano de obra administrativa, detallando los puestos correspondientes al capítulo 10 de personal. Los salarios propuestos para el personal contratado se basan en el Convenio Colectivo de Trabajo Nº 141/90 para empleados de industrias químicas.

Tabla 13.12 Gastos mano de obra administrativo

Descripción	Meses trabajo	Tipo de mano obra	Sueldo Mensual	Aportes patronales	Subtotal USD
Gerente general	12	Administrativo	2.653	1591,8	55.182
Jefe de calidad	12	Producción	1.061	636,72	22.073
Jefe de planta	12	Producción	1.061	636,72	22.073
Superv. de turno permanente (1)	12	Producción	796	477,6	16.557
Superv. de turno temporario (2)	3	Producción	796	477,6	7.642
Superv.recep. y desp.Perm.(1)	12	Producción	796	477,6	16.557
Superv. de recep. y desp.temporario (3)	3	Producción	796	477,6	11.462
Costo anual					151.546

Gastos gestión comercial

Mano de obra comercial

En esta sección se incluye la mano de obra necesaria para el funcionamiento normal de la planta desde el punto de vista comercial.

A continuación se presenta la tabla de costos de mano de obra administrativa, detallando los puestos correspondientes al capítulo 10 de personal. Los salarios propuestos para el personal contratado se basan en el Convenio Colectivo de Trabajo Nº 141/90 para empleados de industrias químicas.

Tabla 13.13 Gasto gestión comercial

Descripción	Cantidad	Meses trabajo	Tipo de mano obra	Sueldo Mensual	Aportes patronales	Subtotal
Jefe Adm. comercial	1	12	Administrativo	988,60	593	20.563 USD
Marketing	1	12	Administrativo	536,30	322	11.155 USD
RR.HH	1	12	Administrativo	576,30	346	11.987 USD
Contabilidad y finanzas	1	12	Administrativo	576,30	346	11.987 USD
Costo anual						55.692 USD

Gastos financieros

Son costos relacionados con la necesidad de solicitar dinero a entidades financieras. Los costos financieros surgen de los intereses del crédito tomado para cubrir el presupuesto de inversión y de los intereses

devueltos a los socios. Para la realización del proyecto se cuenta con un crédito BICE ofrecido por el Ministerio de Producción a través del Banco Nación Argentina (BNA) el cual financia a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) en un periodo de 10 años, aplicándose un costo financiero total CFT de 8,37 % y con un periodo de gracia de un año. El monto total solicitado se dispondrá en un único desembolso.

El destino del préstamo:

- Adquisición de bienes de capital nuevos.
- Proyectos de Inversión.
- Capital de Trabajo

A continuación se presenta un resumen del crédito solicitado,

Tabla 13.14 Crédito solicitado.

Crédito solicitado al BNA	Monto [USD]	Año	Interés	Capital	Subtotal [USD]	Saldo Pendiente [USD]
Monto	1.500.000	0			0,00	1.500.000
CFT	8,37%	1	201.000	79.868	280.868	1.420.132
Plazo devolución	10 años (120 meses)	2	190.298	90.570	280.868	1.329.562
		3	178.161	102.706	280.868	1.226.856
		4	164.399	116.469	280.868	1.110.387
		5	148.792	132.076	280.868	978.311
		6	131.093	149.774	280.868	828.537
		7	111.024	169.844	280.868	658.693
		8	88.265	192.603	280.868	466.090
		9	62.456	218.412	280.868	247.679
		10	33.189	247.679	280.868	0,00

Tabla 13.15 Resumen de los costos de operación

Costos de operación	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
Costos fabricación		USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390	USD 1.725.390
Costos directos		USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264	USD 984.264
MP		USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800	USD 172.800
Insumos		USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589	USD 558.589
Mano de obra directa y prestaciones		USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875	USD 252.875
Gastos de fabricación		USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126	USD 741.126
impuestos predial		USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
Materiales indirectos		USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500	USD 20.500
Mano de obra indirecta y prestaciones		USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974	USD 38.974
Servicios auxiliares		USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291	USD 253.291
Mantenimiento		USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950	USD 117.950
Vestimenta del personal		USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320	USD 7.320
Amortizaciones y depreciaciones		USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923	USD 275.923
Seguros		USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168	USD 27.168
Gastos administrativos		**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**	**USD 151.546**
Sueldos y prestaciones		USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546	USD 151.546
Gastos de gestion comercialización		**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**	**USD 55.692**
Marketing		USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155	USD 11.155
otros		USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537	USD 44.537
Gastos financieros		**USD 201.000**	**USD 190.297**	**USD 178.161**	**USD 164.398**	**USD 148.791**	**USD 131.093**	**USD 111.023**	**USD 88.265**	**USD 62.456**	**USD 33.188**	**USD 0**
Interes banco $		USD 201.000	USD 190.297	USD 178.161	USD 164.398	USD 148.791	USD 131.093	USD 111.023	USD 88.265	USD 62.456	USD 33.188	USD 0
Total costo de operación		**USD 2.133.628**	**USD 2.122.925**	**USD 2.110.789**	**USD 2.097.026**	**USD 2.081.419**	**USD 2.063.721**	**USD 2.043.651**	**USD 2.020.893**	**USD 1.995.084**	**USD 1.965.816**	**USD 1.932.628**

Inversiones en activos fijos y diferidos

La inversión inicial del presente proyecto se compone de activos fijos es decir, bienes tangibles que no son objeto de transacciones y que en la mayoría de los casos no cambian de forma física a lo largo del ciclo productivo como por ejemplo la maquinaria, el edificio, etc. y activos fijos diferidos que son bienes necesarios intangibles que generalmente se pagan por anticipado.

A continuación se detallan cada uno de los rubros que se agruparon para la determinación de cada uno de los componentes de la inversión inicial:

Tabla 13.16 Rubros que componen la inversión inicial

Activos fijos	Activos circundantes	Activos diferidos
Maquinarias y equipos	Capital de trabajo	Gastos de estudios y proyecto
Instalaciones auxiliares		Dirección de Obras Civiles
Obras civiles		Instalación de equipos, cañerías, instalaciones eléctricas
Terreno		Gastos de puesta en marcha
Muebles y útiles		Gastos imprevistos

Activos Fijos

Inversión de maquinas y equipos

Tabla 13.17 Costo de maquinas y equipos

Equipos	Cantidad	Precio total
BIOETANOL		
Tolva	1	3.750 USD
Prensa	2	50.000 USD
Steam explosion	1	7.179 USD
Fermentadores	11	200.200 USD
Intercambiador de Calor	1	6.625 USD
Filtro	1	35.000 USD
Destilador y purificador	1	1.819.600 USD
SUBTOTAL LÍNEA BIOETANOL		2.122.354 USD
LEVADURA SECA		
Extrusora	1	39.227 USD
Secadero	1	38.000 USD
SUBTOTAL LÍNEA SUBPRODUCTO		77.227 USD
EQUIPOS DE BOMBEO		
Bomba 1 HP	4	4.900 USD
Bomba 1/2HP dosificadora	1	1.112 USD
Bomba 1 HP antiexplosiva	4	6.780 USD
SUBTOTAL EQUIPOS BOMBEO		12.792 USD
TOTAL		**2.212.373 USD**

Los precios de los proveedores fueron convertidos a la moneda dólar según el valor del dia 26 de noviembre de 2018.

Inversión de servicios auxiliares

Tabla 13.18 Costo de servicios auxiliares

Equipos	Cantidad	Precio total
INSTALACIÓN DE AGUA		
Tanque 10,000 L	2	6.686 USD
Torre para tanque	2	314 USD
Sistema contra incendios (Extintores ABC + red hidrante)		855 USD
SUBTOTAL INSTALACIÓN AGUA		7.855 USD
ENERGÍA ELÉCTRICA		
Se considera para conductores el 5% del total de obras civiles		6.577 USD
Iluminación		11.638 USD
SUBTOTAL INSTALACIONES ELÉCTRICAS		18.215 USD
INSTALACIÓN DE VAPOR		
Caldera y accesorios	1	117.733 USD
SUBTOTAL INSTALACIÓN VAPOR		117.733 USD
COMBUSTIBLES		
Cisterna 20.000L	1	6.000 USD
SUBTOTAL INSTALACIÓN VAPOR		6.000 USD
TOTAL		**149.403 USD**

Los precios de los proveedores fueron convertidos a la moneda dólar según el valor del dia 26 de noviembre de 2018.

Inversión de infraestructura

Tabla 13.19 Costos de infraestructura

Descripción	Cantidad	Precio total
Cerco perimetral	750 m lineales	5.880 USD
Instalación de garita	1	748 USD
Pisos	816m2	15.135 USD
Ripio	70m2	5.000 USD
Mampostería 0,15 m	40m2	742 USD
Mampostería 0,30 m	928m2	23.252 USD
Cimientos	9 m3	808 USD
Losa aligerada	136 m3	3.794 USD
Aberturas	13	2.265 USD
Puertas	21	4.742 USD
Pintura epoxi	680	11.398 USD
División en seco	55m2	934 USD
Cielorraso	272m2	4.533 USD
Techo	904m2	26.991 USD
Portón	1	347 USD
Columna y encadenado	46 m3	11 USD
Sanitarios	3	1.339 USD
Escalera Caracol	0,5 m3	161 USD
Estacionamiento	54,45m2	16.156 USD
Parquizado	780m2	7.300 USD
Total		**131.536 USD**

Los precios de los proveedores fueron convertidos a la moneda dólar según el valor del dia 26 de noviembre de 2018.

Tabla 13.20 Costo tanque de almacenamiento

Descripción	Cantidad	Precio total
Cuerpo 7 Anillo	2443,09 kg C/U	24.028 USD
Fondo	7513,45 kg	10.556 USD
Sumideros	1	289 USD
Boca Cuerpo entrada/salida	1	34 USD
Bocas sumideros	1	25 USD
Escalera	1	1.910 USD
Plataforma	1	1.545 USD
Pasarela	1	7.872 USD
Domo geodésico de aluminio	1	15.754 USD
Membrana flotante de aluminio	1	7.983 USD
Materiales para el difusor interno	1	1.159 USD
Montaje	varios	968 USD
Precio por tanque	3	72.123 USD
Total		**216.368 USD**

Los precios de los proveedores fueron convertidos a la moneda dólar según el valor del dia 26 de noviembre de 2018.

Inversion de terreno

Como se mencionó en el capítulo 3 la localización de la planta industrial es en el Parque Industrial de Concordia, y dentro de los beneficios destacamos que no se cobra el terreno y en los beneficios municipales podemos mencionar la exención de las tasas y tributos municipales por un período de 10 años a partir del inicio de las actividades del proyecto.

Inversión de muebles y útiles

Tabla 13.21 Costos de muebles y útiles

Equipos	Cantidad	Precio total
LABORATORIO		
Tanque de inóculo	1	5.625,00 USD
Microscopio	1	1.075,92 USD
Destilador	1	745,95 USD
Refractómetro	1	228,75 USD
Phmetro	1	744,71 USD
Conductímetro	1	74,85 USD
Balanza digital	1	264,50 USD
Densímetro	1	63,50 USD
Camara neubauer	1	65,12 USD
Picnómetro	1	56,80 USD
SUBTOTAL EQUIPOS LABORATORIO		8.945,10 USD
HERRAMIENTAS		
Zorra Reforzada	1	406,77 USD
Escalera	1	112,46 USD
Hidrolavadora	1	400,00 USD
SUBTOTAL HERRAMIENTAS		919,23 USD
MUEBLES Y ÚTILES		
SUBTOTAL mUEBLES Y ÚTILES		2000 USD
TOTAL		**11.864 USD**

Los precios de los proveedores fueron convertidos a la moneda dólar según el valor del dia 26 de noviembre de 2018.

A continuación podemos observar un resumen de los activos fijos:

Tabla 13.22. Inversión activos fijos.

Activos fijos	Precio
Máquinas y equipos	2.212.373 USD
Instalaciones auxiliares	149.403 USD
Obras civiles	347.904 USD
terreno	0 USD
Muebles y útiles	11.864 USD
Total	**2.721.545 USD**

Activos diferidos

Gastos de estudios y proyecto

Las inversiones en estudio y proyecto de ingeniería, se consideran un 2% de la inversión total.

Dirección de Obras Civiles

La inversión en este caso se estima en un 3% de la totalidad del costo de la obra civil. El responsable a cargo será un profesional ingeniero civil o arquitecto, quien tendrá una relación estrecha con el ingeniero a cargo del proyecto en general.

Instalación de equipos, cañerías e instalaciones eléctricas

Se estima que el costo de instalación de los equipos, las cañerías e instalaciones eléctricas sumado a la mano de obra correspondiente es de un 10% del costo de equipos e instalaciones auxiliares.

Gastos de puesta en marcha

Existe un período entre la finalización nominal de las obras y la producción en régimen normal, que se denomina "puesta en marcha" y cuya duración puede variar desde unas pocas semanas hasta varios meses. Se estima que los gastos que se ocasionan en dicho periodo son del 1% del costo de equipos e instalaciones auxiliares.

Gastos imprevistos

Se considera un monto equivalente al 5% de las inversiones en activo fijo para cubrir contingencias.

A continuación se presenta la tabla resumen de la inversión en activos fijos diferidos.

Tabla 13.23 Gastos de la organización

Activos diferidos	Descripción	Precio
Gastos de estudios y proyecto	2% equipos e instalaciones auxiliares	47.179 USD
Dirección de Obras Civiles	3% obra civil	10.437, USD
Instalación de equipos, cañerías e instalaciones eléctricas	10% instalación servicios auxiliares	14.663 USD
Gastos de puesta en marcha	1% instalación servicios auxiliares	23.589 USD
Gastos imprevistos	5% activos fijos	135.838 USD
Total		**231.707 USD**

Activos Circulantes

Capital de Trabajo

Las inversiones de capital de trabajo son aquellos recursos que requiere la empresa para poder operar (efectivo, inversiones a corto plazo, cartera e inventarios, mano de obra, materia prima, etc). Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para cubrir las necesidades de la empresa a tiempo. Se determinará el capital de trabajo en base al tiempo estimado de producción, el cual se estima es de 9 meses. En ese lapso, la elaboración de producto garantiza un flujo positivo de activos corrientes. Se consideran los siguientes ítems inversiones de capital de trabajo.

- Materia prima
- Insumos

- Mano de obra directa
- Energía
- Marketing

Se considera que el mes de inicio de la planta es abril 2020, en mayo comienza la producción, luego vienen los meses de junio, julio y agosto donde tendremos la mayor producción por lo que es necesario incorporar mayor cantidad de capital de trabajo por ese periodo de tiempo.Luego la producción disminuye siendo relativamente constante hasta diciembre. Es decir que se considera que hasta el tercer mes no hay un flujo positivo de activos corrientes. Se debe tener en cuenta que en el primer mes no hay producción, solo hay acopio de materiales y puesta a punto de los equipos e instalaciones.

Consideramos en inversión de capital de trabajo los siguientes ítems:

Compra de materia prima

El abastecimiento de materia prima se realizará por medio de la celebración de contratos anuales con los proveedores si bien la materia no tiene costo, si lo tiene el el servicio de logística por lo que se elegirá el que presupuesten el mejor precio. Se considera un costo anual de 172.800 USD de servicio de logística, y un costo mensual de 19.200 USD. Por lo tanto en los primeros 4 meses el costo será de 76.800 USD.

Compra de Insumos

En este rubro se consideran los elementos necesarios para concretar la producción de bioetanol. Los costos totales de fabricación para el monto el año 2018 por compra de insumos son de 558.589 USD,y el costo mensual es de 162.065 USD y por lo tanto en los primeros 4 meses el costo será de 248.262 USD

Costo Mano de Obra Directa

En esta sección se incluye la mano de obra directa necesaria para el funcionamiento normal de la planta. La mano de obra directa es aquella que interviene personalmente en el proceso productivo, se refiere específicamente a los operarios. Los salarios propuestos para el personal contratado se basan en el Convenio Colectivo de Trabajo
Nº 141 / 90 para empleados de la industria química. El costo de mano de obra anual es de 162.095,9 USD por lo tanto el costo de mano de obra directa mensual es de 13.507,9 USD. Por lo tanto en los primeros 4 meses el costo será de 54.032 USD.

Electricidad

El costo de electricidad está dado por la tarifa a grandes demandas con vinculación en baja tensión cuyo consumo es mayor a 50 KWh y el suministro contratado en horas de ponta por lo tanto el costo anual por electricidad es de 55.183 USD. Por lo tanto el costo mensual es de 6.131 USD. Por lo tanto en los primeros 4 meses el costo será de 24.526 USD.

Gas natural

El costo de gas natural está determinado por la tarifa de gas para Entre Ríos con un consumo de más de 9000 m3 por mes. El costo anual es de 198.108 USD y el costo mensual es de 22.012 USD por lo tanto en los primeros 4 meses el costo será de 898.048 USD.

En la siguiente tabla se resumen las inversiones en capital de trabajo necesarias:

Tabla 13.24 resumen de las inversiones

Descripción	Precio
Materia prima (Logística)	172.800 USD
Insumos	558.589 USD
Mano de obra directa	162.096 USD
Electricidad	55.183 USD
Gas natural	198.108 USD
Total	1.146.776 USD

Esta es la inversión anual en los activos circulantes, y para comenzar la producción se calcula la inversión necesaria en los primero 4 meses donde consideramos que no hay flujo de ingreso positivo, por lo tanto será necesario disponer de 491.668 USD.

Presupuesto de inversión inicial del proyecto

El presupuesto de inversión es la sumatoria de todos los activos fijos, activos diferidos y la inversión de capital de trabajo necesario para poner en marcha la planta.

Tabla 13.25 Resumen del presupuesto de inversión inicial

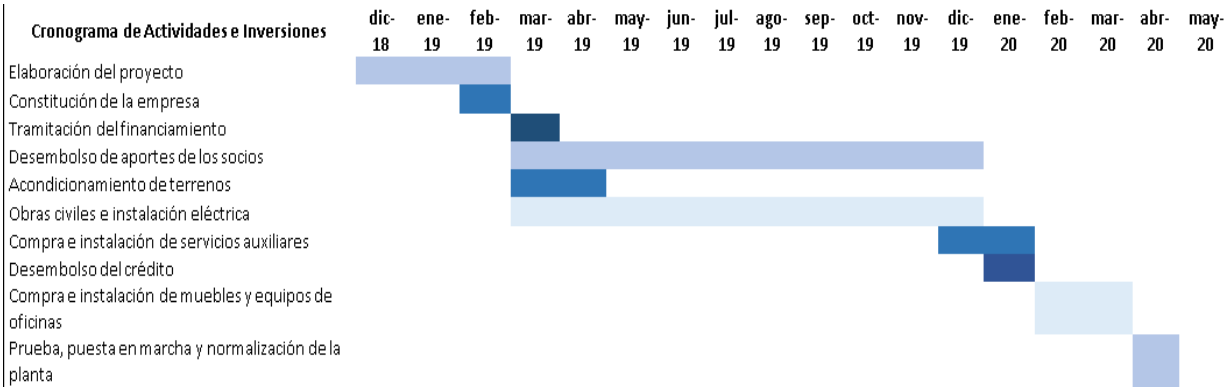
Descripción	Subtotal
Activos fijos	2.721.545 USD
Activos diferidos	231.707 USD
Activos circulantes	491.668 USD
Costo de inversión total	3.498.495 USD

Cronograma de actividades

Se ha establecido un cronograma estimativo de las actividades a desarrollar a lo largo del proyecto y el desembolso de las inversiones necesarias a fin de optimizar los recursos.

A continuación, se presenta un esquema del calendario para la realización del proyecto.

Tabla 13.26 Cronograma de Actividades e inversiones.



Según el cronograma presentado, en 18 meses la planta estaría funcionando normalmente para la capacidad estimada. A continuación se presenta tabla resumen de los montos que componen la inversión inicial.

Tabla 13.27 Composición de la inversión

Capital aportado por los socios	1.998.495 USD
Crédito del BNA	1.500.000 USD
Inversión total	3.498.4951 USD

El capital para la inversión inicial estará compuesto por una parte que aportarán los socios de la empresa 1.998.495 USD (el 57 % de la inversión total) con un WACC ponderado de 12,16 %, un crédito gestionado a través del Banco Nación Argentina (el 43% del total de la inversión 1.500.000 USD) financiado a 10 años con costo financiero total del 8,37%.

Con el capital aportado por los socios se cubrirán los siguientes costos:

- Máquinas y equipos
- Activos circulantes
- Gastos de estudio y proyecto
- Dirección de obras civiles
- Obras civiles

El crédito del Banco Nación se utilizará para cubrir los siguientes gastos:

- Instalaciones auxiliares
- Máquinas y equipos
- Muebles y útiles

- Gastos imprevistos
- Instalación de equipos, cañerías e instalaciones eléctricas
- Gastos de puesta en marcha.

Determinación del Costo del producto

Para la determinación del costo unitario del producto se han definido los costos según su relación con el nivel de producción, en fijos y variables. A partir de la suma de estos costos unitarios se obtuvo el costo unitario del producto.

Tabla 13.28 Costo del producto.

Tipo	Costo	Monto
CF	Gastos de fabricación	USD 747.126
CF	Gastos administrativos	USD 151.546
CF	Gastos gestión comercial	USD 55.692
CV	Gastos directos	USD 984.264
CV	Gastos financieros	USD 201.000
	Suma CF (F)	USD 948.364
	Suma CV	USD 1.185.263
	CF unitario	USD 0,20
	CV unitario (V)	USD 0,25
	Costo unitario (CF+CV)	**USD 0,45**

En los siguientes gráficos se presenta la incidencia de los costos según el nivel de producción y la incidencia de los conceptos sobre el costo del producto.

Figura 13.1 Incidencia de los costos de producción sobre el costo unitario del producto.

Figura 13.2 Incidencia de los costos de operación sobre el costo unitario del producto.

Evaluación del proyecto

A continuación se presenta el análisis de factibilidad económica, que consiste en el estudio de los parámetros financieros que permiten determinar las condiciones de rentabilidad para la ejecución del proyecto en base a los costos definidos anteriormente.

Precio de Venta e ingresos por venta

En el presente proyecto, los ingresos están representados por el dinero recibido por concepto de las ventas del producto producido a lo largo de un ciclo productivo. En base al tipo de producto y su valor en el mercado establecido a nivel gubernamental, se fija el precio del bioetanol en 0,457 dólares estadounidenses (USD), el cual se corresponde con un valor medio de $18,318 pesos argentinos (al 26 de noviembre de 2018).

Tabla 13.29 Ingresos por venta anual.

Año	Producción anual	Precio Unitario	Ventas anuales
Año 1	4.738.939 (L)	USD 0,457	USD 2.165.695
	1.796.870 (kg)	USD 0.375	USD 673.826
Total anual			USD 2.839.521

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, variables y las utilidades. El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

A partir del conocimiento del punto de equilibrio es posible calcular el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas, sin que esto signifique que aunque haya ganancias éstas sean suficientes para hacer rentable el proyecto.

Para el cálculo del punto de equilibrio fue necesario:

- Determinar los costos fijos (CF) y variables (CV) de la producción de bioetanol.
- Calcular el costo unitario del producto (Cu):

$$Cu = \frac{CF + CV}{Número\ de\ unidades\ producidas}$$

Donde :

Cu: costo unitario del producto

CF: costo fijo

CV: costo variable

- Calcular el punto de equilibrio de la siguiente ecuación:

$$PE = \frac{CF}{Pv - CVU}$$

Donde:

PE: punto de equilibrio

Pv: precio de venta en el mercado

CVU: Costo variable unitario

Cálculos

Para los cálculos se tuvieron en cuenta los todos los costos de operación en el periodo de producción de 9 meses.

$$PE = \left(\frac{CF}{(Pv - CVU)}\right) * \frac{L}{\text{año}}$$

$$PE = \frac{0.20USD}{0.599USD - 0.25USD} * 4738939{,}2\,\frac{L}{\text{año}}$$

$$PE = 0.573\ USD * 4738939{,}2\,\frac{L}{\text{año}}$$

$$PE = 2.718.245\,\frac{L}{\text{año}}$$

Figura 13.3 Determinación del punto de equilibrio.

Cálculo y análisis de rentabilidad

Para realizar el estudio de la rentabilidad se evalúa el cual sería el escenario más probable que podría enfrentar el proyecto.

La evaluación de este proyecto se basará en comparar, mediante diversos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión.

Los métodos que se emplearán serán el cálculo de: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión.

Valor Actual Neto (VAN)

Es el método más aceptado por los evaluadores de proyectos y mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada (o exigida) y después de recuperar toda la inversión. Es el equivalente en valores actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto. Se emplea para tomar decisiones sobre la rentabilidad del proyecto, ya que el resultado se compara con el beneficio que el dinero invertido en este proyecto hubiera podido generar si hubiese sido invertido en otro uso. Para conocerlo, se calculó el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación, y se le restó la inversión total expresada en el Año 0. Se empleó el WACC de un 12,16% anual con el fin de comparar el proyecto con este tipo de inversión.

El valor actual neto obtenido fue de 7.267.026 USD, es decir que el proyecto es financieramente factible y este resultado expresa cuánto se gana después de recuperar toda la inversión, por sobre la tasa de retorno exigida.

El VAN (valor actual neto) es:

$$VAN = \Sigma F(1+k)ntn = 1 - IO$$

Siendo:

k= tasa de interés de comparación (12,16%)

F= Flujo de fondos

n= periodos contemplados

IO= Inversión o presupuesto inicial

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad como porcentaje. Es un segundo criterio de evaluación, pero tiene cada vez menos aceptación que entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN, y no sirve para comparar proyectos, ya que una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la inversión realizada.

De todos modos, se la determinó y se obtuvo un valor de la TIR del 14%. Analizando este valor, se llega a la conclusión de que si bien la rentabilidad es baja al final del proyecto se recuperó íntegramente el capital invertido.

Análisis de Sensibilidad

La formulación y evaluación de proyectos presume la existencia de varios supuestos como la variación de los precios o costos, entre otros, es por esto que el evaluador debe contemplar diferentes escenarios y verificar qué valores son cruciales para el proyecto. Los análisis de sensibilidad son empleados con este propósito. Se realizaron dos posibles escenarios variando la TIR uno optimista y otro pesimista, en base a los costos variables y los precios de venta que son los que presentan mayor incidencia en el proyecto. Los resultados obtenidos se expresan en las siguientes tablas:

Variable: Costos variables

Tabla 13.30 Análisis de sensibilidad con costos variable para ambos escenarios.

Costos variables					
Escenario Pesimista			**Escenario Optimista**		
Variación	VAN	TIR	Variación	VAN	TIR
10%	6.869.844	13%	-10%	7.571.256	18%
15%	6.694.825	12%	-15%	7.746.609	19%
30%	6.712.977	12%	-30%	8.272.669	22%

Variable: Precio venta

Tabla 13.31 Análisis de sensibilidad con precio de venta para ambos escenarios.

Precio venta bioetanol					
Escenario Pesimista			**Escenario Optimista**		
Variación	VAN	TIR	Variación	VAN	TIR
-10%	6366612	10%	10%	8074488	21%
-15%	5939643	7%	15%	8501457	24%
-30%	4658736	-4%	30%	9782364	32%

Variable: Aumento de la producción

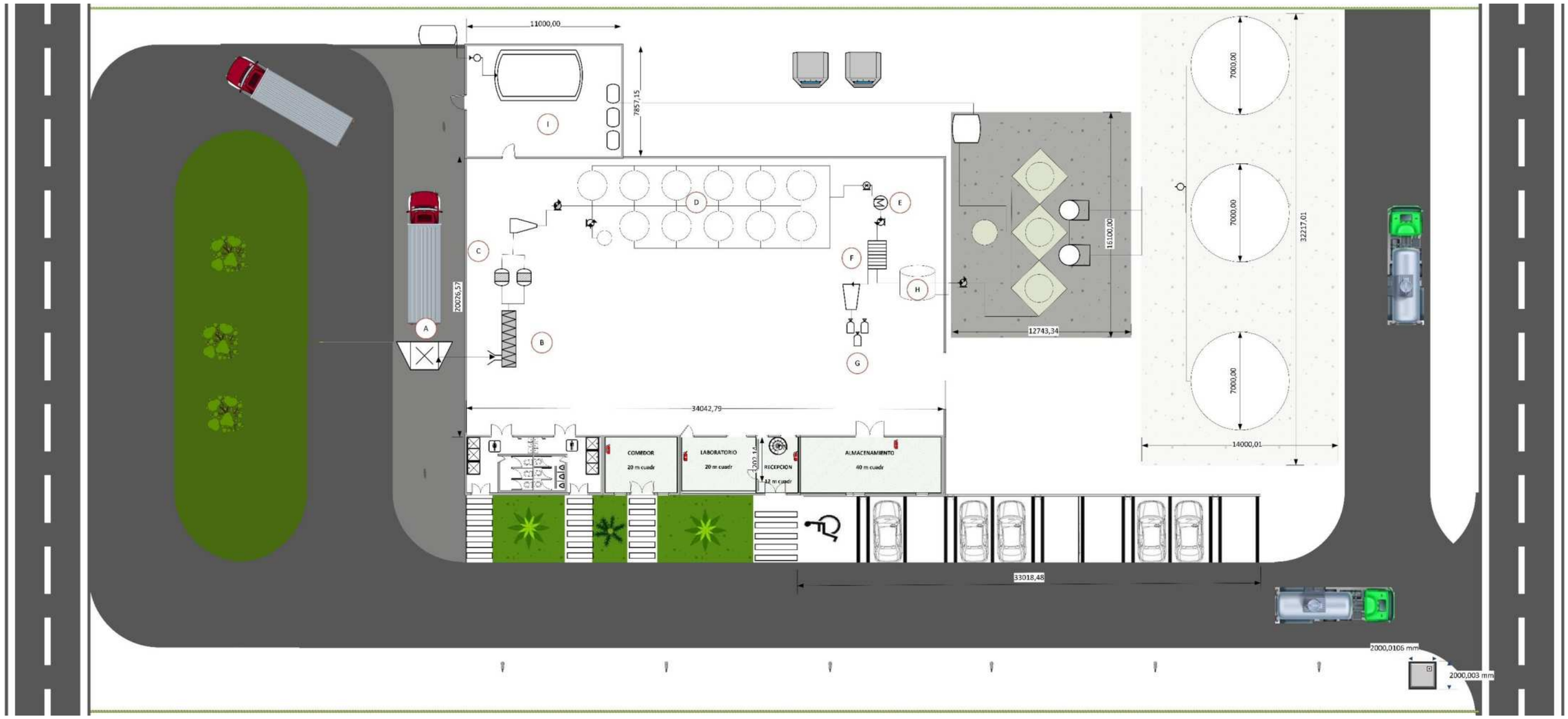
Para lograr el aumento de esta producción se podría utilizar el resto de los cítricos de esta región como residuos de cáscara de mandarina y pomelo, en donde la mayor producción está en los meses de marzo a mayo. Luego para el resto del año se podría evaluar la utilización de otro residuo lignocelulósico como la cascarilla de arroz que en nuestra región también hay gran abundancia.

También se evaluó en en este proyecto la variación del TIR y del VAN cuando aumenta la producción, ya que la planta trabaja al 50% de su capacidad durante todo el año. Por lo tanto se pudo observar que incrementando la producción actual en un 100% la planta trabajaría a su capacidad máxima, dando un del VAN resulta ser de 13.630.571 USD y el TIR del 51%.

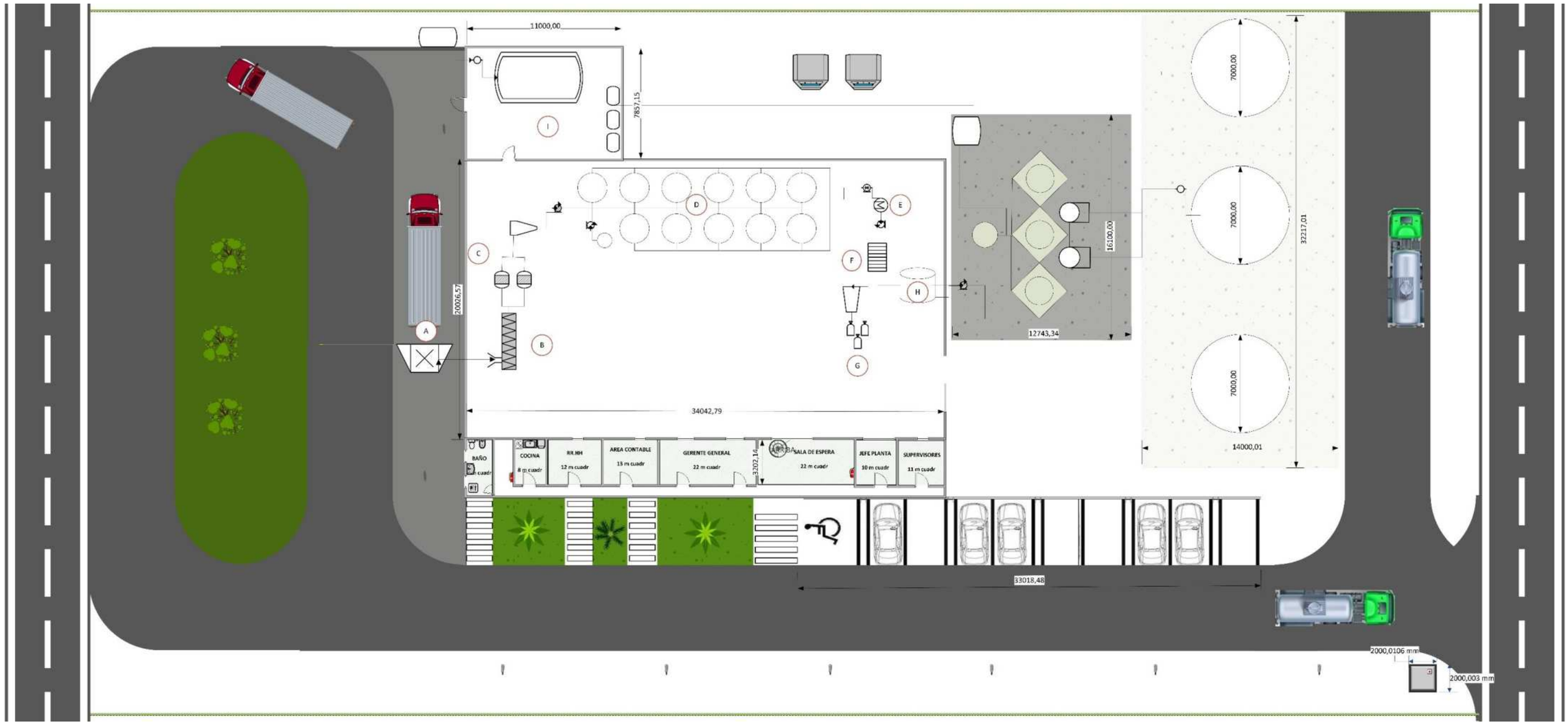
Tabla 13.32 Análisis de sensibilidad de la capacidad de producción

Capacidad de producción			
Variación	Producción (L)	VAN	TIR
-25%	3.554.204	5.676.139	3%
0%	**4.738.939**	**7.267.026**	**14%**
25%	5.923.674	8.857.912	23%
50%	7.108.409	10.448.798	33%
75%	8.293.144	12.039.684	42%
100%	9.477.878	13.630.571	51%

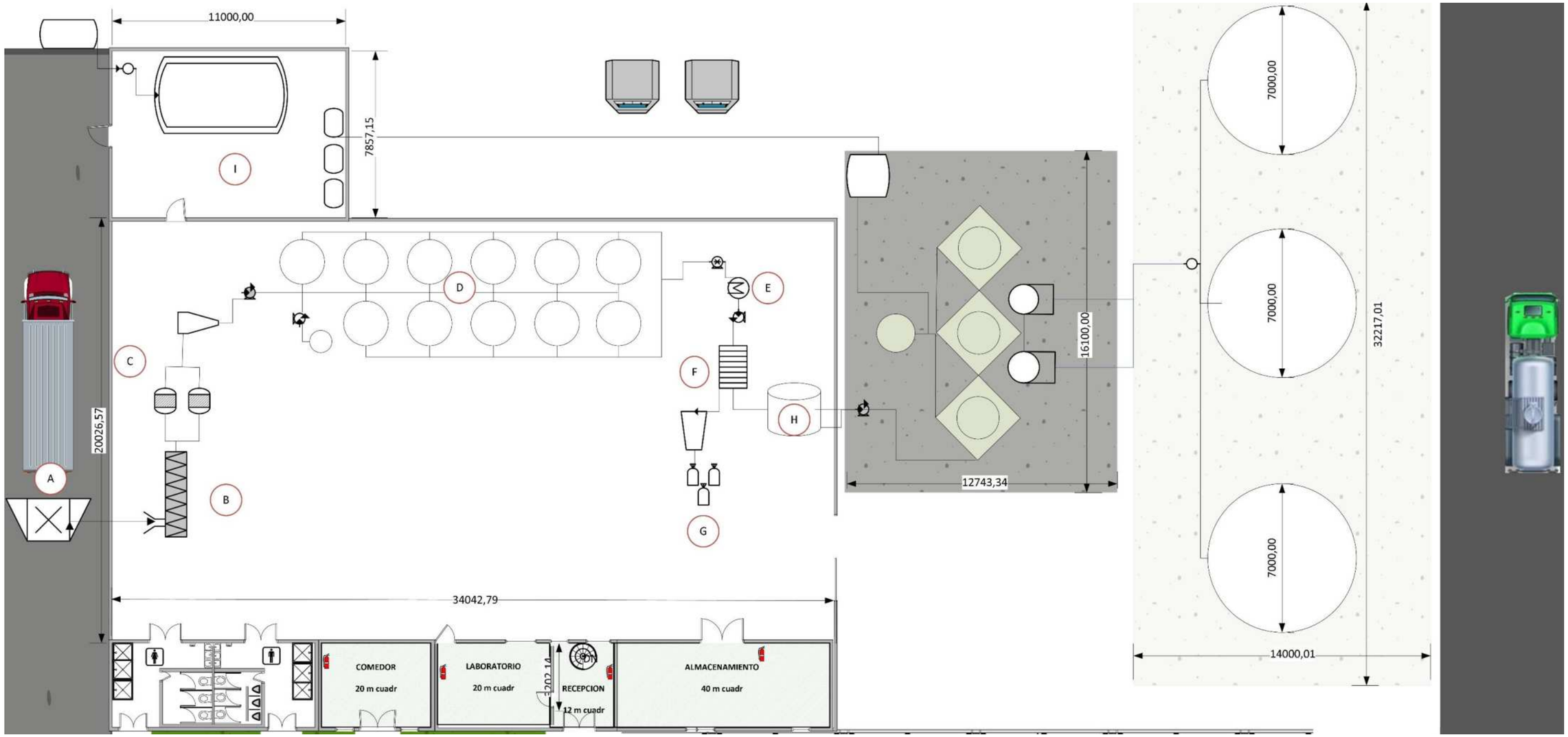
Por lo que se puede observar que la rentabilidad del proyecto aumenta considerablemente con el aumento de la producción, siendo así una inversión más interesante.



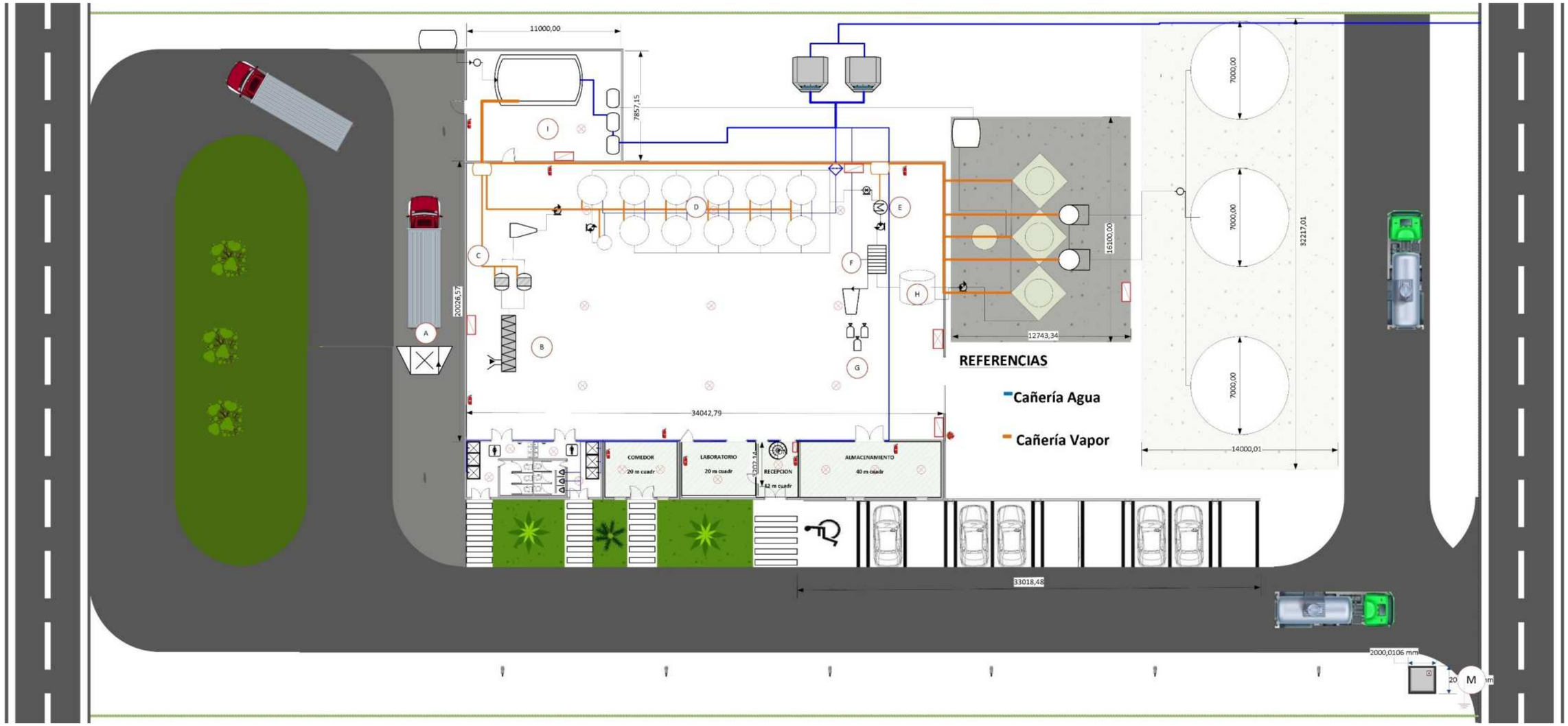
UNER **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RIOS**	**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ALIMENTACION** **CATEDRA FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS**	
	Alumnos: Albornoz Daniela Rodriguez Mattiassi Alejandro	**Docentes:** Ing. Carlos Chiarella Ing. Eduardo Erbetta Lic. Pedro Kohn
TITULO DEL PROYECTO: Agregado de valor a los residuos la industria cítrica para la obtención de bioetanol		
Plano N.º 1 Fecha: 23/11/2018	**Título del Plano: Plano planta Baja**	**Escala: 0.5 cm** **Aprobado:**



UNER **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RIOS**	**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ALIMENTACION**	
	CATEDRA FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS	
	Alumnos: Albornoz Daniela Rodriguez Mattiassi Alejandro	**Docentes:** Ing. Carlos Chiarella Ing. Eduardo Erbetta Lic. Pedro Kohn
TITULO DEL PROYECTO: Agregado de valor a los residuos la industria cítrica para la obtención de bioetanol		
Plano N.º 2	**Título del Plano: Plano planta alta**	**Escala: 0.5 cm :1000mm**
Fecha: 23/11/2018		Aprobado:



UNER **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RIOS**	**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ALIMENTACION** **CATEDRA FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS**	
	Alumnos: Albornoz Daniela Rodriguez Mattiassi Alejandro	**Docentes:** Ing. Carlos Chiarella Ing. Eduardo Erbetta Lic. Pedro Kohn
TITULO DEL PROYECTO: Agregado de valor a los residuos la industria cítrica para la obtención de bioetanol		
Plano N.º3	**Título del Plano: Plano área de proceso**	**Escala: 0.5 cm :1000mm**
Fecha: 23/11/2018		**Aprobado:**



UNER **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RIOS**	**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ALIMENTACION** **CATEDRA FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS**	
	Alumnos: Albornoz Daniela Rodriguez Mattiassi Alejandro	**Docentes:** Ing. Carlos Chiarella Ing. Eduardo Erbetta Lic. Pedro Kohn
TITULO DEL PROYECTO: Agregado de valor a los residuos la industria cítrica para la obtención de bioetanol		
Plano N.º 4	**Título del Plano: Plano servicios auxiliares y electricidad**	**Escala: 0.5 cm :1000mm**
Fecha: 23/11/2018		**Aprobado:**

Bibliografía

Trabajos de investigación y libros

- MARÍA BOLUDA AGUILAR, 2013, "Producción de bioetanol mediante fermentación de subproductos cítricos pretratados con steam explosión" Universidad Politécnica de Cartagena.

- NELSON FRANSISCO GARCIA VILLA, 2008, "Diseño de Tanque para Almacenamiento de Etanol Anhidro, Capacidad 5000 barriles, con Membrana Flotante y Domo Geodésico", Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

- CISTEMA – ARP SURA,2011, "Almacenamiento Seguro de Alcohol" Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente.

- Sánchez Riano, A.M.; Gutiérrez Morales, A. I.; Munoz Hernández, J. A. y Rivera Barrero, C. A., 2009, "Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos"

- Lucas Martínez Paz, 2011"Planta Productora de BioEtanol" Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

- María del Carmen Aguilar Laorden, "EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SEPARACIÓN MEDIANTE DESTILACIÓN DE SOLUCIONES ACUOSAS DILUIDAS EN ETANOL" Departamento de Ingeniería Química y Medioambiental Escuela Técnica Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla.

- 2015, "Proyecto ClaMber (Castilla-La Mancha Bio-Economy Región)**"**, Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal, España
- Municipalidad de concordia y EMAPI ,2004, "Régimen Provincial de Promoción y Desarrollo Industrial de Entre Ríos LEY N.º 10204 Decreto Reglamentario N.º 3.044/13 MP" Concordia, Entre Ríos.

- Matías Ciani, "Informativo mensual de biocombustibles y productos relacionados con su elaboración" Dirección de Agroenergía.

- Ley 26.093, Año 2006, "Régimen de Regulación y Promoción para la producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles. Sujetos beneficiarios del Régimen Promocional. Infracciones. Sanciones." El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina.

- CIR: Círculo de Ingenieros de Riesgos,2014, "Diseño y Pautas de Instalación de SISTEMAS DE HIDRANTES y BOCAS de INCENDIO" Buenos Aires – Argentina.

- FEDERACIÓN ARGENTINA DE TRABAJADORES DE INDUSTRIAS QUÍMICAS Y PETROQUÍMICAS,1989, "CONVENCIÓN COLECTIVA DE TRABAJO N.º 141 / 90" CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES.

- Línea de Financiamiento BICE, 2018, Banco Nación y Ministerio de producción.

- https://glp.se.gob.ar/biocombustible/reporte_precios_bioetanol.php
- Alejandro Julio Abril,2012, "Etanol a partir de Biomasa Lignocelulósica" Universidad de valencia.

- METCALF & EDDY, "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización" Madrid, España. McGraw-Hill

- JOHN ARUNDEL, "TRATAMIENTOS DE AGUAS NEGRAS Y EFLUENTES INDUSTRIALS" Zaragoza, España. ACRIBIA S.A
- Arquimaster Web. Precios y costos de la construcción en la República Argentina. URL: http://www.arquimaster.com.ar/recursos5.htm. Fecha de consulta: Octubre de 2018.

- Iván Darío Pabón Arroyave, León Darío Ospina Vélez. Año:2009. "Revisión del estado del arte de la tecnología de explosión a vapor y planteamiento de una estrategia de experimentación al interior del grupo de bioprocesos y flujos reactivos de la Universidad Nacional." Facultad de Minas de Medellín. (Colombia)

- M.J. Negro, J.M. Martines, J. Mareno, F.Saez. Año: 1990. "Efecto del pretratamiento con explosion por vapor en la hidrolisis enzimatica de madera de eucalipto y bagazo de sorgo". Centro de investigaciones energetica, medioambientales y tecnologicas. Madrid, España.

- Guzmán Ferreira, Bienchis Smaylin. Año: 2015. "DISEÑO MECÁNICO DE PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS". Valladolid, España.

Artículos y páginas web

- Producción de Bioetanol a partir de la cáscara de naranja:
https://prezi.com/r_byb2ppmpcp/produccion-de-bioetanol-a-partir-de-la-cascara-de-naranja/

- Optimizan pretratamiento de cáscara de naranja para extraer etanol:
http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/optimizan-pretratamiento-de-cascara-de-naranja-para-extraer-etanol.html

- Precios Bioetanol
https://glp.se.gob.ar/biocombustible/reporte_precios_bioetanol.php
http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/235362/texact.htm

- PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DE JARABES GLUCOSADOS DERIVADOS DE CÁSCARAS DE NARANJA Y PIÑA:

http://www.acofi.edu.co/revista/Revista10/2009_I_51.pdf

- PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA CASACARA DE NARANJA:

https://prezi.com/lpkud9tevvi_/produccion-de-bioetanol-a-partir-de-la-casacara-de-naranja/

- Historia Bioetanol

http://bioetanol2010.blogspot.com.ar/2010/11/historia.html

- Ley de residuos industriales

http://www0.unsl.edu.ar/~atissera/Leyes%20Nacionales/Ley%20PPMM%2025612%20Residuos%20Industriales.pdf

- Ley Biocombustibles

http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/116299/norma.htm

- Calendario producción naranja

http://www.mfruitsrl.com.ar/naranjas.php

- Parque Industrial

http://www.entreriostotal.com.ar/industria/parques/parque-industrial-concordia.htm

http://www.entreriostotal.com.ar/industria/parques/parque-industrial-chajari.htm

https://www.google.com.ar/maps/place/RN14/@-30.8010093,-58.0404252,654m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94551e16e3d96ee7:0x75e959a84bd1a3a2!8m2!3d-30.804267!4d-58.0371039

https://www.google.com.ar/maps/@-31.4168888,-58.0922002,1299m/data=!3m1!1e3