

**PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA DE  
PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A BASE DE MAÍZ**

**Jayo, Álvaro - LU133996**

**Soza Hauviller, Adrián - LU134052**

Ingeniería Industrial

Tutor:

**Ferrari Costa, Alejandro, UADE**

**Agosto 12, 2016**



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

## **RESUMEN**

A los 12 días del mes de Agosto del año 2016, se finaliza el presente proyecto el cual introduce los conceptos básicos necesarios para la instalación de una planta de elaboración de combustible bioetanol a partir de maíz en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

El estudio incursiona por diferentes aspectos técnicos relevantes a los ingenieros industriales como comparación de diferentes materias primas, localización y dimensionamiento de la planta industrial, organización y programación de la producción, selección de procesos y maquinaria, como también a los aspectos más relacionados con el perfil gerencial como son el estudio de mercado, la elección de mano de obra y los análisis económico-financieros con sus respectivos indicadores.

Se espera que este trabajo pueda ser de utilidad tanto a inversionistas que quieran generar ingresos a partir de éste negocio como también a estudiantes interesados en la actividad.

## **ABSTRACT**

By August 12th of 2016, the current project is finished which introduces the basic but necessary concepts for the installation of a processing corn-based bioethanol plant in the province of Buenos Aires, Argentina.

The study ventures into different technical aspects relevant to industrial engineers such as comparing different raw materials, the location and design of the industrial plant, the organization and production planning, as well as the aspects related to the management profile such as market research, the election of workforce and economic-financial analysis with their respective indicators.

It is expected that this work can be useful both to investors who want to generate revenue from this business as well as students interested in the activity.

## Contenido

1. Presentación del estudio .....	6
1.1 Introducción .....	6
1.2 Objetivos .....	7
1.3 Alcance .....	7
1.4 Estructura del estudio .....	8
1.5 Descripción del proyecto.....	9
2. Estudio de mercado.....	10
2.1 Contexto internacional.....	11
2.2 Contexto Nacional .....	13
2.3 Producto .....	15
2.3.1 Biocombustibles .....	15
2.3.2 Bioetanol .....	16
2.3.3 Subproducto: Burlanda WDGS-DDGS.....	23
2.5 Precios .....	26
2.6 Demanda .....	29
2.6.1 Demanda bioetanol.....	30
2.6.2 Demanda burlanda.....	31
2.7 Plan Estratégico .....	36
2.7.1 Análisis PORTER.....	36
2.7.2 Análisis FODA.....	38
2.8 Conclusión de estudio de mercado .....	41
3. Estudio Legal.....	42
4. Estudio Técnico.....	47
4.1 Selección de materia prima.....	47
4.2 Estudio de localización .....	47
4.2.1 Disponibilidad y ubicación del maíz .....	48
4.2.2 Ubicación de clientes.....	53
4.2.3 Disponibilidad de servicios .....	60

4.2.4 Mano de obra capacitada.....	61
4.2.5 Accesibilidad.....	62
4.2.6 Conclusión Localización.....	64
4.3 Capacidad de la planta .....	66
4.4 Proceso productivo .....	70
4.4.1 Comparativa de procesos: molienda húmeda vs seca .....	71
4.4.2 Proceso de Obtención .....	73
4.4.3 Programación de la producción .....	89
4.4.4 Balance de masas .....	93
4.4.5 Requerimiento de agua para el proceso .....	93
4.5 Requerimiento de maquinaria .....	95
4.6 Requerimiento de personal.....	118
4.7 Requerimiento eléctrico.....	120
4.8 Requerimiento de vapor .....	120
4.9 Requerimiento de gas .....	121
4.10 Cogeneración con turbina de gas.....	123
4.11 Layout de planta.....	125
4.12 Sistema contra incendios .....	130
4.13 Logística y comercialización .....	131
5. Estudio Económico .....	134
5.1 Costo de materia prima.....	135
5.2 Costo Mano de Obra .....	137
5.3 Obra civil.....	139
5.4 Equipos y maquinaria .....	140
5.5 Precios de venta .....	141
5.6 Financiación.....	142
5.7 Flujo de fondos.....	143
5.7.1 Enfoque del proyecto .....	145
5.7.2 Enfoque del inversionista .....	146

5.7.3 Indicadores financieros - Resumen .....	148
5.8 Análisis de sensibilidad.....	149
5.8.1 Escenarios.....	150
6. Conclusión .....	158
Anexo 1. Cálculo para bomba centrífuga .....	159
Anexo 2. Cálculo energía de refrigeración .....	162
Anexo 3. Cálculo consumo turbina.....	163
Bibliografía .....	165

# 1. Presentación del estudio

## 1.1 Introducción

En los últimos años la energía se ha convertido en uno de los principales temas a abordar puesto que es el recurso indispensable para todo tipo de actividad y a las diversas políticas adoptadas por los diferentes países.

Los hidrocarburos han sido la fuente principal de energía utilizada en los dos últimos siglos. Éstos son procedentes del proceso de sometimiento de restos fósiles a altas presiones y temperaturas durante millones de años. Por éste motivo se los considera como una fuente de energía no renovable. Además, las reservas existentes están agotándose.

El parque automotor que utiliza este tipo de energías a nivel mundial cuenta hoy con más de 1000 millones de vehículos circulando, reduciendo la perspectiva de agotamiento de este recurso progresivamente.

Esto, sumado a otro de los grandes problemas que acarrea la utilización de hidrocarburos como combustible en los motores de combustión interna, tales como la emisión de gases de efecto invernadero y el consecuente calentamiento global, ha hecho que los países se enfoquen en la búsqueda de distintas alternativas de obtención y utilización de energías de tipo renovables.

Dentro de las mismas, cumpliendo con las necesidades que presenta el mercado de los motores de combustión interna y encontrando un pasaje gradual para reducir la utilización de los combustibles de restos fósiles, se encuentran los biocombustibles.

La Argentina, en este aspecto, se encuentra con una ventaja competitiva geográfica y climática importante, haciendo valer uno de sus pilares más importantes como país productor de cereales.

## 1.2 Objetivos

- Realizar relevamientos de datos del mercado de bioetanol y burlanda.
- Verificar disponibilidad y localización de la materia prima en épocas de baja comercialización a fin de asegurar una provisión continua del mismo.
- Analizar mediante centro de masas y ponderación de factores los distintos partidos de mayor conveniencia para la localización.
- Evaluar la distancia óptima de actuación desde nuestra localización a fin de conocer insumo limitante que defina la capacidad productiva y que a su vez, dicha distancia signifique ser la prioridad de proveedores y clientes por reducción de costos en materia de flete.
- Investigar sobre datos de los procesos productivos actuales y selección del conveniente.
- Definir maquinaria requerida, disposición de la misma y desarrollo del layout.
- Especificar cantidad y calidad necesaria de mano de obra en cada una de sus jerarquías.
- Definir los requerimientos de insumos a fin de cumplir con la producción.
- Determinar los costos de materia prima e insumos, maquinaria, equipo y obra civil necesaria. Proyección de precios de bioetanol, maíz y DDGS a fin de realizar el análisis económico-financiero.
- Realización y análisis de diferentes escenarios posibles y análisis de sensibilidad económico.

## 1.3 Alcance

El alcance del proyecto comprende:

- ❖ El estudio de la tecnología de la obtención de bioetanol a partir del procesamiento del grano de maíz, mediante una revisión bibliográfica de la temática, el estado actual del desarrollo de dicha tecnología a nivel mundial y de la Argentina en particular.

- ❖ Revisión bibliográfica del proceso productivo.
- ❖ Interacción con empresas productoras de las materias prima e insumos requeridos.
- ❖ Recopilar información sobre posibles lugares de localización.
- ❖ El correspondiente estudio y selección de localización para el desarrollo industrial, considerando la provisión de materia prima, los servicios generales del proyecto necesarios y la identificación de algún insumo limitante que restrinja la factibilidad de realización del proyecto.
- ❖ Realización del Layout de la planta industrial.
- ❖ Análisis y recolección de los costos de los materiales de construcción, infraestructura, las máquinas, equipos y herramientas necesarias para la elaboración del producto e instalaciones accesorias.
- ❖ Con dicha información y considerando la capacidad de producción se procede al cálculo del capital de trabajo inicial necesario para concluir en la inversión necesaria para la instalación y producción de la planta de bioetanol.
- ❖ Cálculo de los costos de producción para analizarlos conjuntamente a los correspondientes precios de ventas, tanto del bioetanol como el de su producto secundario en el mercado para desarrollar el análisis económico financiero que arroje la viabilidad o no del proyecto.

## **1.4 Estructura del estudio**

El presente trabajo está basado en los procedimientos y técnicas de evaluación y gestión de proyectos para llevar adelante el correspondiente estudio.



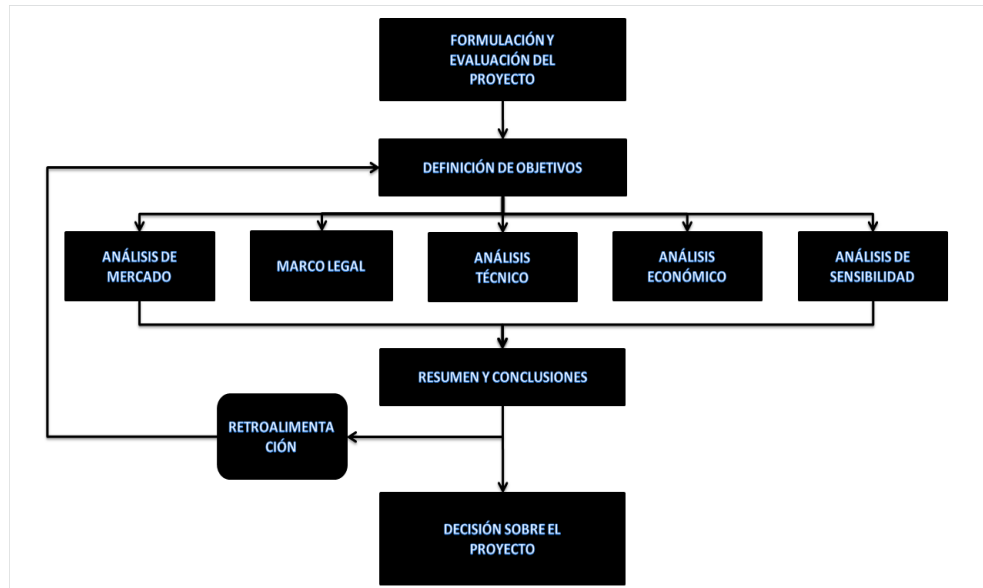


Fig. 1 Estructura del estudio utilizada

## 1.5 Descripción del proyecto

Para el desarrollo del estudio propuesto se realiza la búsqueda de información en publicaciones científicas, congresos, reuniones y jornadas que se realizan regularmente sobre la temática; también se establecen contactos con empresas nacionales y/o extranjeras que están realizando esta actividad. Toda la información recopilada permite esbozar una primera aproximación sobre la factibilidad de llevar adelante el trabajo propuesto. La recopilación de datos de la zona donde finalmente se define el emplazamiento de la planta otorga información sobre suministro de materia prima, los diferentes servicios a utilizar, emplazamiento de las instalaciones, accesos y toda otra información relevante que hace a la problemática planteada.

Consecuentemente, se procede al dimensionamiento y diagrama de la planta industrial y sus instalaciones accesorias, donde se arriba a la factibilidad técnica.

A su vez, esto permite analizar los diferentes costos de su implementación, analizando y evaluando los diferentes costos de construcción, maquinaria, equipos y herramientas tanto en el mercado local como internacional, dado que por su especificidad algunos no se encuentran en el

país. Esta información sumada al capital de trabajo según el suministro de materia prima e insumos, permite definir la inversión inicial del proyecto.

A continuación, se realiza el costeo de llevar a cabo dicha actividad, donde se debe conocer tanto el costo del insumo grano de maíz en el mercado local y/o puesto en planta como el de los restantes costos de producción; que adicionado el valor del producto permite determinar el margen bruto de la producción.

Dado lo antes dicho, finalmente se procede a realizar un análisis económico-financiero que permita definir su factibilidad económica.

## **2. Estudio de mercado**

Tal como se menciona en la introducción, tanto el parque automotor mundial como el de Argentina, continúan avanzando.

El interés global por la utilización de tecnologías y productos ecológicos ha llevado a las automotrices a invertir fuertemente en este aspecto.

Como consecuencia del mismo, varias empresas como la multinacional Renault, en busca de mantenerse competitivas y adaptarse a los mercados, ya ofrecen versiones ecológicas como el modelo ZOE 100% eléctrico, o Peugeot con su iOn. Ambos, utilizando como fuente de propulsión, la energía eléctrica.

Si bien dicho mercado comienza a expandirse, todavía queda un largo trecho por abandonar los automóviles y motores por propulsión de combustibles fósiles y combustión interna.

De la urgencia por continuar con su utilización, pero al mismo tiempo, reducir la quema de combustibles fósiles durante su ejecución, surge la necesidad de comenzar a utilizar biocombustibles en reemplazo de los antes mencionados.

## 2.1 Contexto internacional

Los principales países del mundo firmantes del protocolo de Kioto sobre el cambio climático, a excepción de EEUU y Canadá, han ratificado su posición respecto a su compromiso por dicho cambio y su compromiso por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es por esto que han surgido numerosas políticas tendientes a reducir la emisión de éstos y a promover la utilización de energías renovables. Es justamente en este sentido que los biocombustibles caben como una posible solución a éstas problemáticas.

Según la compañía BP British Petroleum, una de las siete principales compañías productoras de petróleo y gas, el consumo de energías de tipo renovable a fines del 2014 fue de 316.9 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) siendo los EEUU el principal consumidor de las mismas con 65 MTEP, seguido por China con 53.1 MTEP y dejando a Alemania en tercer lugar con un consumo de 31.7 MTEP. Es importante tener en cuenta que dicho consumo considera energía renovable de distintas formas de obtención tales como la eólica, geotérmica, biomasa y solar.<sup>1</sup>

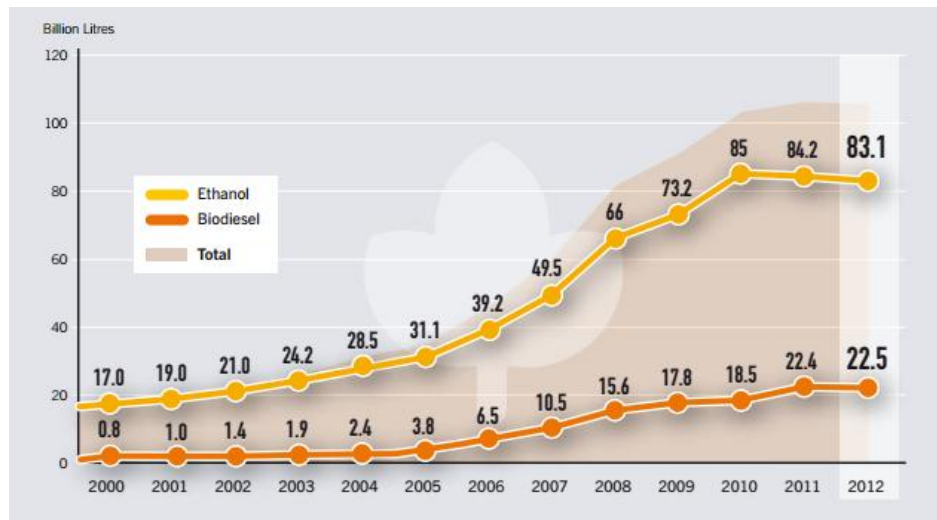


Figura 2. Producción mundial de Biodiesel y Etanol hasta el año 2012.

<sup>1</sup> Datos obtenidos por la compañía BP en su informe *BP Statical Review of World Energy 2015*

Tal como se ha mencionado anteriormente, a la tendencia creciente del consumo de este producto, viene aparejada un aumento progresivo en la producción de los biocombustibles en consecuencia, como se muestra en la Figura 2.<sup>2</sup>

El tipo de combustibles que produce cada uno de los países, depende en gran medida del tipo de ventaja geográfica competitiva que estos posean, es decir, EEUU como mayor productor de bioetanol lo hace a base de maíz, mientras que Brasil, quien lo sigue, lo hace, por las características geográficas y ambientales que posee, a base de caña de azúcar.

Para fines del año 2015, los mayores productores de bioetanol continúan siendo EEUU, seguido por Brasil y dejando en el tercer lugar muy alejada a la Unión Europea, como se puede ver en la Fig.3.

	<b>2015</b>
<b>U.S.A.</b>	<b>54.500</b>
<b>Brasil</b>	<b>27.000</b>
<b>EU</b>	<b>5.100</b>
<b>China</b>	<b>2.800</b>
<b>Canada</b>	<b>1.800</b>
<b>Tailandia</b>	<b>1.200</b>
<b>Argentina</b>	<b>800</b>
<b>India</b>	<b>600</b>
<b>Colombia</b>	<b>450</b>
<b>Australia</b>	<b>220</b>
<b>Paraguay</b>	<b>200</b>
<b>Filipinas</b>	<b>160</b>
<b>Peru</b>	<b>130</b>
<b>Guatemala</b>	<b>15</b>
<b>Pakistan</b>	<b>10</b>
<b>Sudafrica</b>	<b>5</b>
<b>Japon</b>	<b>5</b>
<b>Korea del Sur</b>	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>95.000</b>

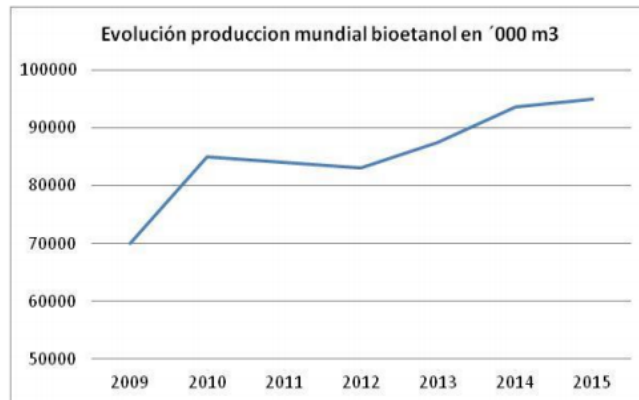


Figura 3. Producción mundial de bioetanol y su evolución (Fuente: CARBIO)

<sup>2</sup> Gráfico extraído de la revista REN21; *Renewables 2013 Global status report*. 2013

## 2.2 Contexto Nacional

En el mercado Argentino, la situación es similar al resto del mundo, “*Los biocombustibles llegaron para quedarse*”, señala Matías Krause gerente de la empresa Vicentín, una de las pioneras en el mercado en una entrevista cedida al portal web [energiaestregica.com](http://energiaestregica.com).

La producción de bioetanol tuvo origen entre fines de 1970 y comienzos de 1980 con el denominado programa Alconafta que comenzó a ejecutarse en la provincia de Tucumán con una mezcla del 12% (comúnmente denominado E12 por, precisamente, tener 12% de etanol). Dicho biocombustible, que era producido por caña de azúcar, fue expandiéndose a diferentes provincias del país, aunque debido al mejoramiento del precio internacional del azúcar sumado a malas campañas de cosecha del cultivo, se fue dejando de lado. De todas formas, en la última década, la idea de utilización de este tipo de alternativas ha reflatado.

Argentina ha adoptado diferentes políticas para confirmar su compromiso con el protocolo de Kioto y con el uso de alternativas energéticas renovables. Debido a esto y añadiendo algunos otros motivos, como la posibilidad de independencia de los mercados de crudo respecto a la matriz energética, las alternativas de progreso que el mercado de biocombustibles ofrece y las ventajas competitivas que el país dispone en cuanto a la cosecha de diversos cultivos, se dispuso de reglas políticas tales como la ley 26.093 de biocombustibles resuelta en el año 2007, la cual obliga al corte de los combustibles con un mínimo de 10% de biocombustibles.

Esta ley ha posibilitado y fomentado las inversiones de proyectos para la producción tanto de biodiesel como de bioetanol en diferentes regiones del país, fomentando, de esta forma, las economías regionales.

El biodiesel en Argentina es principalmente producido con soja debido a las grandes cantidades de este cereal que ofrecen las últimas campañas y al precio internacional que ésta dispone. Así continúa siendo el cereal preferido por el productor.

En la industria del bioetanol, la situación es distinta con dos alternativas bien marcadas en los últimos años: las que basan su obtención a partir de la caña de azúcar, y las que se basan en el procesamiento del maíz.

La producción de bioetanol comienza en Argentina en el año 2009 para el abastecimiento, mezcla y corte interno de las naftas, siendo en aquel entonces solo producidas mediante el procesamiento de azúcar.

Las primeras en industrializar y comercializar dicho producto fueron Alconoa, subsidiaria del grupo Tabacal Agroindustria ubicada en la provincia de Salta, y el ingenio azucarero La Corona S.A de la provincia de Tucumán.

Para el año 2010, la oferta de dicho biocombustible crece significativamente con la apertura de 6 nuevas plantas. Todas continuando el camino marcado por Alconoa y La Corona S.A: utilizando la misma materia prima.

Recién para el 2012, se comienza la producción de etanol anhidro a base de maíz en Río Cuarto, Córdoba por parte de la empresa Bio4, materia prima que al día de hoy, ya supera a la de caña (Ver TABLA I).

Si bien en la actualidad la capacidad instalada se encuentra con capacidad ociosa, entre otras razones debido a la baja del precio del barril de crudo y quita de las retenciones al maíz, encareciendo el commodity y trasladándose al costo, hay razones por las cuales la industria ve el futuro con buenos ojos.

En la actualidad existen políticas y tratativas para aumentar el corte obligatorio progresivamente, en principio, de un 10% a 12%. A su vez, hay proyectos para disponer de un corte mínimo obligatorio exclusivo para maquinaria agrícola y transporte público al igual que sucede en Brasil.

Todo lo antes dicho, sumado a la continua tendencia de reemplazo del combustible fósil por energías renovables, son algunos de los motivos por los cuales la industria se mantiene optimista.

TABLA I. Evolución de la producción de bioetanol en Argentina.

<b>Cuadro N°1: Argentina. Hoja de balance del ETANOL utilizado como combustible y en otros usos de la industria química. Período 2007 a 2016. Fuente: USDA</b>										
<b>Etanol (millones de litros)</b>										
Variable	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 /1	2016 /1
Stock Inicial	0	0	0	20	24	28	48	48	55	55
Producción	0	0	23	122	170	253	475	670	800	900
Importaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo doméstico	0	0	3	118	166	238	475	663	800	900
Stock Final	0	0	20	24	28	48	48	55	55	55
<b>Capacidad de Producción teórica de etanol</b>										
Cantidad de plantas	0	0	3	9	9	11	12	14	14	14
Capacidad total (M litros)	0	0	120	215	355	600	680	880	950	1.000
Uso de la capacidad (%)			19%	57%	48%	42%	70%	76%	84%	90%
<b>Subproductos obtenidos en el proceso industrial del maíz para etanol (miles de toneladas)</b>										
Granos destilados de maíz solubles (DGS)	0	0	0	0	0	18	130	285	320	350
<b>Materia prima utilizada para la producción de etanol (miles de toneladas)</b>										
Granos (maíz)	0	0	0	0	0	58	420	920	1.040	1.125
Melaza/Jugos (caña de azúcar)	0	0	90	470	650	880	1.175	1.175	1.475	1.730
<b>Consumo de etanol y nafta para el parque automotor argentino (millones de litros)</b>										
Etanol como combustible	0	0	3	118	166	238	475	663	800	900
Nafta para parque automotor			5.760	6.240	6.970	7.500	8.200	8.080	8.250	8.500
Tasa de corte			0,1%	1,9%	2,4%	3,2%	5,8%	8,2%	9,7%	10,6%

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Julio 2015

Fuente: USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU).<sup>3</sup>

## 2.3 Producto

### 2.3.1 Biocombustibles<sup>4</sup>

Se denomina biocombustible a todo combustible que proviene de una fuente renovable como la biomasa, la cual es clasificada como renovable, ya que su formación no lleva miles de años como es el caso de los combustibles fósiles, y donde su tasa de formación no es mucho mayor a la de su utilización. Dichos biocombustibles se los puede clasificar según su uso final, proceso de conversión, origen y estado físico.

<sup>3</sup> Datos pertenecientes al 2015 y 2016. Son estimaciones realizadas por el Departamento de Agricultura de EEUU (USDA)

<sup>4</sup> Informe realizado por la Lic. Silvia Ledo, *Los biocombustibles*; ARGENBIO.

TABLA II. Clasificación de biocombustibles

Según el estado físico	Biocombustibles sólidos: leña, residuos forestales.
	Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiesel, aceites vegetales, MTBE y ETBE.
	Biocombustibles gaseosos: biogás y gasógeno.
Según el origen	Agro combustibles: bioetanol y biodiesel de cultivos anuales o plurianuales como caña de azúcar, remolacha, soja y maíz, colza, girasol, palma, respectivamente.
	Dendrocombustibles: leña.
Según el uso final	Biocombustibles para generación de energía térmica (calórica): leña, biogás.
	Biocombustibles para generación de energía eléctrica: cascarilla de arroz, biogás, bagazo de caña, biodiesel para generadores.
	Biocombustibles para transporte: biodiesel y bioetanol.
Según el proceso de conversión	Procesos químicos: biodiesel por transesterificación.
	Procesos térmicos: residuos forestales para combustión directa, gas de pirolisis.
	Procesos bioquímicos: biogás por fermentación anaeróbica, etanol.

Principalmente podemos dividir a los biocombustibles con fines de transporte, según los motores a alimentar:

- **Bioetanol:** combustible utilizado en los motores de ciclo Otto. En Argentina, dicho combustible es conocido popularmente como nafta.

- **Biodiesel:** combustible utilizado en los motores de ciclo Diesel.

En el presente, se pone especial énfasis en la producción del bioetanol.

### 2.3.2 Bioetanol

El bioetanol no es más que simplemente un alcohol obtenido por la fermentación de azúcares a partir de la biomasa, donde los carbohidratos son transformados en azúcares simples y por fermentación son convertidos en etanol.



La materia prima mediante la cual se obtiene dicho combustible varía según el proceso mediante el cual transforma dicha biomasa a etanol, entre los distintos tipos de fermentación se puede clasificar a la materia prima según:

- Sustancia con alto contenido de sacarosa:
  - Azúcar
  - Remolacha
  - Sorgo dulce
  - Melaza

Entre estas, la más utilizada para producir mundialmente es la caña de azúcar, con Brasil como principal productor.

- Sustancia con alto contenido de almidón:
  - Maíz
  - Papa
  - Mandioca

Entre estas, la más utilizada mundialmente es el maíz, con EEUU como el mayor productor global.

- Sustancias con alto contenido de celulosa:
  - Madera
  - Residuos agrícolas.

En los últimos años, en EEUU principalmente, se ha iniciado la producción de bioetanol a partir del popularmente conocido rastrojo, un material lignocelulósico que permite sacar aún mejor provecho a la cosecha de maíz, bajo el denominado “bioetanol de segunda generación”, es decir, un material biológico que contiene azúcares, pero que es clasificado como desecho.

En todos los casos se parte de almidón o sacarosa. Una vez hidrolizados para obtener glucosa, ésta se somete a fermentación de donde se obtiene el etanol. En las primeras etapas de la fermentación, cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ácido pirúvico. A partir

de dicho ácido, diferentes rutas metabólicas conducen a la formación de otros tantos productos finales. En la fermentación alcohólica, que llevan a cabo las levaduras, el producto final resultante es el etanol y, en menor proporción otro alcohol, butanodiol.<sup>5</sup>

En el caso del bioetanol a partir de maíz, el proceso es levemente más complejo que a partir de sustancias ricas en sacarosa, ya que en primera instancia, se debe de transformar el almidón en azúcar por hidrolizado.

### **2.3.2.1 Materias primas: Comparativa**

La ubicación geográfica de una industria productora de bioetanol es fundamental para lograr conocer cuál es la materia prima que mayor ventaja proporciona.

Los distintos tipos de materias utilizadas para la producción son el sorgo dulce, la remolacha, la papa, el azúcar y el maíz entre otros.

Estos últimos son, a nivel mundial, los más utilizados por las ventajas competitivas que los países como Brasil y EEUU poseen.

En Argentina, por ejemplo, debido a sus características geográficas, ambos cultivos son de gran utilización. El comienzo de actividades de productoras de bioetanol con destino de refinerías tiene punto de partida en el año 2009, con industrias productoras a base de azúcar, materia prima pionera en la región. Alconoa y Bioenergía La Corona S.A, aportan en dicho año, 2.600 m3 entre ambas.<sup>6</sup>

A partir del año 2012, con la aprobación y puesta en marcha de la planta BIO4 en Río Cuarto, provincia de Córdoba, comienza la producción de bioetanol a base de maíz, materia prima, que, para el año 2015, desplazaría a la caña de azúcar obteniendo una participación de más del 59% en el mercado de bioetanol con destino a destilerías en el mercado interno.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Fuente de información, GRACIA, Carlos. *Biocombustibles: energía o alimentos*, 2008.

<sup>6</sup> Fuente de información: Informe realizado por el EEAOC, reporte Agroindustrial, Boletín N° 52 de Junio del 2011

<sup>7</sup> Datos extraídos de cuadro producción y ventas de bioetanol del Ministerio de Energía de la Nación.

En la zona norte, debido a su clima subtropical, prevalece el cultivo de caña de azúcar. Es por esto, que los ingenios azucareros se disponen en dicha zona, mientras que en la zona centro del país (centro-sur de Córdoba y norte de Buenos Aires principalmente), el cultivo elegido para la producción de bioetanol es el maíz.

A continuación, se hace un breve análisis del Sorgo y la Remolacha azucarera, finalizando con una especial comparación entre el maíz y el azúcar, ya que ambos presentan un amplio desarrollo y una intensiva y extensa producción.

### **Sorgo granífero**

El sorgo (*Sorghum Vulgare*) es una planta de ciclo anual originaria de los trópicos que presenta como ventaja su adaptación a climas con altas temperaturas y baja provisión hídrica.

Su temperatura óptima de desarrollo es de 25°C aunque existen variedades que se adaptan a menores temperaturas.

- Rinde por hectárea: en Argentina su rinde, dependiendo de la zona, promedia las 4,7 toneladas por hectárea, siendo el país de mayor producción de este cultivo.
- Eficiencia de conversión a etanol = 380[lit/tn].
- Rendimiento etanol por hectárea = 1786 [lit/ha].
- Zona de cultivo: clima tropical, centro-norte de Argentina.
- Área cultivada = 700.000 Ha.<sup>8</sup>

### **Sorgo dulce**

Especie perteneciente a la familia del Sorgo que crece en regiones de templadas a cálidas (entre 25°C y 31°C) con un escaso crecimiento a temperaturas por debajo de los 16°C. Tiene alta

---

<sup>8</sup>Datos extraídos de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca (SAGyP) pertenecientes a la campaña 2006/2007.

resistencia a sequía y altas temperaturas. A diferencia del sorgo granífero, el cual su alto contenido fermentable es por el almidón, en este, su alto contenido fermentable se encuentra en el tallo.

Las experiencias de este cultivo tanto en Argentina como en el cono sur, son aún muy limitadas, aunque presenta ventajas y oportunidades que han despertado el interés para su investigación.

- Rendimiento agrícola: Depende mucho de factores como clima, agua, suelo, pestes, pero puede alcanzar entre los 45 y 75 [tn/ha] de tallo fermentable.
- Eficiencia de conversión: 70 [lt/tn].
- Rendimiento etanol por área: 3.150 a 5.250 [lt/ha].

### **Remolacha azucarera**

La remolacha azucarera (Beta Vulgaris Var. Saccharifera) es una hortaliza que obtiene altos rendimientos de azúcares a temperaturas que van de 15°C a 25°C en su última etapa de crecimiento, permitiendo incluso, germinar a temperaturas de 5°C. Requiere de mucha exposición al sol.

Generalmente ha sido cultivada en climas templados aunque se han desarrollado variedades aptas para climas tropicales.

A nivel mundial, provee alrededor del 16% de la producción mundial de azúcar pero, a pesar de esto, no es un cultivo extendido en América del Sur y mucho menos en Argentina. De hecho, Chile es el mayor productor de la región con 1,8 millones de toneladas, representando el 0,7% de la producción mundial.

Actualmente, en Argentina, el I.N.T.A se encuentra estudiando su potencial mediante ensayos en la provincia de San Juan con diferentes variedades, y analizar de esta manera sus rindes y características que permitan determinar su potencial explotación para biocombustible.

- Eficiencia de conversión en bio = 110[lt/tn].
- Rinde agrícola: en Sudamérica promedia las 74,4 [tn/ha].
- Rendimiento en etanol = 8.184[lt/ha].

## **Azúcar**

Proveniente de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) requiere de un clima cálido y húmedo para su adecuado crecimiento y temperaturas entre los 16 y 30 °C. Posee altos requerimientos de nitrógeno [N] y potasio [K], mientras bajos de fosfato [HPO<sub>4</sub>] siendo un cultivo sensitivo a la salinidad del suelo.

- Rinde por hectárea = 60-90 [tn/Ha] dependiendo la zona (provincia de Salta y Jujuy mayores rinde que en Tucumán) y de la tecnología utilizada<sup>9</sup>.
- Eficiencia de conversión a etanol = 75 [lt/tn].
- Rendimiento etanol por hectárea = 4500-6750 [lt/Ha].
- Zona de cultivo: Tucumán, Jujuy y Salta.
- Posibilidad de procesamiento: estacional debido a su perecibilidad limitada por zafra (periodo de cosecha).
- Eficiencia energética = cercana al 88% (energía contenida en etanol + contenida en co-productos vs. energía utilizada en su proceso y su cultivo)<sup>10</sup>.
- Disponibilidad: en período de zafra.

## **Maíz**<sup>11</sup>

El maíz es una planta herbácea de ciclo anual perteneciente a la familia de las gramíneas. Es cultivado en climas desde templados a tropicales durante períodos en los que la temperatura está

---

<sup>9</sup> Datos obtenidos de la publicación de EEAOC, Estado y evolución productividad del cultivo caña de azúcar, Diciembre 2007

<sup>10</sup> Fuente de información, GRACIA, Carlos. *Biocombustibles: energía o alimentos*, 2008.

<sup>11</sup> Fuente de consulta: IICA; *Manual de biocombustibles*. Octubre del 2009.

por encima de los 15°C libre de heladas. En Argentina, su época de siembra se extiende de septiembre a fines de noviembre.

- Rinde por hectárea = 6- 12 [tn/Ha] dependiendo la zona (centro-sur de Córdoba, Santa Fe y norte de Buenos Aires con mayores rindes) y de la tecnología utilizada.
- Eficiencia de conversión a etanol = 399 [lt/tn].
- Rendimiento etanol por hectárea = 2400-4800 [lt/Ha].
- Zona de cultivo: centro-sur de Córdoba y Santa Fe, norte de Buenos Aires.
- Posibilidad de procesamiento: continua ya que es un commodity que se acopia luego de cosecha.
- Eficiencia energética = 90%(energía contenida en etanol + contenida en co-productos vs. energía utilizada en su proceso y su cultivo)<sup>12</sup>.
- Disponibilidad: Inmediata.
- Variedad utilizada: Maíz dentado debido a su mayor contenido de almidón (Ver Fig.4). Es de todas formas, la variedad de maíz más extensamente cultivado.

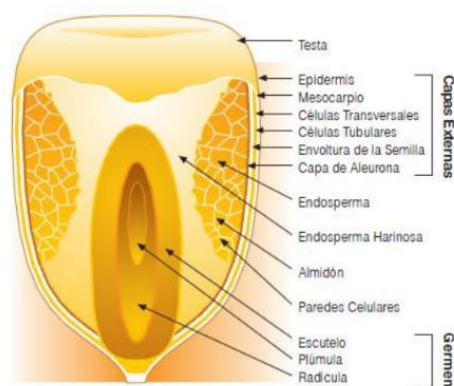


Fig. 4 Conformación del grano de maíz

Si bien el rendimiento de biocombustible por hectárea es notablemente superior en el caso de la caña de azúcar, diferentes factores llevan a la elección del maíz como materia prima para el procesamiento y obtención del bioetanol:

<sup>12</sup> Fuente de información, GRACIA, Carlos. *Biocombustibles: energía o alimentos*, 2008.

- *Amplia disponibilidad:* si bien su mayor rinde se obtiene en provincias como Córdoba y Santa Fe, es uno de los principales cultivos utilizados en Argentina y de producción anual.
- *Mejora la explotación de las tierras:* favoreciendo la rotación de cultivo de las tierras, diversificando las tierras, reduciendo la sojización.
- *Extensa utilización de las tierras:* mientras que el área utilizada para caña de azúcar ha sido de 344.000 hectáreas<sup>13</sup> durante la campaña 2015/2016, la superficie cultivada con maíz ha sido de 4,26 millones de hectáreas<sup>14</sup>, para el mismo período.
- *Disponibilidad inmediata:* debido a la posibilidad de acopio de dicho cultivo, su utilización y procesamiento permite que sea de forma continua, abasteciéndose ya sea de productores asociados que dispongan del cereal en silobolsas, plantas acopiadoras de la zona, u otras formas y variantes de almacenamiento.
- *Aprovechamiento de subproductos:* el principal subproducto de este proceso productivo es la popularmente conocida como burlanda, un alimento rico en nutrientes utilizado para la alimentación tanto bovina, porcina como aviar que permite una mejor explotación del proyecto.
- *Aumento de valor agregado:* las exportaciones en el año 2014 de este cereal a granel, sin ningún tipo de valor agregado, han sido de unos 15 millones de toneladas, cifra limitada por un endurecimiento en las políticas de exportación<sup>15</sup>.

### 2.3.3 Subproducto: Burlanda WDGS-DDGS

Uno de los “desechos” de la producción de bioetanol que se han comenzado a aprovechar son los granos de destilería que según su grado de humedad se los clasifica en húmeda y seca.

---

<sup>13</sup> Informe del sector azucarero desarrollado por DAR -Desarrollo Argentino – del año 2013

<sup>14</sup> Datos extraídos de la Bolsa de Cereales de Rosario

<sup>15</sup> *Exportaciones Nacionales de Soja, Maíz y trigo*, publicación del sitio Agrositio del día 26 de febrero del 2015  
A su vez, el portal fyo granos en sus reportes sobre el maíz hasta el año 2012 señala exportaciones por el equivalente del 70 a 75% de la producción del cereal.

Los comúnmente conocidos por sus siglas en inglés como DDGS (Dried Distillers grains with solubles) contienen entre un 10 a un 12 % de humedad, mientras que los WDGS (wet distiller grains with solubles) contienen cerca de un 35% de humedad, lo que los hace de difícil manejo y con una perecibilidad que llega a los 10 días en verano y 15 en invierno contra los 5 meses de conservación que poseen en su versión seca.

Se trata de un derivado compuesto por la materia seca del mosto fermentado que fue sometido a la destilación a fin de extraer el alcohol presente en el mismo.

En la actualidad, son ampliamente utilizados en el mercado pecuario, variando su inclusión en las dietas dependiendo de la categoría del animal. Tiene un alto grado de aceptación y palatabilidad, especialmente en los rumiantes. Además reduce, en estos, la acidosis (provocada por la ingesta excesiva de granos ricos en almidón) ya que su principal fuente de energía es el aceite.

## 2.4 Oferta

A nivel nacional, el 59% del bioetanol se obtiene usando maíz como insumo. El resto proviene de la caña de azúcar.

Hoy en día existen 5 empresas productoras de bioetanol a partir de la fermentación del maíz (Ver TABLA III). Sus respectivas localizaciones y capacidades (hasta Enero 2015) se detallan en la Fig.5.

TABLA III. Empresas productoras de bioetanol a base de maíz.

EMPRESA	LOCALIDAD	PROVINCIA	CAPACIDAD (M3/año)
<i>Promaíz</i>	<i>Alejandro Roca</i>	<i>Córdoba</i>	<i>135.000</i>
<i>ACA Bio</i>	<i>Villa María</i>	<i>Córdoba</i>	<i>125.000</i>
<i>Diaser</i>	<i>Villa Mercedes</i>	<i>San Luis</i>	<i>82.500</i>
<i>BIO 4</i>	<i>Río Cuarto</i>	<i>Córdoba</i>	<i>82.000</i>
<i>Vicentín</i>	<i>Avellaneda</i>	<i>Santa Fe</i>	<i>60.000</i>
<b>Capacidad Total</b>			<b>484.500 m3</b>

Fuente: BCR (Bolsa Comercio de Rosario)



La empresa ProMaiz, surge por la asociación de Bunge Argentina S.A con Aceitera General Deheza a fin de seguir agregando valor a la cadena agroindustrial. Por su parte, Vicentin-Renova, radicada en San Lorenzo, se incorpora a la cartera de negocios de Molinos del Río de La plata, mientras que la empresa ACABio es el resultado de la asociación de 64 productores perteneciente a la Asociación de Cooperativas Argentinas (A.C.A).



Fig.5 Localización de empresas productoras de bioetanol y sus capacidades.

Se espera que estas capacidades vayan en aumento puesto que el actual gobierno ha mostrado señales de continuar con la fomentación de las fuentes de energía renovables al aumentar la tasa de corte de las naftas de 10% a 12% a comienzos del 2016.

No hay expectativas de aparición de nuevas productoras a partir de maíz en el corto y mediano plazo. En contraparte, se espera el surgimiento de nuevas bioetanólicas en base a caña de azúcar.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Fuente de información: Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA)

## 2.5 Precios

El precio del bioetanol viene regido por la fórmula provista en la Disposición 1/2015 de la Secretaría de Energía, la cual sustituye a la Resolución N°44/2014 a partir del 1 de abril de 2015. Dicha fórmula se describe en la Fig.6.

$$\begin{array}{l} \text{Fórmula} \\ \text{del precio} \\ \text{del} \\ \text{bioetanol} \end{array} = \begin{array}{l} \text{COSTO DEL MAÍZ} \\ + \\ \text{COSTO DE MANO DE OBRA} \\ + \\ \text{COSTO DEL VAPOR} \\ + \\ \text{COSTO DE ELECTRICIDAD} \\ + \\ \text{OTROS CONCEPTOS} \end{array}$$

Fig.6 Fórmula de precios

*“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 m<sup>3</sup>). 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.”<sup>17</sup>

El bioetanol de maíz es de los biocombustibles más baratos. Su valor es independiente al valor del barril de petróleo ya que no compiten entre sí sino que se complementan.

---

<sup>17</sup> Información extraída del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas

Por otro lado, sí compete con el biocombustible elaborado de la caña de azúcar proveniente de las provincias del NOA, el cual, a lo largo del tiempo, ha tenido un precio más elevado que el del maíz.

La aparición de ésta Disposición fue debido a fuertes reclamos de la industria maicera por la fluctuación de precios entre el bioetanol de azúcar y el de maíz. La nueva normativa acorta la brecha pero sigue siendo insuficiente para los empresarios ya que la diferencia alcanzaba el 19% (Ver TABLA IV). Fue recién a principios del año 2016, con el aumento del precio internacional del maíz y el gobierno dispuso subas del 10% a pesar de que por ley no se puede incrementar más de un 5% entre mes y mes, que el bioetanol de maíz se aproximó como muestra la Fig. 7 ( $\Delta$ precio < 10%).

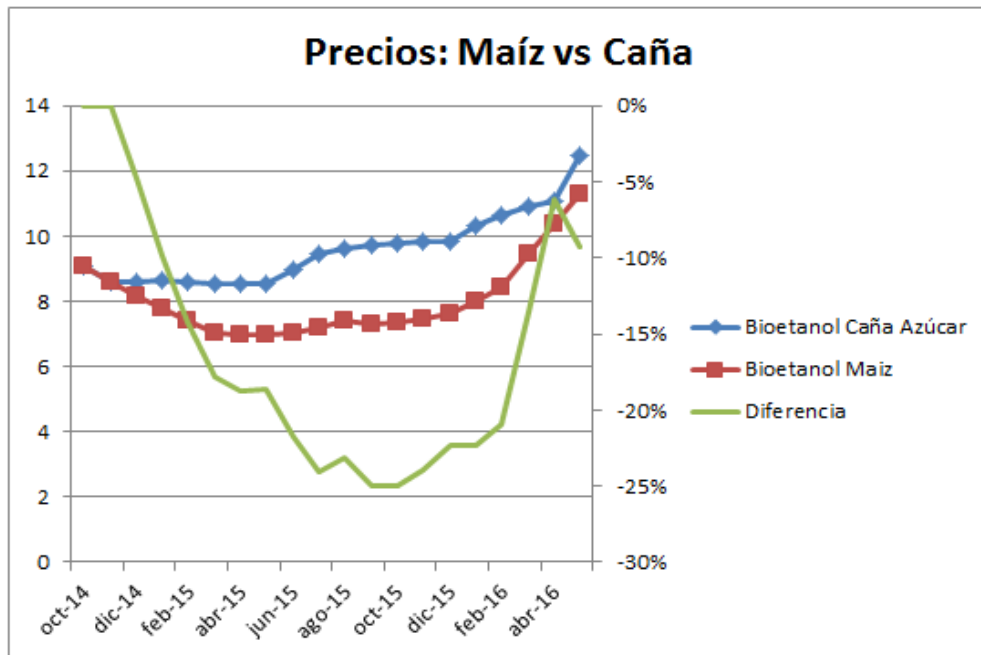


Fig.7. Precios y diferencia del bioetanol según materia prima.

TABLA IV. Precios publicados según Disposición 1/2015. Secretaría General de la Nación.

PRECIOS DE BIOETANOL SEGÚN RES. SE 44/2014 [ \$ / L ]			
MES	BIOETANOL A BASE DE CAÑA	BIOETANOL A BASE DE MAIZ	
5 - 2016	12,456	11,295	-9%
4 - 2016	11,055	10,374	-6%
3 - 2016	10,915	9,431	-14%
2 - 2016	10,648	8,421	-21%
1 - 2016	10,324	8,020	-22%
12 - 2015	9,832	7,638	-22%
11 - 2015	9,819	7,472	-24%
10 - 2015	9,794	7,347	-25%
9 - 2015	9,730	7,296	-25%
8 - 2015	9,628	7,402	-23%
7 - 2015	9,437	7,171	-24%
6 - 2015	8,987	7,032	-22%
5 - 2015	8,559	6,965	-19%
4 - 2015	8,558	6,954	-19%
3 - 2015	8,534	7,016	-18%
2 - 2015	8,613	7,385	-14%
1 - 2015	8,622	7,774	-10%
12 - 2014	8,595	8,183	-5%
11 - 2014	8,614	8,614	0%
10 - 2014	9,067	9,067	0%

Entrada en  
vigencia de la  
Disposición  
1/2015



## 2.6 Demanda

El proyecto de producción de bioetanol tiene como salida comercial, además del etanol anhidro, dos tipos de subproductos:


- CO<sub>2</sub>: hay plantas que lo tratan porque es un insumo para la gasificación de bebidas y para refrigeración pero no está contemplado dentro del presente proyecto.
- Burlanda o DDGS-WDGS.

## 2.6.1 Demanda bioetanol

En la actualidad, en Argentina, el consumo de bioetanol es principalmente para satisfacer el mercado de transporte. Luego de las leyes dispuestas en el año 2006/2007 sobre el corte obligatorio en las naftas, se pudo apreciar un notable crecimiento de esta industria.

Del año 2009 al 2011, la producción de bioetanol ha pasado de poco más de 23.000 m<sup>3</sup> anuales a poco más de 173.623 m<sup>3</sup> (Ver TABLA V). Dicho valor corresponde a un crecimiento del 645%.

TABLA V. Producción y ventas al corte de bioetanol discriminado según su materia prima base.<sup>18</sup>

<b>Producción y Ventas de Bioetanol</b>						
<i>Fuente: Ministerio de Energía y Minería</i>						
En metros cúbicos						
Datos anuales y mensuales						
 Ministerio de Energía y Minería	<b>Bioetanol TOTAL</b>		<b>Bioetanol en base a maíz</b>		<b>Bioetanol en base a caña de azúcar</b>	
	<b>Producción</b>	<b>Ventas al corte</b>	<b>Producción</b>	<b>Ventas al corte</b>	<b>Producción</b>	<b>Ventas al corte</b>
<b>2009</b>	23.297	2.664	0	0	23.297	2.664
<b>2010</b>	124.930	117.806	0	0	124.930	117.806
<b>2011</b>	173.623	165.392	0	0	173.623	165.392
<b>2012</b>	250.489	237.843	20.500	17.395	229.989	220.448
<b>2013</b>	472.380	474.752	167.594	169.143	304.786	305.609
<b>2014</b>	671.121	663.102	371.257	364.900	299.864	298.202
<b>2015</b>	815.408	803.639	479.265	475.570	336.144	328.069
<b>2016</b>	320.049	343.919	210.685	199.672	109.364	144.247

Considerando el consumo local de naftas y el actual porcentaje de corte obligatorio del 12% dispuesto para el cumplimiento de la ley 26.093, el requerimiento de bioetanol para satisfacer la demanda se proyecta a alrededor de 1.500.000 de m<sup>3</sup> para el 2017 (ver Tabla VI).

<sup>18</sup> Ministerio de Energía y Minería.

TABLA VI. Consumo de nafta y de bioetanol proyectados.<sup>19</sup>

TRANSPORTE ARGENTINA - NAFTA COMÚN, SUPER, ULTRA PROYECCIÓN 2016 - 2020			
	Consumo Nafta (m3)	Tasa de Corte	Consumo Bioetanol (m3)
2009	5.917.395,00	1,5%	88.760,93
2010	6.243.449,64	1,9%	118.625,54
2011	6.973.401,37	2,4%	167.361,63
2012	7.517.520,31	3,2%	240.560,65
2013	8.201.860,55	6,2%	508.515,35
2014	8.097.613,24	9,0%	728.785,19
2015	8.588.612,73	10,0%	858.861,27
2016	9.088.865,46	12,0%	1.090.663,86
2017	9.466.434,38	15,0%	1.419.965,16
2018	9.844.003,29	25,0%	2.461.000,82
2019	10.221.572,21	25,0%	2.555.393,05
2020	10.599.141,13	25,0%	2.649.785,28

Como se ha mencionado anteriormente, se espera que de aquí a un año siga elevándose hasta un 15% y en un panorama no muy lejano imitar a los países vecinos del Mercosur y llegar a utilizaralconaftas E25.

### 2.6.2 Demanda burlanda

La burlanda, utilizada para la transformación de proteína vegetal en proteína animal es ampliamente utilizada a nivel mundial.

En Argentina, debido a que la industria del bioetanol es relativamente reciente, es un mercado en desarrollo. Sin embargo, numerosas investigaciones señalan sus ventajas de utilización como ración en las dietas animales.

<sup>19</sup> Datos extraídos de la Secretaría de Energía.

El mercado interno posee principalmente tres categorías de potenciales clientes de dicho producto: bovinos, porcinos y aves.

❖ Bovinos

Dentro de la categoría bovinos, los demandantes de este tipo de producto van desde tambos, hasta establecimientos para animales de encierro o engorde como feed lot.

Según información publicada por el SENASA, para marzo del 2015 la cantidad de existencias en establecimientos dedicados a la actividad tampera es de casi 3.500.000 cabezas con tres provincias que se reparten el 90% del total.

Santa Fe posee el 32% (1.111.695 de cabezas), Córdoba el 31,75% (1.094.938 de cabezas) y Buenos Aires el 27% (925.358 de cabezas).

Cuando se amplían las categorías de los establecimientos y se observan la cantidad de existencias bovinas totales en Argentina, dichos valores varían, pero las provincias que lideran las cantidades continúan siendo las mismas con distinto orden.

En el país, la cantidad de existencias bovinas asciende a poco más de 51.000.000 de cabezas.

La provincia de Buenos Aires se sitúa como la que mayor cantidad de bovinos posee con poco más de 17.350.000 cabezas en las diferentes categorías (vaca, vaquillona, novillo, novillito, ternero, ternera, toro, bueyes y toritos) como se puede apreciar en la tabla VII.

TABLA VII. Existencias bovinas por provincia y categoría



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE  
BIOETANOL A BASE DE MAÍZ  
Por Álvaro Jayo y Adrián Soza.

Distribución de Existencias Bovinas por Categoría y Departamentos - Marzo 2015										
Provincia/Departamentos	Vaca	Vaquillona	Novillo	Novillito	Ternero	Ternera	Toro	Bueyes	Torito	Total Bovinos
BUENOS AIRES	7.597.061	2.254.915	635.542	987.991	2.644.502	2.832.834	333.821	1.362	67.078	17.355.106
CAPITAL FEDERAL	4	1	2	2	1	1	1	-	-	12
CATAMARCA	101.496	36.813	12.335	19.287	27.130	24.760	7.718	26	23	229.588
CHACO	1.214.338	386.631	129.833	203.991	319.907	325.623	66.322	430	12.473	2.659.548
CHUBUT	101.577	24.977	10.104	11.654	33.851	39.479	5.401	649	516	228.208
CORDOBA	1.790.760	757.949	241.110	458.557	563.241	588.124	75.948	36	14.347	4.490.072
CORRIENTES	2.348.978	821.800	340.942	362.429	514.075	561.245	120.931	417	3.656	5.074.473
ENTRE RIOS	1.818.156	564.142	393.395	391.160	510.512	512.140	81.685	3	16.288	4.287.481
FORMOSA	807.128	295.281	73.791	158.572	198.328	192.119	42.560	364	4.438	1.772.581
JUJUY	44.450	19.116	9.121	10.250	11.943	10.330	3.727	22	33	108.992
LA PAMPA	1.209.258	358.007	276.361	287.624	338.086	333.026	51.361	148	8.945	2.862.816
LA RIOJA	75.092	24.228	4.089	8.844	15.830	15.764	4.985	26	359	149.217
MENDOZA	215.247	43.560	10.925	15.590	45.384	48.516	14.305	87	793	394.407
MISIONES	188.715	83.251	29.505	41.336	39.351	42.862	11.375	7.398	821	444.614
NEUQUEN	107.889	27.918	3.836	10.199	17.766	26.157	6.687	640	402	201.494
RIO NEGRO	266.890	60.154	10.730	25.156	62.674	78.893	14.306	202	1.401	520.406
SALTA	446.994	197.913	79.730	88.464	125.111	122.541	31.703	39	4.169	1.096.664
SAN JUAN	13.855	4.347	1.328	1.822	3.945	3.369	1.105	-	-	29.771
SAN LUIS	696.427	218.356	86.807	98.575	149.753	160.758	35.308	51	7.385	1.453.420
SANTA CRUZ	51.572	11.738	3.089	3.173	9.223	15.156	2.743	16	395	97.105
SANTA FE	2.606.397	981.012	541.913	718.453	695.247	728.622	105.831	166	14.398	6.392.039
SANTIAGO DEL ESTERO	597.350	221.300	78.794	131.217	163.984	161.128	32.431	177	3.639	1.390.020
TIERRA DEL FUEGO	20.307	5.081	1.412	2.192	5.123	5.619	1.221	2	4	40.961
TUCUMAN	61.827	26.172	8.829	13.795	18.392	15.935	4.692	120	1.091	150.853
<b>Total</b>	<b>22.381.768</b>	<b>7.424.662</b>	<b>2.983.52</b>	<b>4.050.333</b>	<b>6.513.359</b>	<b>6.845.001</b>	<b>1.056.1</b>	<b>12.381</b>	<b>162.654</b>	<b>51.429.848</b>

Fuente: SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria).

Los porcentajes de inclusión de este producto en su dieta diaria son de 20% en vacas, un 40% en rodeo de cría (terneros) y un 40% en animales de engorde a corral (feed-lot).

Realizando el cálculo de consumo de DDGS necesario para alimentar los bovinos a nivel nacional, para tener una primera dimensión del potencial mercado que existe de este subproducto, se llega a la cantidad de 120.467 toneladas diarias.

Valor más que significativo si se observa la Fig. 5, que indica que los oferentes actuales llegaron solo a producir unas 465.120 toneladas anuales.

TABLA VIII. Consumos de MS y DDGS de bovinos por categoría.<sup>20</sup>

Categoría	Cabezas[unid]	Peso promedio de la categoría[kg]	Consumo de MS		DDGS		Potencial mercado de DDGS[kg/día]
			[%pv]	[kg/cab*dia]	Maxima inclusion de DDGS en dieta [%]	Consumo por cabeza [kg/dia*cab.]	
Vaca	22.381.768,00	380	1,50%	5,7	20,00%	1,30	28.994.563,09
Ternero	13.358.360,00	200	1,85%	3,7	40,00%	1,68	22.466.332,73
Engorde	14.458.518,00	350	3,00%	10,5	40,00%	4,77	69.006.563,18
Total	50.198.646,00						120.467.459,00

❖ Porcinos:

Para marzo del 2015, la cantidad de existencias porcinas es de poco más de 4,7 millones de cabezas en las diferentes categorías. En este mercado en particular, la incorporación de este producto en las dietas es levemente inferior al aceptado por los bovinos, llegando a un porcentaje de inclusión en dietas del 10% en animales en etapa de crecimiento, un 15% en su etapa de engorde y un 7% en lactancia.

Nuevamente en este tipo de animales, las tres provincias que mayor cantidad de existencias tienen son Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, en dicho orden (ver TABLA IX).

<sup>20</sup> De las categorías se excluyeron los toros, toritos y bueyes, debido a la falta de información en cuanto al porcentaje máximo de inclusión de DDGS en dieta.

TABLA XI. Existencias porcinas por provincia y categoría. <sup>21</sup>

Distribución de Existencias Porcinas por Categoría - Marzo 2015								
Provincia	PADRILLOS	CERDAS	LECHONES	CAPONES	CACHORROS	MEI	CACHORRAS	TOTAL PORCINOS
BUENOS AIRES	26.880	227.292	446.330	187.556	176.977	6.594	48.998	1.120.627
CAPITAL FEDERAL	4	8	60	-	28	-	31	131
CATAMARCA	740	6.919	4.530	2.268	2.685	-	121	17.263
CHACO	25.247	82.392	85.831	30.582	32.991	1.011	3.170	261.224
CHUBUT	448	4.072	8.601	3.518	3.599	-	979	21.217
CORDOBA	18.816	180.458	416.979	200.373	207.088	26.097	68.197	1.118.008
CORRIENTES	3.306	31.483	21.099	7.781	4.502	890	568	69.629
ENTRE RIOS	6.163	44.258	94.714	78.004	60.240	257	27.417	311.053
FORMOSA	12.419	55.927	64.448	15.097	27.404	252	5.526	181.073
JUJUY	618	4.417	5.588	4.164	3.525	108	1.415	19.835
LA PAMPA	4.994	28.488	63.370	29.851	27.674	2.254	3.813	160.444
LA RIOJA	804	7.633	10.686	3.210	638	2.964	3.398	29.333
MENDOZA	1.363	7.510	13.492	5.641	9.132	40	1.035	38.213
MISIONES	3.157	13.967	30.135	7.101	3.220	16	3.409	61.005
NEUQUEN	386	4.528	9.632	4.290	5.296	10	816	24.958
RIO NEGRO	878	6.484	9.348	4.577	3.117	1	654	25.059
SALTA	8.824	52.262	90.628	37.171	36.150	150	5.537	230.722
SAN JUAN	162	3.375	5.978	1.704	3.517	445	1.118	16.299
SAN LUIS	4.841	30.315	62.042	29.753	20.368	11.776	4.683	163.778
SANTA CRUZ	64	767	1.146	91	239	-	28	2.335
SANTA FE	12.093	114.414	235.660	136.926	208.590	1.438	21.885	731.006
SANTIAGO DEL ESTERO	10.717	33.068	28.808	8.672	10.098	68	1.734	93.165
TIERRA DEL FUEGO	16	106	244	82	163	-	-	611
TUCUMAN	1.468	6.152	7.017	4.908	7.025	11	2.676	29.257
<b>Total</b>	<b>144.408</b>	<b>946.295</b>	<b>1.716.366</b>	<b>803.320</b>	<b>854.266</b>	<b>54.382</b>	<b>207.208</b>	<b>4.726.245</b>

❖ Aviar:

En este tipo de animales predomina el consumo por parte de aves de crecimiento y engorde con un porcentaje de inclusión en dieta del 15%. Los indicadores para los mismos debido al corto ciclo de vida que poseen, no se presentan por cantidad de existencias de pollos parrilleros, sino por cantidad de cabezas faenadas.

En este aspecto de enero a diciembre del 2015 se faenaron poco más de 725 millones como muestra la Fig.7

<sup>21</sup> SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria).

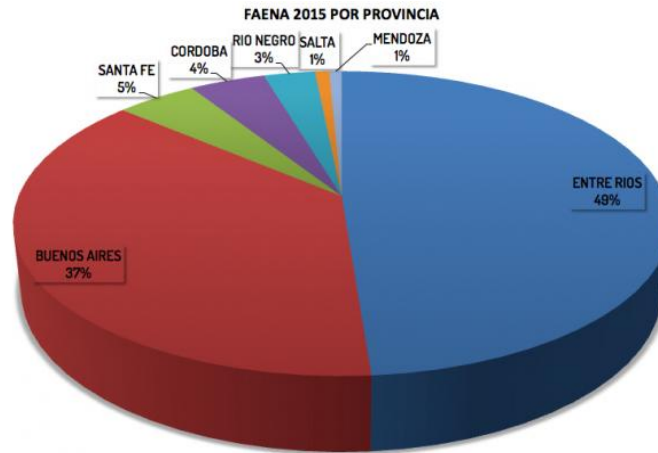


Fig.7 Porcentaje de faena por provincia (Fuente: CEPA con datos de SENASA).

Como se puede apreciar y teniendo en cuenta los porcentajes de inclusión en las dietas animales, hay un amplio mercado para la comercialización y venta de burlanda por explotar y aprovechar.

## 2.7 Plan Estratégico

Para el plan estratégico se realizan dos tipos de análisis que permiten determinar en qué entorno se encuentra la empresa y cuales son aquellos puntos en donde se debe poner mayor foco y énfasis. Estos análisis son el de las fuerzas actuantes en el mercado, fuerzas de PORTER y el análisis FODA.

### 2.7.1 Análisis PORTER

En primer lugar se detalla cuáles son las fuerzas dominantes en el actual mercado y actuantes que influyen en el proyecto, de modo que permita adecuarse y, en base a ellas, realizar un plan eficiente.

## Fuerzas de PORTER

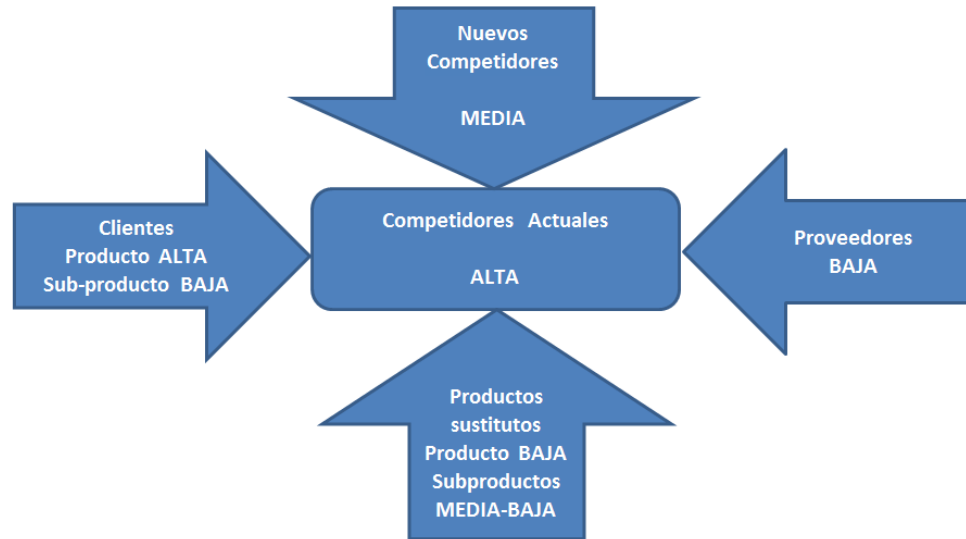


Fig.8 Análisis fuerzas de Porter.

- **Competidores actuales:** en la actualidad existen 5 productores de bioetanol a base de maíz y 9 que lo hacen con azúcar como insumo. Dentro de esas, 5 ya llevan operando más de 2 años y en su mayoría son empresas de gran porte en la agroindustria como Bunge, AGD o Molinos del Río de la Plata. A su vez, poseen capacidades de producción por encima de los 60.000 m<sup>3</sup> anuales siendo competitivos por costos de escala además del Know-How debido a su experiencia. Además, debido a diferentes políticas adoptadas, entre ellas el fomento de nuevas inversiones y el aumento progresivo en el corte de naftas, hace que las industrias ya existentes planeen aumento en sus capacidades productiva.
- **Potenciales competidores:** En el corto y mediano plazo, no se prevén nuevas aperturas de plantas. Esto y el hecho de ser una industria altamente especializada y tecnológica, sumado a las grandes inversiones necesarias para el desarrollo de las mismas, hacen que las barreras de entrada a este tipo de industria sea alta y por ende, no se prevea un aumento en el número de oferentes en este mercado.

- **Clientes:** En el caso del bioetanol, las empresas mezcladoras encargadas de la recepción y compra del producto para el corte de los combustibles, son empresas de gran porte y experiencia en el mercado tales como YPF S.A, Axion Energy, SHELL entre otras. Las mismas requieren altos estándares de calidad de producto final para la aceptación del mismo y su volumen de compra es alto, por lo cual, la fuerza de este agente es ALTA.
- **Proveedores:** En general y a excepción de las empresas acopiadoras, la gran mayoría son pequeños y medianos productores los que pueden suministrar de materia prima a la planta de bioetanol. Asimismo, aquellos que se dediquen tanto a la agricultura y siembra de maíz como a la producción de ganado bovino, podrían ser potenciales clientes del subproducto (DDGS), obteniendo de esta forma relaciones con los mismos que permitan definir estrategias comerciales de abastecimiento de maíz y venta de burlanda.
- **Productos sustitutos:** Desde el punto de vista del producto principal, el etanol para corte de naftas, no posee sustitutos, salvo su homónimo a base de azúcar, aunque la capacidad de dichas plantas es escasa para el cumplimiento de la ley de cortes, es por esto que se determina que la fuerza de sustitutos es baja. Por otra parte, enfocándose en el caso de la burlanda, surge como sustituto del expeller de soja, maíz en grano y pellet de girasol. El principal factor a considerar, su precio, si bien está atado al valor pizarra del maíz en cualquiera de sus puertos, es inferior a sus sustitutos.

### 2.7.2 Análisis FODA

Para el presente, se detallan cuáles son las fortalezas y debilidades como productores de bioetanol y burlanda y cuáles son las oportunidades y debilidades que ofrece el entorno (ver Fig.9), de tal forma que se pueda reducir o suprimir aquellas que denotan un significado negativo para la planta, como explotar y aprovechar aquellas que resulten positivas.

<b>FACTORES</b>	
<b>INTERNOS</b>	<b>EXTERNOS</b>
<b><u>FORTALEZAS</u></b>	<b><u>OPORTUNIDADES</u></b>
Producto menos dañino al medio ambiente que la nafta común por reducir las emisiones de CO2.	Ley promulgada que obliga al corte mínimo de las naftas con tendencia al futuro de aumentar el porcentaje de corte.
Menores costos de transporte con respecto a los competidores (Ver Localización de Etanol y DDGS).	Al provenir de una fuente de energía renovable la mayoría de los países están adquiriendo políticas de menor consumo de crudo. Mercado en pleno crecimiento. Posibilidad de poder exportar.
Bajos desperdicios. Materia prima casi 100% aprovechable.	Experiencia de agricultores de la región en la cosecha de maíz.
Facilidad de ubicar los subproductos en el mercado (DDGS y opcionalmente CO2).	Bajas probabilidades de surgir nuevos competidores en el sector.
El maíz no presenta período "entre zafras" como la caña.	Mano de obra calificada en la zona. Expertise suficiente.
<b><u>DEBILIDADES</u></b>	<b><u>AMENAZAS</u></b>
Menor rendimiento que la caña de azúcar.	Caída del precio del barril de petróleo.
El maíz es uno de los alimentos básicos en varios países con lo cual puede no estar bien visto que se use para otros fines.	Estancamiento del mercado de automotores.
No todos los vehículos están adaptados para soportar el poder corrosivo del etanol. En épocas de bajas temperaturas, puede llegar a dificultarse el arranque.	Cosechas potencialmente arruinadas por temporales.

Fig.9 Análisis FODA

**Debilidades y amenazas:**

En el caso del menor rendimiento que la caña de azúcar, en la sección 2.4.11 ya se justificó la elección del maíz como materia prima.

Como la tasa de corte está regularizada, el precio del barril de crudo no debería perjudicar el consumo de bioetanol. Por el contrario, según la ley de la demanda, al bajar el precio del petróleo entonces aumentaría el consumo de combustible (etanol + nafta). Siempre y cuando la ley sea aplicada.

Los automóviles elaborados en los últimos 10 años están preparados para utilizar combustibles hasta con un 12% de etanol. Actualmente, en la Argentina se están realizando pruebas para habilitar la circulación de autos con motores Flex-Fuel, los cuales pueden andar hasta con un 100% de etanol, aunque su mayor rendimiento se alcanza con mezclas de hasta un 85% (E85). En épocas con temperaturas inferiores a los 12°C, se recomienda no utilizar mezclas mayores a 70% porque puede dificultar el arranque. Éstos ya se fabrican en el país y se exportan a otros destinos como Brasil donde ya hace dos décadas funcionan sin inconvenientes.

Es cierto que el bioetanol se genera a partir de la fermentación de los azúcares contenidos en la biomasa que podría servir de alimento, como así también es cierto que las reservas de petróleo están llegando a su fin y todavía no existe otra fuente de energía capaz de igualar a lo que representa la nafta hoy en día. El alcohol es el que más se le acerca en términos de rendimiento. Sobre todo a partir de la salida de los motores Flex-Fuel.

Aunque por el momento vienen en alza, la caída en la venta de automotores se encuentra latente en la Argentina. Comparando 2015 - 2016, la producción de vehículos disminuyó pero las ventas en el país aumentaron. Existen otros mercados en potencia para la ubicación del bioetanol. En Brasil ya funcionan aviones para la fumigación de cultivos en base a etanol<sup>22</sup>. Tomando como ejemplo el avión Ipanema, construido por la empresa brasileña Embraer, cuyo motor funciona con 100% bioetanol.

---

<sup>22</sup> Fuente de información: Informes realizados por Embraer Agrícola.



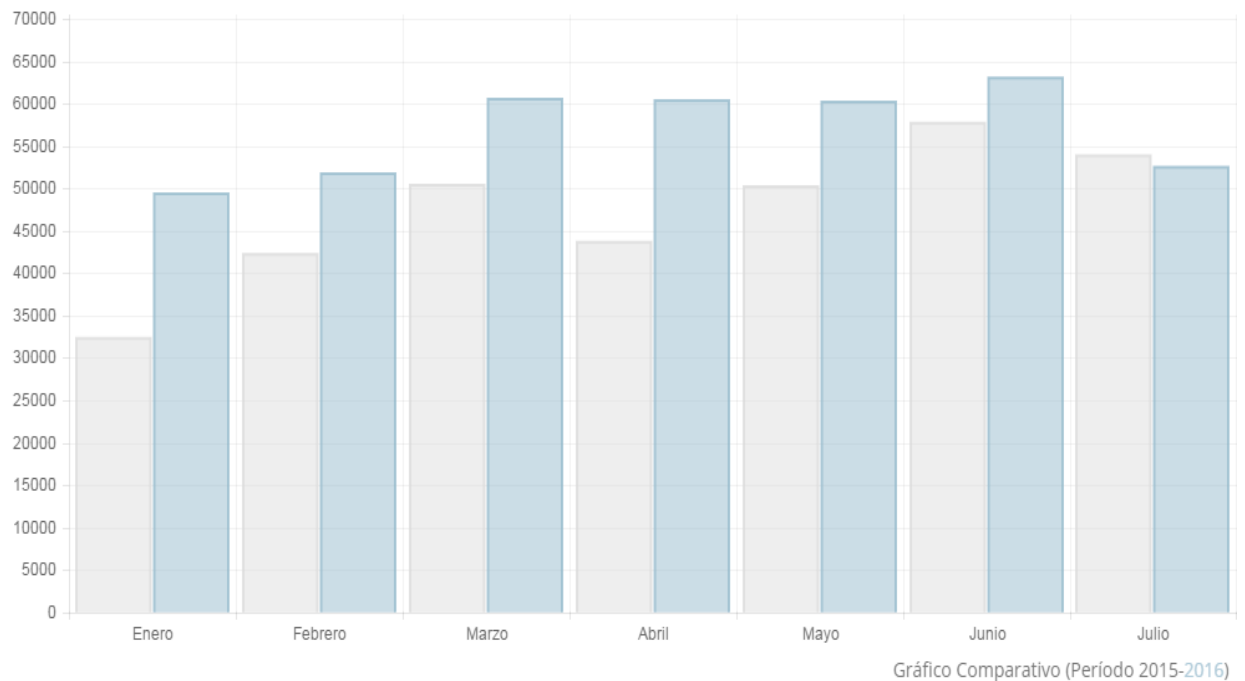


Fig.10 Fuente ADEFA (Asociación de Fabricantes de Automotores).

## 2.8 Conclusión de estudio de mercado

El mercado del bioetanol y más aun los que basan su producción en base a maíz, han crecido de forma significativa en los últimos años.

Muchos de ellos, fomentados por la ley de biocombustibles y a su vez con el afán de sumar valor a la cadena agroindustrial y lograr explotar las ventajas competitivas que nuestro país ofrece como productor de cereales. En este sentido, por ejemplo, dos de las industrias actuales se formaron por la asociación de diferentes productores con el fin de sumarle valor a sus producciones de cereales.

Es un mercado que ofrece interesantes oportunidades en vista a futuro, pero que a su vez, debido a su especialización y tecnología, tienen altas barreras, tanto de entrada como de salida en este mercado.

### 3. Estudio Legal<sup>23</sup>

En secciones anteriores, se ha expresado como la industria de los biocombustibles en Argentina ha ido evolucionando constantemente y en valores significativos durante la última década (Ver TABLA I).

Tal y como se ha mencionado, una serie de factores como la disponibilidad de materia prima, independencia del crudo en la matriz energética y fomentación de las economías regionales han sido fundamentales para la sanción de la **Ley 26.093 de biocombustibles** en abril del 2006 y la misma detalla lo siguiente:

- ***Ley 26.093 Régimen de regulación y promoción para la producción y usos sustentables de los biocombustibles :***

Dicha ley establece normas de calidad, requisitos y condiciones necesarios para la habilitación de las plantas productoras y mezcladoras de biocombustibles y fija un porcentaje mínimo del 5% de biocombustibles a ser mezclados con nafta en aquellas instalaciones aprobadas por la autoridad de aplicación para tal fin.

Dicho porcentaje se podrá aumentar, cuando se considere conveniente en función de la evolución del mercado interno o disminuir ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

La misma también establece beneficios promocionales para todo sujeto beneficiario de dicha promoción detallando requisitos necesarios, cuáles son dichos beneficios, y a su vez establece sanciones, multas e inhabilitaciones para plantas infractoras.

Dentro del marco legal sobre la producción de bioetanol la Secretaría de Energía de la Nación dispone de las siguientes resoluciones:

---

<sup>23</sup> Información obtenida de la página INFOLEG - Información legislativa -

- ***Resolución 1293/2008 Establece el mecanismo de selección, aprobación y orden de prioridades de proyectos de producción de bioetanol, mediante el cual se otorgarán los mismos.***

La misma, con fecha del 13 de noviembre del 2008, detalla los requisitos necesarios para que los proyectos entren en selección y aprobación para poder disponer de los beneficios promocionales citados en la Ley 26.093.

A su vez detalla cuales son las bases y los pasos que se tendrán en cuenta para el orden de prioridades de proyectos que dispondrán de dichos beneficios. Uno de los requisitos necesarios para su selección, es que los mismos estén encuadrados en la **Ley 26.334 y el Decreto 109/2007.**

- ***Ley 26.334 Régimen de promoción de la producción de bioetanol.***

Detalla quienes pueden acceder al régimen de promoción a fin de satisfacer las necesidades de abastecimiento del país y generar excedentes para exportación. Los mismos, según el Artículo 2º, inciso c) son aquellas *personas físicas, sociedades comerciales privadas, sociedades de capital estatal, mixtas o entidades cooperativas* que inicien sus actividades de producción de bioetanol a partir de la fecha de vigencia de la presente ley. La misma ha sido sancionada el 4 de diciembre del 2007 y promulgada de hecho el día 2 de enero del 2008.

- ***Decreto 109/2007 Actividades alcanzadas por los términos de la Ley 26.093. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Régimen Promocional.***

Con fecha del 9 de febrero del 2007 en su Artículo 1° determina que las actividades alcanzadas por la ley 26.093 de biocombustibles son las de: Producción, mezcla, comercialización, distribución, consumo y uso sustentable de los biocombustibles. A su vez, en su Artículo 2° determina como autoridad de aplicación al MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a través de la SECRETARIA DE ENERGIA, detallando las funciones que dicha autoridad posee.

- ***Disposición 1/2015 en sustitución a la Resolución N°44/2014 que se dio por la modificación de la Resolución 1294/2008 - Determinase el procedimiento para establecer el precio de adquisición del bioetanol, destinado a la mezcla para la producción y uso sustentable de biocombustibles creado por la ley 26.093-***

Como se menciona, la *Resolución 1294/2008* quien solía determinar el precio del bioetanol, ha sufrido una modificación el 16 de septiembre del 2014, con la aparición de la *Resolución 44/2014*, momento en el cual, en sus ANEXOS, detalla el procedimiento para la determinación del precio según cual sea el insumo utilizado (azúcar o maíz).

Dicha Resolución ha sido modificada el 1 de abril del 2015 con la *Disposición 1/2015* la cual detalla la fórmula para la determinación de precios descripta en la **Sección 2.6 Precios**

- ***Resolución 1295/2008 Determina las especificaciones de calidad que deberá cumplir el bioetanol.***

Resolución del 13 de noviembre del 2008, detalla tal como su título indica, las especificaciones para el cumplimiento de calidad de bioetanol, sus propiedades, métodos y valores

que deben cumplir así como también, aclara que las sanciones por incumplimientos a las especificaciones determinadas son pasibles de aplicación según las sanciones en la ley 26.093.

- ***Resolución 1296/2008 Establece condiciones mínimas que deben cumplir las plantas de elaboración, almacenamiento y mezcla de biocombustibles en relación a la seguridad en caso de incendio.***

Con fecha del 13 de noviembre del 2008, establece condiciones de seguridad mínimas que se deben cumplir en relación a su seguridad en caso de incendio para prevenir su aparición, limitar la propagación y posibilitar su extinción con el fin de anular o reducir daños. A su vez señala la obligación de realizar una evaluación de las operaciones de proceso para considerar el riesgo de incendio y explosión de las mismas relacionadas con fluidos, junto con el análisis de las instalaciones y la respuesta ofrecida por el rol de incendio. Dicha evaluación permite determinar el grado de prevención y control de incendios necesario de la planta.

En el artículo 147 del capítulo IX se indica que: *“Las Plantas Elaboradoras o Almacenadoras de Alcohol Etilico, cualquiera sea su volumen de producción o de almacenamiento estarán alcanzados por la Ley N° 13.660, reglamentada por el Decreto N° 10.877 de fecha 9 de septiembre de 1960 en sus CAPITULOS VIII y IX.”*

La ley nacional 13.660, decreto 10.877<sup>24</sup> hace mención sobre la seguridad de las instalaciones de procesamiento de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

La misma, divide a la planta en zonas según las operaciones que se realizan en cada sector y los elementos obligatorios para contar con una protección pasiva (prevención de siniestros) y activa (mitigación de siniestros) eficientes.

---

<sup>24</sup> Información obtenida de la página INFOLEG - Información legislativa -

TABLA X. Defensas contra incendio Zona 1A

<b>ZONA 1A</b>	
<b>Depósito de tambores</b>	
<b>ACTIVA</b>	<b>PASIVA</b>
Hidrantes que concentren 150L/min de agua por cada 100m <sup>3</sup> de capacidad de almacenaje.	Los depósitos deben tener una distancia mínima de 5 metros a las puertas y ventanas de construcciones vecinas cuando en éstos haya posibilidad de chispas o existan materiales combustibles. Para los depósitos comprendidos entre 200 m <sup>3</sup> y 500 m <sup>3</sup> de capacidad se dispondrán franjas de seguridad de 15 metros de ancho.

TABLA XI. Defensas contra incendio 1B.

<b>ZONA 1B</b>	
<b>Áreas de recepción, despacho y mezcla</b>	
<b>ACTIVA</b>	<b>PASIVA</b>
Se dispondrán, en lugares accesibles y en adecuada distribución, matafuegos o extinguidores a base de agentes ignífugos a vapor, de no menos de una unidad extintora por cada 5 m <sup>3</sup> de capacidad de movimiento en el despacho.	Deben estar separados de locales contiguos, por intermedio de muros cortafuegos. Calefacción únicamente con agua caliente. Todas las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión (APE).

TABLA XII. Defensas contra incendio Zona 2C.

<b>ZONA 2C</b>	
<b>Área industrial</b>	
<b>ACTIVA</b>	<b>PASIVA</b>
Equipos que funcionen con un caudal de 30m <sup>3</sup> /h con presión mayor a 7Kg/cm <sup>2</sup> . En caso de emergencias se exige 1 extintor generador de espuma por cada 10m <sup>3</sup> de capacidad productiva.	Distancia mínima entre unidades: Constitutivas = 8 metros. Auxiliares = 15 metros.

## 4. Estudio Técnico

En la presente sección, se desarrollan los pasos acerca del análisis que permiten definir la factibilidad técnica acerca del desarrollo del proyecto. Para la misma, se parte desde un estudio de localización que defina, según diversas variables bajo estudio, cuál es la región específica que mejor se adapte a los requerimientos.

Una vez definida la región específica al emplazamiento del desarrollo industrial, se procede al estudio y selección del proceso adecuado, con la correspondiente asignación de maquinarias y mano de obra.

### 4.1 Selección de materia prima

De acuerdo a la comparación realizada en la **Sección 2.4.2** y por las razones detalladas en la misma, se elige al cereal maíz como el insumo principal para el proceso que se llevará adelante.

### 4.2 Estudio de localización

Los principales factores que se contemplan para la elección adecuada del emplazamiento son:

- Disponibilidad y ubicación del insumo principal, el maíz.
- Ubicación de los potenciales clientes, tanto para el bioetanol como del subproducto principal, la burlanda DDGS-WDGS.
- Disponibilidad de los servicios generales de proyectos (gas, agua, energía eléctrica).
- Mano de obra capacitada.
- Facilidad de accesos (ruta pavimentada, acceso a transporte ferroviario de cargas).

### 4.2.1 Disponibilidad y ubicación del maíz

Este punto de estudio es considerado uno de los de mayor relevancia debido a que se pone foco en un factor preponderante a la hora de tomar decisiones para los productores agropecuarios, quienes son, por un lado, clientes del subproducto y, a la vez, proveedores de materia prima. Es por esto que se hace hincapié en *buscar una localización que permita tener cercanía tanto del insumo principal donde no tenga influencia la competencia, como la cercanía de s potenciales clientes* a fin de optimizar al máximo uno de los costos más significativos en la cadena agropecuaria como lo es el flete.

En primera instancia se procede a realizar una macro localización, para la cual se tienen en cuenta las zonas de mayor producción de este cereal y que se pueden apreciar en la Fig.11.



Fig.11. Izc: Zonas de mayor producción de maíz en Argentina (Fuente SAGPyA).

Der: Superficies sembradas y a cosechar (Fuente: Grupo Los Grobo).

A su vez, se buscan zonas productoras de maíz pertenecientes a la MACRO LOCALIZACIÓN pero que al mismo tiempo estén alejadas de los competidores. De este modo, se logra estar cerca de los productores de maíz, que pueden brindar la materia prima a un bajo precio respecto al precio referencia como lo es el valor pizarra de Rosario, por poseer una ventaja por disminución de costos del flete.



Haciendo referencia a esto, en su última actualización de tarifas del mes de Marzo/2016 la CATAC (Confederación Argentina del Transporte de Cargas) detalla los valores por tonelada transportada según los kilómetros recorridos.

Tomando como referencia el punto más alejado situado en la MACROLOCALIZACIÓN hacia el puerto de Rosario, un productor, que desee transportar una tonelada de cereal los 480 kilómetros que distan entre ambos puntos, deberá abonar en concepto de flete \$676,53 la tonelada.

Este número toma relevancia cuando se lo compara con el precio pizarra Rosario de dicho cereal llegando a ser un costo que supera el 20% de su precio de venta en el maíz.

De esta forma, se descartan las zonas con productores cercanos al puerto de Rosario y a los competidores como se denota en la Fig.12.

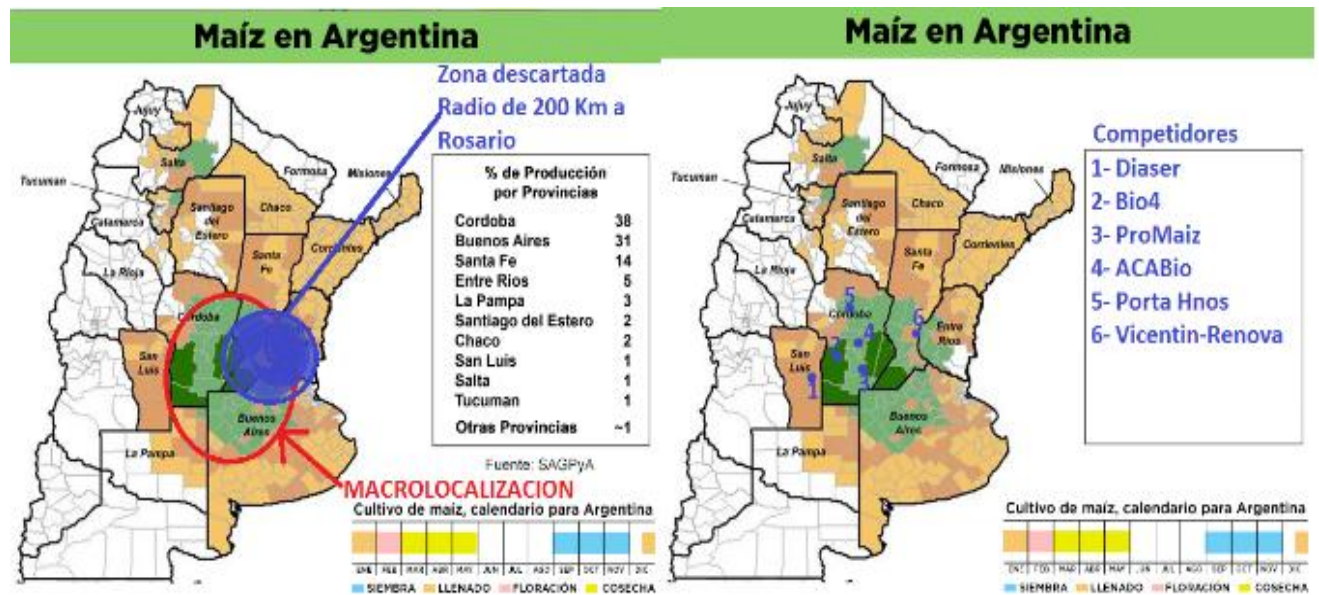


Fig. 12. Izq: En azul, la zona descartada por la cercanía al puerto de Rosario. Der: Concentración de competidores en la zona centro-sur de Córdoba quedando también descartada.



- Tomas Hnos
- Grupo Los grobo
- Grobocopatel Hnos
- Cooperativas Agropecuarias
- Campoamor Hnos. S.A
- La Bragadense S.A

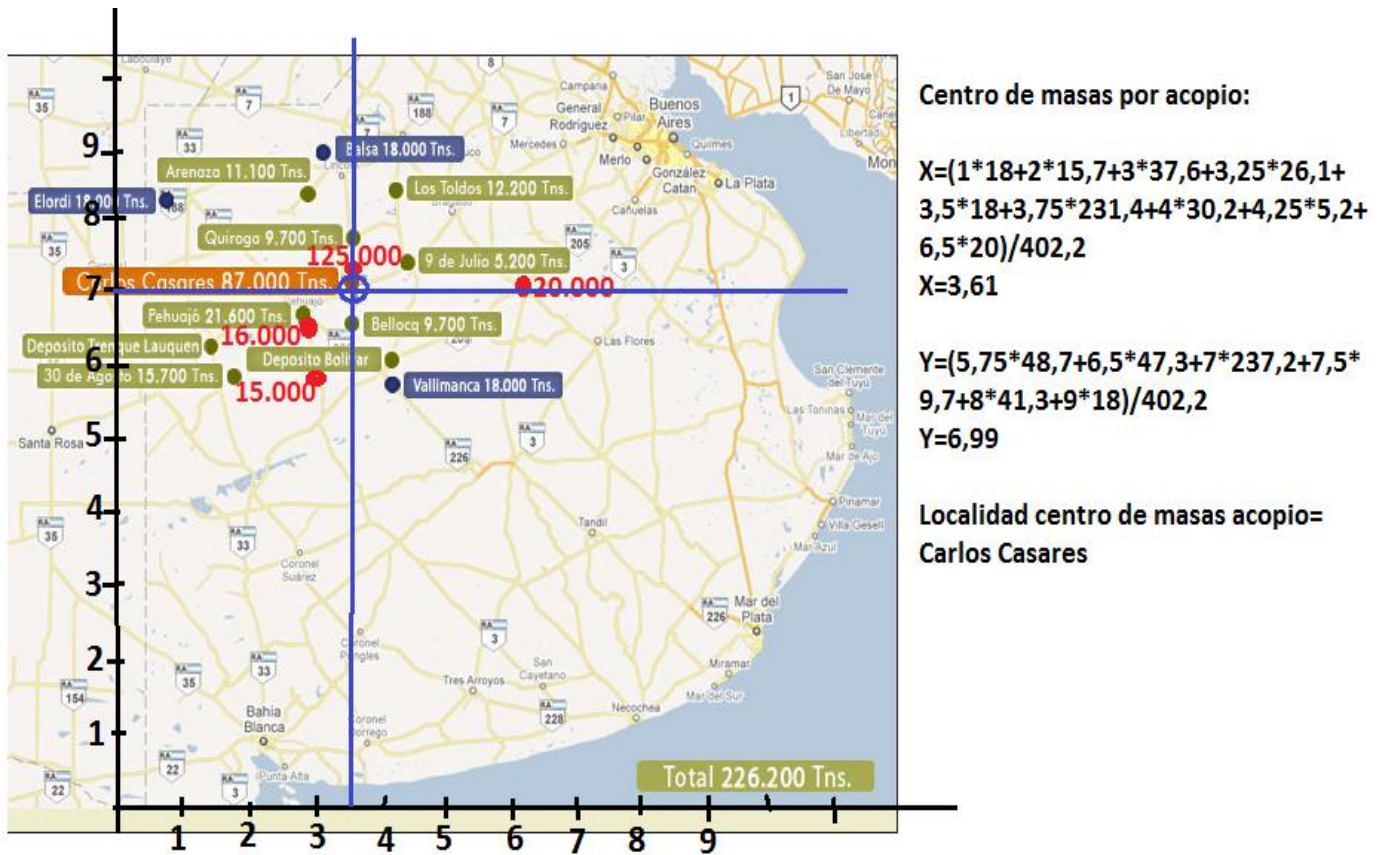


Fig.14 Localización de plantas de acopio en la región noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Como se puede ver en la Fig.14, realizando el centro de masas de las plantas de acopio pertenecientes a principalmente las tres primeras empresas antes mencionadas, se llega a la conclusión que, respecto a la capacidad de acopio, la mejor localización es en la localidad de **Carlos Casares**.

De todas maneras, se debe aclarar que dicha capacidad no es solo del cereal de interés, por lo tanto es un dato importante a tener en cuenta pero no excluyente.

De hecho una de las estrategias más utilizadas por los pequeños y medianos productores, que son mayoritarios en la zona, es realizar el almacenaje en silobolsas a la espera de un precio de venta conveniente para desprenderse del mismo. Es por esto que se cree conveniente mantener la microlocalización en la zona que se había definido previamente.

En el sitio SIOgranos, se comenzaron a publicar las operaciones de cereales, indicando su procedencia y destino. Las operaciones de maíz, con procedencia de la provincia de Buenos Aires en 2015 son las que se aprecian en la TABLA XIII.

TABLA XIII. Cantidades por mes de maíz comercializado en la provincia de Buenos Aires en toneladas.

<i>Maiz comercializado con procedencia de la provincia de Buenos Aires - 2015 -</i>			
<i>Mes</i>	<i>Cant[TN]</i>	<i>Mes</i>	<i>Cant[TN]</i>
<i>Enero</i>	279.196	<i>Julio</i>	493.641
<i>Febrero</i>	474.000	<i>Agosto</i>	314.119
<i>Marzo</i>	885.000	<i>Septiembre</i>	498.832
<i>Abril</i>	579.000	<i>Octubre</i>	426.968
<i>Mayo</i>	948.500	<i>Noviembre</i>	505.490
<i>Junio</i>	731.073	<i>Diciembre</i>	850.650

Generalmente, el mes de enero de cada año es el mes que menos cereal se comercializa. Esta particularidad es debida a que es uno de los últimos meses previos a la siguiente campaña de cosecha, con lo cual el productor tiende a desprenderse del último stock de granos de la campaña anterior. En enero 2015, la procedencia del cereal ha sido principalmente de **Bragado** y **Carlos Casares**. (Ver Tabla XIV).

TABLA XIV. Partidos de la provincia de Buenos Aires con mayor comercialización de maíz en el mes de menor movimiento.

PRODUCTO		MAIZ		
Suma de CANT. (TN)	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila	BUENOS AIRES	Total general	%	
BRAGADO	15512,1	15512,1	13,54%	
CARLOS CASARES	11606,45	11606,45	10,13%	
ARRECIFES	9050	9050	7,90%	
ALBERTI	7164,84	7164,84	6,25%	
9 DE JULIO	6848	6848	5,98%	
CHIVILCOY	6630	6630	5,79%	
GENERAL VILLEGAS	4874,69	4874,69	4,25%	
AMERICA	4771,85	4771,85	4,17%	

Fuente: Datos extraídos de SIOgranos (Sistema de Información de Operaciones de granos).

De esta forma, habiendo analizado tanto la disposición y conveniencia de emplazamiento desde el punto de vista de los acopios de la zona, y de la procedencia que tuvo el cereal en la comercialización, se llega a la conclusión de que la localidad de mayor conveniencia es la de **Carlos Casares**.

## 4.2.2 Ubicación de clientes

En este punto deben contemplarse dos tipos de clientes:

- Clientes de bioetanol
- Clientes de DDGS-WDGS

### 4.2.2.1 Clientes Bioetanol<sup>25</sup>

En relación a los clientes de bioetanol, se busca que el mismo sea destinado al mercado interno, siendo entregado a las empresas mezcladoras autorizadas por la Secretaría de energía de la Nación. En este sentido la gran mayoría de las empresas encargadas de realizar la mezcla de combustibles fósiles con biocombustibles se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

<sup>25</sup> Información obtenida de la página del Ministerio de Energía y minería

- ❖ YPF: En Córdoba, Mendoza, Santa Fe, Neuquén, Chaco y en la provincia de Buenos Aires:
  - En las localidades de Berisso, LaFerrere, Ensenada y Junín.
- ❖ AXION: Santa Fe y en provincia de Buenos Aires en:
  - Campana y Puerto Galván (Bahía Blanca).
- ❖ SHELL: Santa Fe, Chaco y Buenos Aires en:
  - Dock Sud.
- ❖ OIL: Santa Fe.
- ❖ PETROBRAS: Bahía Blanca.
- ❖ REFI PAMPA: Junín.

Por lo que se puede observar las opciones dentro de lo que es la meso localización, son variadas, disponiendo de plantas principalmente en Junín, Bahía Blanca y zonas cercanas al Gran Buenos Aires según las descritas en la Fig.15.

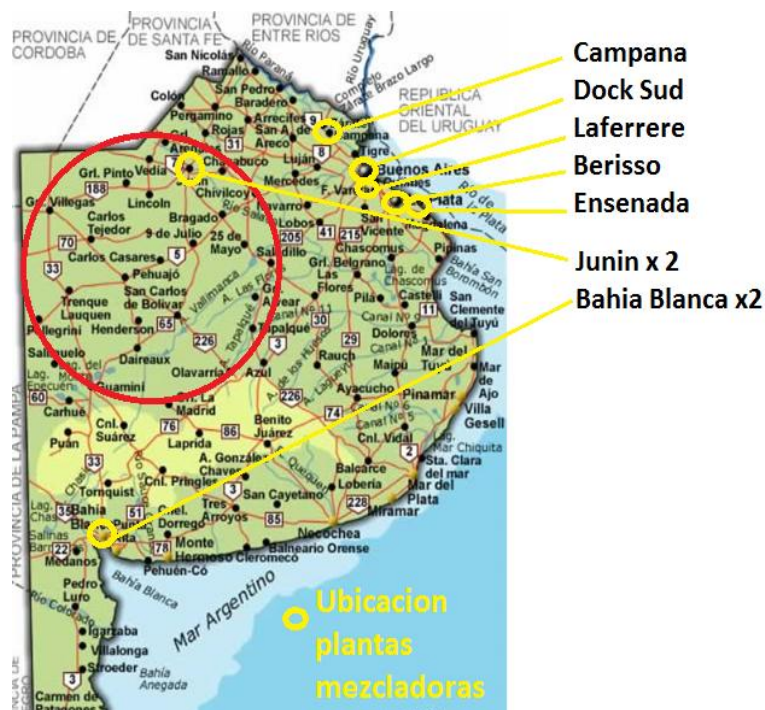


Fig.15 Ubicación de plantas mezcladoras de biocombustibles de la provincia de Buenos Aires.

Debido a que no se cuenta con información acerca de estas plantas mezcladoras de biocombustibles, se parte del supuesto que la capacidad de procesamiento y aceptación del tipo de producto es igual en todas, procediendo de esta manera a realizar el centro de masas que pueda proporcionar la mejor ubicación de la planta en base a la demanda del producto:

Centro de masas:

$$X = (X_{planta1} + X_{planta2} + \dots + X_{planta9})/9 \quad (1)$$

$$Y = (Y_{planta1} + Y_{planta2} + \dots + Y_{planta9})/9 \quad (2)$$

(2)



Figura 16. Localización de plantas mezcladoras y ubicación del centro de masas.

Con la aplicación de las ecuaciones (1) y (2) a los datos que figuran en la Fig. 16, puede hallarse el centro de masas (CM):

$$X = (1,25 * 2 + 3,1 * 2 + 5,2 + 6 * 2 + 6,5 + 7) / 9 = 4,37$$

$$Y = (3 * 2 + 8,25 * 2 + 9 * 2 + 9,25 * 2 + 10) / 9 = 7,66$$

Considerando solo la demanda de bioetanol y bajo los supuestos mencionados, la mejor localización sería la localidad de **Saladillo** como se puede apreciar en la Fig. 16.

#### **4.2.2.2 Clientes DDGS-WDGS**

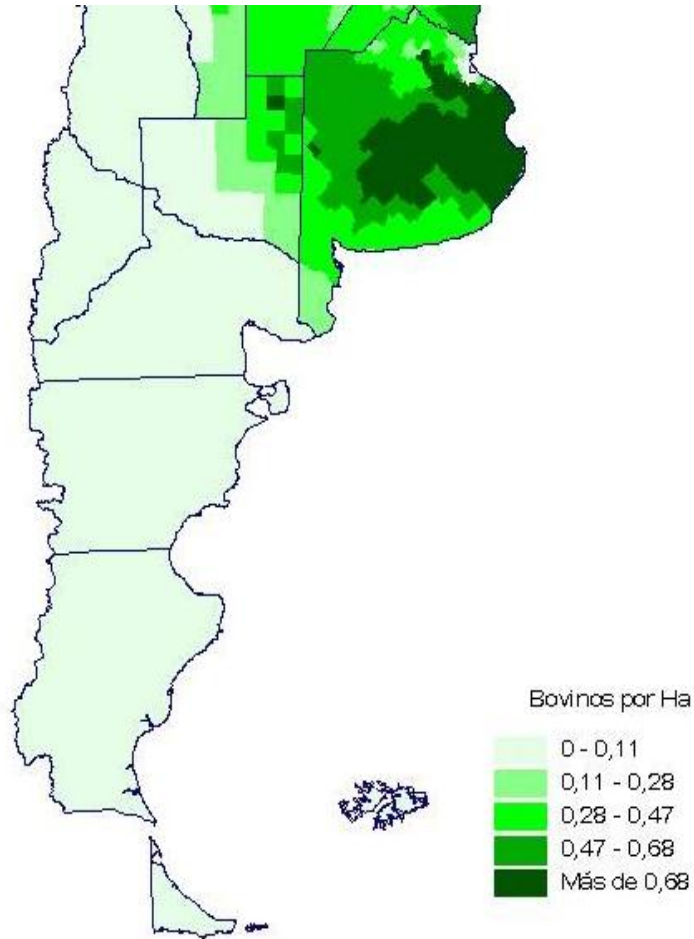
Para lograr obtener mediante el mismo proceso de selección (centro de masas) el emplazamiento óptimo visto desde la perspectiva del potencial mercado de burlanda, se analizan las cantidades de existencias de bovinos en la provincia de Buenos Aires.

Eligiendo principalmente el análisis de bovinos debido a su gran cantidad de existencias, su alto consumo de alimento diario y el alto porcentaje de inclusión del producto en la dieta (40% en rodeo de cría, 40% en engorde y 20% en vacas).

Un indicador claro y de fácil lectura para comprender la ubicación de las existencias y que permita tener una primera aproximación al definir una localización es la densidad bovina que hay en cada región en la provincia.

En este sentido, el SENASA ha publicado en marzo del 2015 la densidad por departamentos actualizada, arrojando los siguientes resultados que se observan en la Fig. 17.



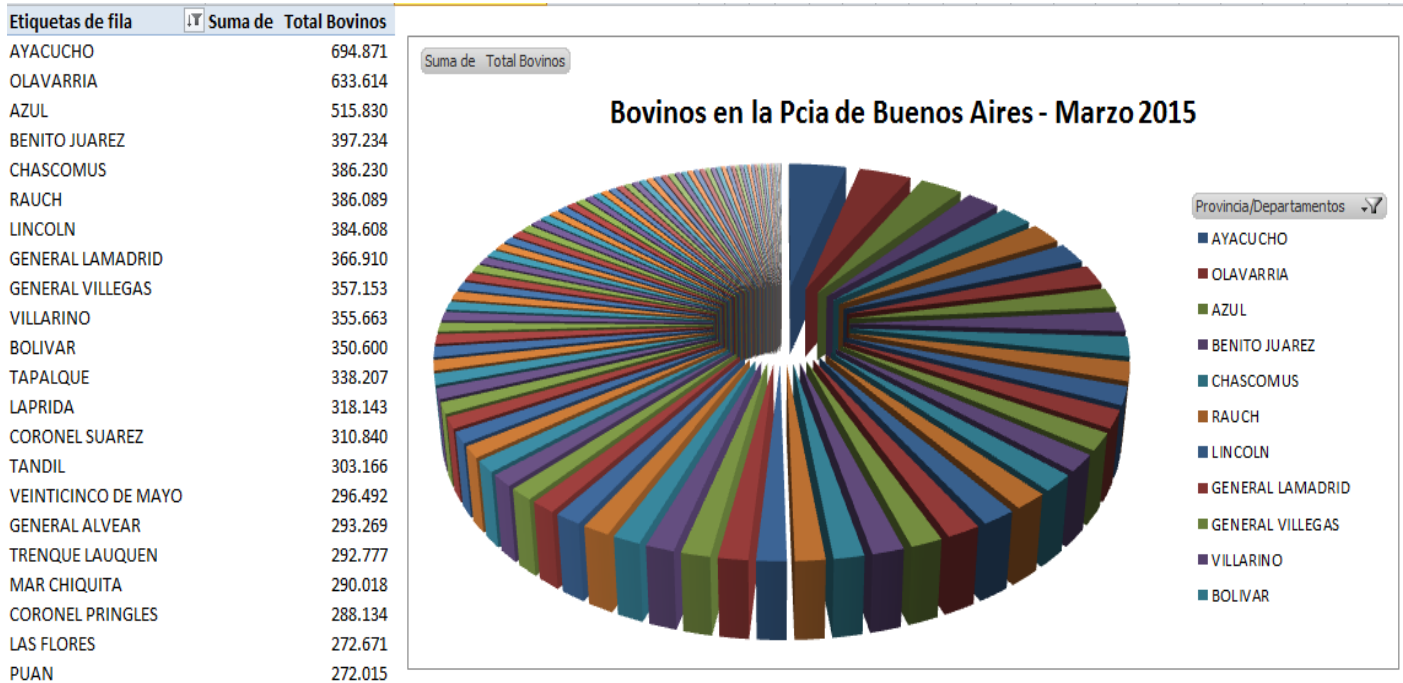


Fuente: Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales – Dirección Nacional de Sanidad Animal  
Información según SIGSA al día 31/03/2015  
La densidad se estima sobre la superficie total del departamento o partido en hectáreas

Fig.17 Densidad bovina en Argentina

Los partidos que cuentan con la mayor cantidad de existencias bovinas siguen la tendencia de la Fig.17 arrojando los valores expresados en la TABLA XV.

TABLA XV. Localidades con mayor cantidad de existencias bovinas ordenadas en forma decreciente.



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del SENASA.

Realizando por el método de centro de masas como se evaluó anteriormente, aplicando y teniendo en cuenta los valores descriptos en la TABLA XV, se puede observar en la Fig.18 que la óptima localización atendiendo este factor sería la localidad de **Olavarría**.

Localidad	X	Cantidad[Miles]	X*Q	Y	Y*Q
Villegas	0,5	357	178,5	8	2856
Villarino	1,25	355	443,75	1	355
Suarez	2,2	311	684,2	3,2	995,2
Lincoln	3	384	1152	8,25	3168
Madrid	3,25	367	1192,75	3,9	1431,3
Bolivar	3,25	351	1140,75	5,8	2035,8
Laprida	4	318	1272	3,1	985,8
Olavarria	4,5	633	2848,5	4,5	2848,5
Tapalque	5,1	338	1723,8	5,5	1859
Azul	5,2	516	2683,2	4,6	2373,6
Juarez	5,4	397	2143,8	3	1191
Tandil	6,6	304	2006,4	3,3	1003,2
Rauch	6,6	386	2547,6	4,75	1833,5
Ayacucho	7,5	695	5212,5	3,9	2710,5
Chascomus	8,2	386	3165,2	6,9	2663,4
Total		6098	28394,95		28309,8

Xcm	4,66
Ycm	4,64

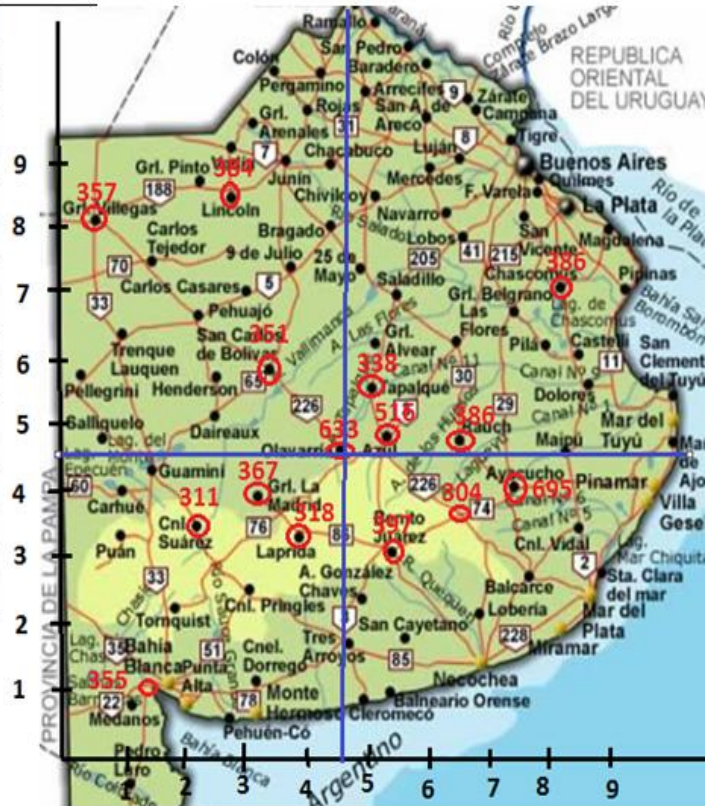


Figura 18. Centro de masas evaluando existencias bovinas

Habiendo analizado las 3 variables que se consideran fundamentales para el desarrollo del proyecto, se procede a analizar accesibilidad y disponibilidad de servicios en la microzona comprendida entre los partidos dentro de los tres centros de masa: **Saladillo, Olavarría y Carlos Casares**, los cuales incluyen a los partidos de: **9 de julio, San Carlos de Bolívar, 25 de Mayo, Alvear y Tapalqué**. Las mismas se encuentran expresadas en la Fig.19.



Fig. 19. Microzona seleccionada considerando los 3 centros de masas.

#### 4.2.3 Disponibilidad de servicios

Los principales servicios requeridos para este tipo de producción son:

- Agua
- Energía: principalmente gas para turbina y calderas. De todas formas, se analiza también la energía eléctrica.

En el caso del agua, se busca su extracción del acuífero subterráneo mediante un pozo. En la zona en análisis, la profundidad para extracción de agua para el proceso productivo es de unos 60 metros.

En cuanto a la energía eléctrica, los prestadores de este servicio son cooperativas en las distintas localidades según el partido correspondiente.

A su vez, la empresa con la concesión del transporte de energía en la provincia de Buenos Aires es Transba S.A. que cuenta con plantas transformadoras en distintas localidades.<sup>26</sup>

Respecto al servicio de gas y su transporte, las localidades poseen gas mediante la TGS (transportadora del gas del sur).

En el caso de Bolívar, Carlos Casares, 9 de julio y 25 de Mayo reciben el gas del Gasoducto NEUBA II mientras que Tapalqué, Alvear, Saladillo y Olavarría del Gasoducto NEUBA I son abastecidas por la distribuidora Camuzzi Gas pampeana.

#### **4.2.4 Mano de obra capacitada**

La provincia de Buenos Aires es, con poco más de 15,5 millones de habitantes, según el último censo realizado en el 2010, la provincia con mayor cantidad de habitantes.

En las localidades de análisis, las poblaciones varían entre los 100.000 (Olavarría) y los 10.000 habitantes (Alvear).

Por otro lado, desde el punto de vista de la capacidad y educación, existen principalmente 2 universidades en la zona: hacia el norte, en la localidad de Junín la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA), y hacia el sureste, la localidad de Olavarría cuenta con la Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires (UNICEN).

---

<sup>26</sup> Información proporcionada por la transportadora eléctrica Transba

Ambas universidades cuentan en sus estudios de grados brindados con carreras de Ingenierías y tecnicaturas, por lo cual, no se prevén inconvenientes en cuanto a la contratación de mano de obra capacitada.

#### 4.2.5 Accesibilidad

En cuanto a la accesibilidad de las localidades en análisis, cabe destacar que en su totalidad las vías de salida de producto terminado como abastecimiento del insumo son terrestres, por lo cual, se contemplan tanto las rutas como el servicio ferroviario de cargas.

- Carlos Casares :
  - Ruta Nacional 5 = uniéndola a 48 Km hacia el NE con la ciudad de 9 de Julio y a 55 km hacia el SO con Pehuajó.
  - Ruta provincial 50 = une Carlos Casares a unos 100 km hacia el NORTE con la localidad de Lincoln.
  - Trenes: la localidad tiene acceso a trenes de carga pertenecientes a FEPSA (FerroExpreso Pampeano S.A) quien es el mayor transportista ferroviario de granos en la provincia y brinda servicio de transporte a los puertos de Bahía Blanca y Rosario.<sup>27</sup>
  
- 9 de Julio:
  - Ruta Nacional 5 = une al SO a unos 48 km con Carlos Casares y a 64 km al NE con la ciudad de Bragado.
  - Ruta provincial 65 = une hacia el SUR a unos 100 km con San Carlos de Bolívar y a 105 km al NORTE con Junín.

---

<sup>27</sup> La bolsa de comercio de Rosario indicó que en el año 2010 fue el mayor transportista ferroviario de granos con 3.660.040 toneladas contra los modestos 178.560 del FerroSur Roca, que como es de esperar por la red que opera (Olavarría) es el mayor transportista en su rubro, de piedras.

- Trenes = comparten al igual que Carlos Casares, el FerroExpreso Pampeano que tiene una de sus terminales en la ciudad de Bragado.
  
- 25 de Mayo:
  - Es la única localidad que no está situada a la vera de una Ruta Nacional y no dispone de trenes de carga.
  - Ruta provincial 46 = comienza en esta localidad y la une a 44 km hacia el NO con la ciudad de Bragado.
  - Ruta provincial 51 = une hacia el SE a unos 40 km con la localidad de Saladillo.
  
- Saladillo:
  - Ruta Nacional 205 = uniendo a 150 km al SO con la localidad de Bolívar y a 56 km al NE con Roque Pérez.
  - Ruta provincial 51 = une hacia el NORTE con 25 de mayo a 40 km y al SUR con Tapalqué a 92 km.
  - Trenes = FerroSur Roca es la empresa dedicada al transporte de carga especialmente ligada a la industria del cemento y la construcción, con una red que une a los puertos de Bahía Blanca y de Quequén. El FerroSur posee conexión a FerroExpreso Pampeano.
  
- Tapalqué:
  - Ruta Provincial 51 = uniendo al NORTE a unos 92 km con Saladillo y al SUR a unos 52km con Azul.
  - Ruta provincial 50 = une hacia el ESTE a unos 47 km con Cacharí.
  - Trenes = no posee estación de carga.

- Bolívar:
  - Ruta Nacional 205 = une hacia el NO a 150 km con la localidad de Saladillo.
  - Ruta Nacional 226 = une a SE a 100 km con la localidad de Olavarría y hacia el NO a 80 km con Pehuajó.
  - Ruta provincial 65 = une al SO a 80 km con Daireaux y a 100 km al Norte con 9 de Julio.
  - Trenes = pertenece a la red operativa de FerroExpreso Pampeano.
  
- Olavarría:
  - Ruta Nacional 226 = hacia el NO a 100 km se une a Bolívar y al ESTE a 35 km con Azul.
  - Ruta provincial 76 = junto con la ruta provincial 86 se une al SO a 120 km con General LaMadrid
  - Trenes = pertenece a la red del FerroSur Roca.

#### **4.2.6 Conclusión Localización**

Para elegir una de estas localidades analizadas, se realiza el método de ponderación de factores, teniendo en cuenta las siguientes prioridades:

- Cercanía a materia prima= 40%
- Cercanía a cliente Bioetanol= 30%
- Cercanía a cliente DDGS-WDGS=25%
- Accesibilidad=5%

Dichos valores se consideran por las siguientes razones:



Los mayores costos asociados que tiene el transporte son por los movimientos del maíz, que si bien no corren por cuenta de la empresa, se los considera de gran importancia para lograr la mayor captación de proveedores de maíz posibles.

En segundo lugar en importancia y por ser el producto principal, se elige la cercanía a los clientes de bioetanol (mezcladoras).

Luego, y por las mismas razones (reducción de costo de flete y lograr prevalecer como opción en potenciales clientes), se escoge por la cercanía de potenciales clientes de burlanda con un 25% de importancia.

Por último, debido a que el transporte es terrestre, se le da un 5% de importancia a la accesibilidad que tenga la localidad.

Teniendo en cuenta todo lo antes descrito, se concluye que la óptima localización para el emplazamiento será en la localidad de **9 de Julio** como se puede observar en la tabla de ponderación (Ver TABLA XVI).

TABLA XVI. Elección de emplazamiento por ponderación de factores con su escala.

Ciudad	Materia Prima(40%)	Etanol(30%)	Burlanda(25%)	Acceso(5%)	Ponderado
Carlos Casares	10	6	6	4	7,5
<b>9 de julio</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7,55</b>
25 de mayo	7	7	6	4	6,6
Soladillo	6	9	6	7	6,95
Tapalque	5	5	8	6	5,8
Alvear	5	6	7	5	5,8
Bolivar	7	6	8	7	6,95
Olavarria	4	4	10	8	5,7

ESCALA	
4	Muy malo
5	Malo
6	Regular a malo
7	Regular a bueno
8	Bueno
9	Muy bueno
10	Excelente

### 4.3 Capacidad de la planta

Para conocer cuál es la capacidad óptima de la planta, debe reconocerse si existe algún insumo limitante en la zona elegida, por lo cual se analizan el *abastecimiento de maíz en la zona y las demandas de los dos productos* teniendo en consideración la cercanía que deba tenerse con ambos a fin de reducir costos de flete y lograr prevalecer en su elección.

#### Abastecimiento de maíz:

Para el abastecimiento de materia prima es preferible centrarse principalmente en aquellas localidades en las cuales al productor, en materia de costo de flete, le sea conveniente abastecer a la planta que al puerto más cercano (Ver TABLA XVII).

TABLA XVII. Análisis de distancia y costo de transporte de maíz entre origen y destino.

Desde	Distancia		Tarifa		Costo de transporte		Ahorro
	A 9 de Julio[km]	A puerto cercano[km]	A 9 de Julio[\$/tn]	A puerto[\$/tn]	A 9 de Julio[\$/camion]	A puerto[\$/camion]	[\$/camion]
Bragado	60,00	215,00	178,08	394,07	5.342,40	11.822,10	6.479,70
Carlos Casares	55,00	365,00	170,62	581,25	5.118,60	17.437,50	12.318,90
Arrecifes	216,00	154,00	395,57	321,84	11.867,10	9.655,20	-2.211,90
Alberti	82,00	230,00	211,29	416,54	6.338,70	12.496,20	6.157,50
Chivilcoy	112,00	164,00	254,89	334,07	7.646,70	10.022,10	2.375,40
Villegas	245,00	370,00	437,95	584,32	13.138,50	17.529,60	4.391,10
America	250,00	385,00	445,07	592,33	13.352,10	17.769,90	4.417,80
Olavarria	247,00	255,00	437,95	453,29	13.138,50	13.598,70	460,20

Fuente: Elaboración propia con tarifario de CATAC

Como puede observarse, Arrecifes, localizada al norte, es una de las que al productor no le conviene entregar materia prima a la planta, mientras que Olavarría, hacia el sur, si bien no pertenece a las localidades que mayor cantidad de maíz entregan, en lo que respecta a la distancia, está en el límite del alcance de conveniencia (ahorra \$460,2 por camión).

Dicho esto, las ciudades a las que les conviene entregar el maíz a la empresa, por costo de flete y cantidad proporcionada, en el mes de menor actividad son:

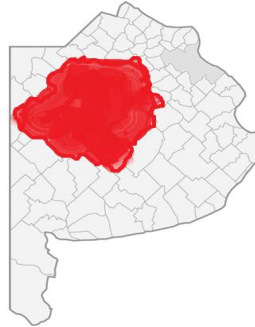
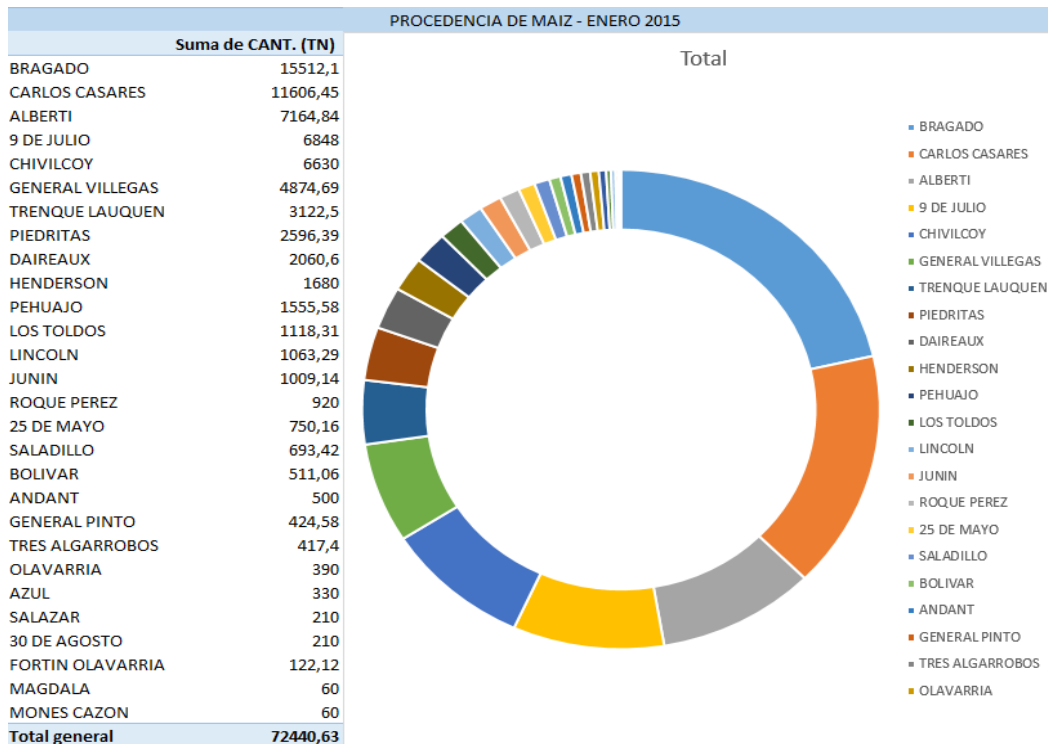


Figura 20. Partidos pertenecientes a productores que les conviene abastecer al proyecto por sobre el puerto.

TABLA XVIII. Cantidades de maíz comercializados en el mes de menor cantidad de ventas según localidad de origen del commodity.



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de SIOgranos.

En el mes de enero de 2015, mes con menor actividad en el mercado de maíz, en la zona de interés, se han vendido 72.440,63 toneladas (ver TABLA XVIII). Por esta razón que se fija para abastecimiento de maíz, este valor como el valor máximo de insumo a disponer.

Capacidad máxima de procesamiento según abastecimiento de maíz = **72.440 toneladas/mes.**

*Burlanda DDGS:*

La cantidad de existencias en un radio de 200 km respecto a la planta, es decir, pertenecientes a 18 partidos, son poco más de 3.100.000 cabezas.

A su vez, debe tenerse en cuenta el porcentaje máximo de este producto recomendado en las dietas de los bovinos debido a que la concentración de minerales es 3 veces mayor que en el maíz.

TABLA XIX. Cantidad de existencias bovinas en nuestra zona de influencia.

Provincia/Departamentos	Vaca	Novillo y vaquillona de engorde	Terneros	Total
NUEVE DE JULIO	108.198	44.121	86.896	239.215
BOLIVAR	153.167	77.524	110.997	341.688
BRAGADO	38.770	14.308	28.150	81.228
CARLOS CASARES	63.014	39.139	49.059	151.212
CARLOS TEJEDOR	96.278	66.188	69.517	231.983
ALBERTI	15.933	6.292	13.311	35.536
CHIVILCOY	34.950	18.141	27.156	80.247
DAIREAUX	84.688	44.526	58.404	187.618
GENERAL VIAMONTE	47.346	18.923	41.121	107.390
HIPOLITO YRIGOYEN	25.754	27.244	26.843	79.841
JUNIN	35.097	11.851	30.211	77.159
LINCOLN	168.541	86.266	120.728	375.535
SALADILLO	82.942	50.384	78.478	211.804
TAPALQUE	177.193	49.275	103.802	330.270
TRENQUE LAUQUEN	109.809	98.971	79.724	288.504
VEINTICINCO DE MAYO	116.950	62.758	109.346	289.054
<b>Total</b>	<b>1.358.630</b>	<b>715.911</b>	<b>1.033.743</b>	<b>3.108.284</b>

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del SENASA

**Porcentaje máximo de BURLANDA SECA (DDGS) en la dieta<sup>28</sup>**

❖ **BOVINO:**

- Vaca 20 %.
- Rodeo Lechero en recría 40 %.
- Ganado de carne (Feed Lot) 40 %.

Teniendo en cuenta el tipo de animal y cantidades de existencias detallados en la TABLA XIX y considerando el porcentaje máximo aconsejado de utilización de DDGS en la dieta, se concluye que para abastecer dicho mercado es necesaria la producción de **6.915,5 toneladas diarias (ver TABLA XX).**

TABLA XX. Producción de DDGS para satisfacer el mercado considerando % de la misma en dieta.

Categoría	Cabezas[unid]	Peso promedio de la categoría[kg]	Consumo de MS		DDGS		Potencial mercado de DDGS[kg/día]
			[%pv]	[kg/cab*día]	Maxima inclusion de DDGS en dieta [%]	Consumo por cabeza [kg/día*cab.]	
Vaca	1.358.630	380	1,50%	5,7	20,00%	1,30	1.760.043,41
Ternero	1.033.743	200	1,85%	3,7	40,00%	1,68	1.738.567,77
Engorde	715.911	350	3,00%	10,5	40,00%	4,77	3.416.847,95
<b>Total</b>	<b>3.108.284</b>						<b>6.915.459,14</b>

Referencias: (MS) Materia Seca; [%pv] %peso vivo

Fuente: Elaboración propia con datos de SENASA<sup>29</sup>

Asimismo, se define un porcentaje objetivo hacia el final del proyecto de:

- 10% del mercado potencial de DDGS a atraer debido a diferentes factores (falta de confianza del productor, productores de feedlot con autoabastecimiento, entre otros).

<sup>28</sup> Fuente: Universidad de Minnesota, 2011 y Consejo de granos de los Estados Unidos, 2008.

<sup>29</sup>Cuadro de elaboración propia con datos obtenidos de *Requerimientos energéticos y proteicos* de Aníbal Fernández Mayer. En requerimiento de DDGS se tomó un % de MS de 88% para la DDGS.

- 25% de potenciales proveedores de materia prima (debido a contratos preestablecidos por parte de las plantas acopiadoras, falta de confianza de pequeños y medianos productores, comodidad, entre otros).

De esta forma, conociendo las cantidades de maíz de las cuales el proyecto puede proveerse por un lado, y el maíz necesario para abastecer el mercado de DDGS, se llega a la conclusión de que el factor que es limitante y define la capacidad de producción es el insumo, maíz (Ver TABLA XXI). La capacidad de producción nominal por lo tanto, es la necesaria para producir 85.000 m3 anuales, es decir, una planta capaz de procesar poco más de 212.500 toneladas anuales.

TABLA XXI. Análisis de insumo/mercado limitante de capacidad productiva

<i>Limitante</i>	<i>Cantidad maxima que se dispone/consume[tn/mes]</i>	<i>% deseado del mercado a atraer</i>	<i>Maximo a procesar/producir[tn/año]</i>	<i>Rendimiento [tn producto/tn maíz]</i>	<i>Maiz necesario[tn/año]</i>	<i>% rendimiento [etanol/maiz]</i>	<i>Capacidad de la planta[m3/año]</i>
Maiz	72.440,00	25,00%	217.320,00	100,00%	217.320,00	40,00%	86.928,00
Burlanda	145.224,64	10,00%	174.269,57	30,00%	580.898,57	40,00%	232.359,43

## 4.4 Proceso productivo

Tanto el abastecimiento de materia prima como el mercado de los productos a elaborar, delimitan en cierta medida la capacidad de la planta. Otra de las variables que se considera para poder definir la capacidad óptima de la planta es la tecnología y el tipo de proceso productivo a utilizar.

#### 4.4.1 Comparativa de procesos: molienda húmeda vs seca

En la industria del bioetanol a base de maíz se distinguen dos tipos de procesos productivos clasificados según como se realice la molienda de este insumo, los cuales pueden ser:

- Molienda húmeda.
- Molienda en seco.

Básicamente, los 2 se podrían simplificar en los siguientes procesos: molienda, fermentación y destilación.

##### Ventajas de cada proceso:

##### Húmeda

- ★ En la molienda húmeda, en primera medida se remoja el grano de maíz para luego ser molido, mientras que en seco, primero se lo muele para luego ser hidratado. En consecuencia, lo que permite la molienda húmeda es el fraccionamiento del grano de maíz, permitiendo así la producción de múltiples productos para consumo humano e industrial (Gluten Feed, Meal, Germen).

##### Seca

- ★ Por otra parte, la mayor cantidad de subproductos obtenidos del proceso anterior requiere una mayor inversión. La molienda seca es más económica y accesible tanto al inicio del proyecto como luego durante su producción.
- ★ A pesar de obtener menor cantidad de productos en el balance final, existe la posibilidad de poder recuperarlos mediante nuevas tecnologías. Los procesos de Molienda Seca *Quick Germ* y *Enzimatic Dry Grind* permiten recuperar el germen y la fibra para producir aceites vegetales.

- ★ Es el proceso más eficiente puesto que es el que obtiene mayor cantidad de bioetanol por unidad de maíz (ver TABLA XXII). En el proceso de molienda húmeda, parte del almidón fermentado se “pierde” en los subproductos.

TABLA XXII. Comparativa de conversión maíz-etanol según proceso utilizado

Molienda Seca		VS	Molienda Húmeda	
Productos x Tn de Maíz			Productos x Tn de Maíz	
Etanol	405,27 L		Etanol	372,5 L
DDGS	321,44 Kg		Gluten Feed	241,08 Kg
CO2	321,44 Kg		Gluten Meal	46,43 Kg
			Aceite de Maíz	26,79 Kg
			CO2	303,58 Kg

Fuente: Asociación Nacional de productores de maíz de los Estados Unidos

- ★ Por sus características nutricionales, los granos secos destilados son más apropiados para alimentar al ganado en el período de engorde otorgándole ese extra de energía necesaria.

En la TABLA XXIII se detallan algunas características de los co-productos de ambos procesos.

Debido principalmente a la mayor eficiencia de conversión de maíz a etanol que posee, se opta por la opción de **molienda seca** como la más favorable para la instalación.



TABLA XXIII. Composición de los co-productos según el tipo de molienda

	SECA	HÚMEDA	
	DDGS	Gluten Feed	WDG
<b>Materia Seca (MS)</b>	<b>90</b>	40	30-35
<b>Proteína</b>	27.80-30.40	23.40	<b>30-32</b>
<b>Grasas</b>	<b>8.90-10.70</b>	2.00	8.50-12.50
<b>NDF</b>	<b>44-46</b>	38.00	30-50
<b>TDN</b>	85-90	82	<b>70-110</b>
<b>NE g (Mcal/kg)</b>	1.50	1.30	<b>1.54-1.76</b>
<b>Calcio</b>	0.17-0.26	0.10	<b>0.20-0.30</b>
<b>Fósforo</b>	0.78-0.83	<b>0.90</b>	0.50-0.80
<b>Azufre</b>	0.30-0.63	0.40	<b>0.50-0.70</b>

Fuente: Ministerio de agricultura y asuntos rurales de Ontario, Canadá.

NDF= Total de fibra; TDN= Nutrientes digestibles totales.

#### 4.4.2 Proceso de Obtención

En la planta del proyecto se pretende utilizar un sistema de **producción por lotes** ya que presenta las siguientes ventajas<sup>30</sup>:

- *Mejor control de la producción:* al ser un sistema cerrado permite tener un control de las cantidades utilizadas y la calidad del mismo a lo largo del proceso permitiendo, en caso de ser necesario, descartar lotes sin necesidad de parar la producción.

<sup>30</sup> The alcohol textbook 4th edition

- ❑ *Mejor conversión a etanol:* uno de los grandes inconvenientes que presenta la producción continua son los riesgos de infección sobre todo en el proceso de fermentación. Esto hace que parte del etanol se transforma en ácido acético disminuyendo el porcentaje de etanol obtenido y alterando la calidad del producto. En la producción por lotes, una vez que son vaciados los fermentadores, se los debe lavar y esterilizar para volver a utilizar.
- ❑ *Más eficiente energéticamente:* en la etapa de cocción licuefacción, la producción por lotes es más eficiente energéticamente que la continua (Ver TABLA XXIV).

TABLA XXIV. Requerimiento energético según el sistema de cocción

**Table 4. Relative heat requirements of cooking systems.**

Batch	1
Continuous columnar	1.18
Continuous U-tube	1.37

Fuente: The Alcohol textbook, 4th Edition.

Las etapas necesarias para llevar a cabo la producción se describen en la Fig.21.

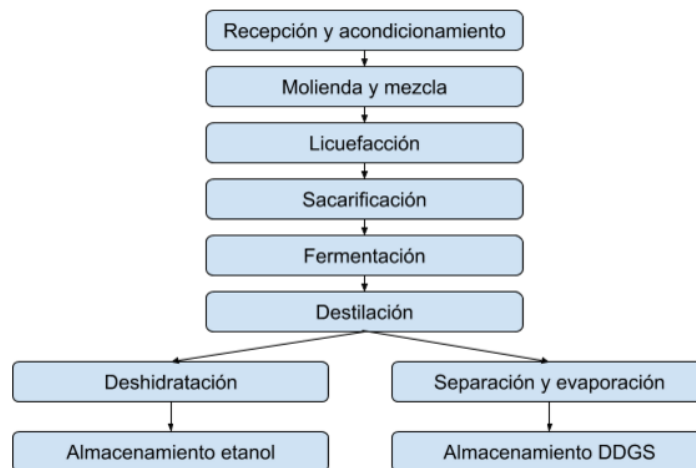


Fig.21. Etapas para la producción de bioetanol por molienda en seco

### **Recepción**

Se proyecta una planta que permita el ingreso diario de 24 camiones cargados con 30 toneladas de maíz cada uno de ellos. Los mismos se dirigen en primera instancia, a la báscula para hacer el pesaje de los mismos y realizar la extracción de muestras mediante la utilización de un calador hidráulico con transporte de muestras neumático como se muestra en la Fig.22.



Fig.22. Calador con transporte de muestras neumático

Se realizan 2 calados en el chasis y 3 en el acoplado del camión a fin de tener un muestreo heterogéneo. La aceptación o no del acoplado está a cargo del personal dispuesto en la sala de recepción que consta de un perito clasificador de granos, aceptando solo mercadería considerada dentro de los parámetros según la Norma de calidad para la comercialización de maíz, Resolución ex SAGyP 1075/94, actual Norma XII (ver TABLA XXV).

No se acepta mercadería fuera de estándar es decir aquellos que superen los valores descritos en la TABLA XXVI o que excedan los valores del Grado 3 de la TABLA XXV.

TABLA XXV. Tolerancias máximas y grado de calidad según Norma XII.

TOLERANCIAS MAXIMAS PARA CADA GRADO				
GRADO	P.H. (kg. /hl.)	Granos Dañados %	Granos Quebrados %	Materias Extrañas %
1	75	3,00	2,00	1,00
2	72	5,00	3,00	1,50
3	69	8,00	5,00	2,00

Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

TABLA XXVI. Tolerancias máximas para aceptación de mercadería.<sup>31</sup>

<i>Dentro de estandar</i>	
<i>Factor</i>	<i>Maximo admisible</i>
<i>Humedad</i>	14,50%
<i>Picados</i>	3%
<i>Insectos y/o arcnidos vivos</i>	Libre
<i>Color</i>	5%
<i>Chamico(datura ferox)</i>	2 semillas cada 100 gr.
<i>Olores(según intensidad)</i>	2%

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Bolsa de comercio de Rosario.

Esta etapa de control es fundamental, ya que la calidad del grano repercutirá en gran medida en la calidad de los productos finales ofrecidos.

<sup>31</sup> Grano picado: presentan perforaciones causadas por insectos.  
Grano dañado: brotados, podridos, calcinados, con verdín.

Una vez aceptada la recepción del camión, se procede a volcar el insumo en una fosa con rejilla que permite el paso del mismo (como se muestra en Fig.23) y que mediante una noria se eleva para finalmente depositar y almacenar los granos en silos a la espera de ser procesados.



Figura 23. Descarga de cereal en fosa mediante plataforma volcadora hidráulica.

### **Almacenamiento en silos**

Se realiza el almacenamiento de la materia prima en 4 silos de 2.500 toneladas cada uno, que permiten tener la cantidad de materia prima suficiente para poder trabajar 12 días sin necesidad de abastecerse. Esto se busca para no tener la necesidad de parar la planta en épocas en las cuales por diferentes motivos no pueda lograrse la compra de este insumo (paros de transportistas, cosechas perdidas, etc).

A su vez, se dispone de un área para el potencial uso de silobolsas, lo cual permitirá aumentar la capacidad temporal de almacenamiento. Dicha área es de unos 5400m<sup>2</sup> permitiendo la disposición de unos 10 silobolsas de 12 pies y 75 mts de largo, es decir unas 3.750 toneladas más, permitiendo alargar a poco más de 16 días la capacidad de acopio sin necesidad de recibir el cereal.

### **Acondicionamiento**

Una vez que el grano fue aceptado y almacenado, se conduce hacia una clasificadora de granos como la descrita en la Fig.24. La misma está compuesta por un sistema de zarandas y una turbina de aspiración. En su ingreso el grano va descendiendo por las zarandas, las cuales poseen distintos grados de granulometría. De esta forma se eliminan distintos tipos de agentes extraños e indeseables (palos, pedazos de marlo, etc) y a su vez posee una turbina de aspiración, logrando así eliminar agentes volátiles como polvo, tierra y cascarillas a fin de dejar el grano limpio para ser tratado.



Figura 24. Limpiadora de granos

### **Molienda del grano**

Una vez limpio, el grano pasa por un molino de martillos como el que se muestra en la Fig. 25, el cual deja al maíz con aspecto de harina. En este proceso se busca dejar expuesto el almidón, ya que es el que se transforma en los azúcares simples para, en su posterior fermentación, obtener etanol. La granulometría de la “harina de maíz” es ajustada con el equipo.



Figura 25. Molino de martillos

A continuación se describe como varía el rendimiento del etanol según el grado de granulometría de la molienda.

El grado de granulometría es importante ya que el mismo incide en el rendimiento de etanol producido como demuestra la TABLA XXVII.

TABLA XXVII. Rendimiento de etanol según tamaño de partícula de maíz

Tamaño de partícula	Rendimiento de etanol (galones/bushel)
Maíz molido fino, malla de 5 mm	2.65
Maíz molido grueso, malla de 8 mm	2.45

Fuente: The Alcohol Textbook, Kelsall y T.P Lyons.

Esta “harina de maíz” se deja depositada en una tolva del tamaño del lote a producir de modo de dejarla lista el día previo a ser cocinada y producida.

### **Licuefacción**

Para la licuefacción se comienza con el llenado del tanque con agua de un pH de entre 5,7-6 y un remanente de las vinazas que se recuperan de partidas anteriores en el proceso de separación del mosto. Este aprovechamiento se debe a que estas vinazas proporcionan nutrientes para el crecimiento de la levadura. El porcentaje de vinazas (con un

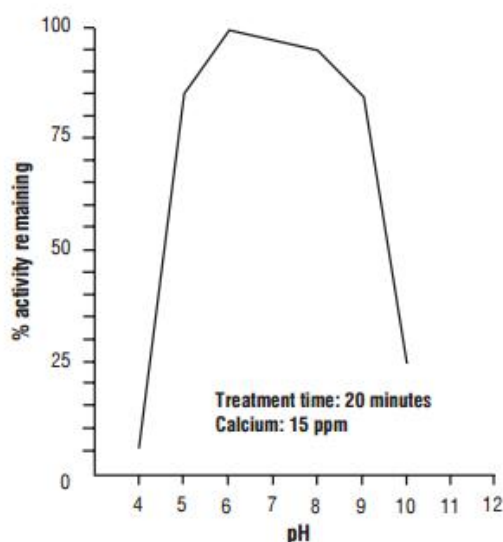
5% de materia seca) que se adiciona es de un 10% del total de líquido necesario para este proceso .La cantidad de líquido total es para obtener una mezcla de no más del 30% en peso de sólidos.

Una vez llenado el tanque, se acciona el motor de agitación del mismo y se comienza a inyectar vapor hasta lograr una temperatura de 50°C, momento en el cual se adiciona al agua + vinazas, un 0,02% del peso de cereal, de la enzima  $\alpha$ -amilasa a fin de gelatinizar la mezcla (la gelatinización se da en un rango de temperaturas según Fig.26), es decir favorecer el crecimiento de dextrinas y comenzar el proceso de formación de glucosa. Luego, se le agrega “harina de maíz” a la mezcla.

**Table 2. Typical temperature ranges for the gelatinization of various cereal starches.**

<i>Cereal starch source</i>	<i>Gelatinization range (°C)</i>
Barley	52-59
Wheat	58-64
Rye	57-70
Corn (maize)	62-72
High amylose corn	67->80
Rice	68-77
Sorghum	68-77

Kelsall and Lyons, 1999



**Figure 13.** Effect of pH on activity of  $\alpha$ -amilase.

Fig.26 Temperatura a la que se da la gelatinización y efectos del pH en la actividad de  $\alpha$ -amilasa.

Una vez alcanzada la ebullición de la mezcla (110°C), se mantiene la agitación por 60 minutos para luego enfriar a 75-90°C y agregando nuevamente la  $\alpha$ -amilasa en un 0,06% del peso de cereal. Se mantiene la mezcla durante 45-90 minutos para completar esta etapa.



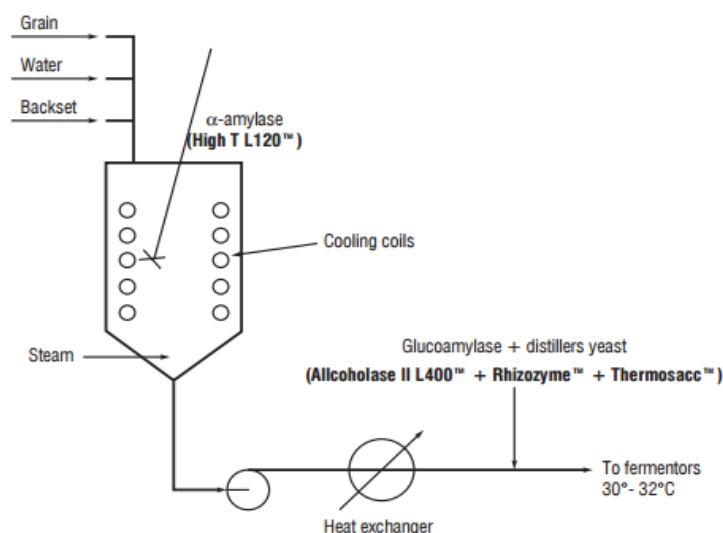


Figure 8. Batch cooking system.

Fig.27 Licuefacción en batch (Fuente: The Alcohol Textbook. Kelsall y T.P. Lyons).

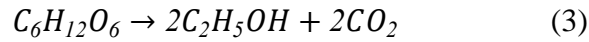
## Sacarificación y Fermentación

En este proceso productivo, las etapas de sacarificación y fermentación se realizan en un mismo tanque, bajo el denominado *sistema SSF* (sacarificación y fermentación simultánea).

Finalizada la licuefacción, debe disminuirse el pH para que las enzimas encargadas de transformar el licuado en azúcar puedan actuar. El pH se lleva a 4 mediante el agregado de ácido sulfúrico. A su vez, se reduce la temperatura a 30-35°C, la cual es óptima no solo para la levadura sino también para las enzimas glucoamilasa y el Rhizozyme™.

Una vez reducido el pH se le agrega la enzima beta glucosidasa, enzima secundaria también conocida como glucoamilasa(L400) en cantidades de 0,06% del peso con un 0,01% de Rhizozyme™ como suplemento, para convertir las moléculas de almidón licuado en azúcares fermentables -dextrosa-.

Luego de estas adiciones necesarias para que se de la sacarificación se comienza el proceso de fermentación en simultáneo. El proceso de fermentación se da para obtener etanol a partir de glucosa de la ecuación (3)



Así, de esta forma, una molécula de glucosa por la acción de levaduras se transforma en dos de etanol y una de dióxido de carbono.

Debido a que en el proceso de fermentación, las reacciones químicas que se dan son exotérmicas y que el rango de fermentación óptimo ronda los 30°C, estos tanques de fermentación (Ver Fig.28) poseen una camisa entre el diámetro exterior e interior del cilindro, que permite el paso de agua manteniendo una temperatura constante de la mezcla durante la fermentación. En estas dornas, se adiciona un cultivo de levaduras que son las que provocan dicha fermentación y la transformación de los azúcares. Este proceso dura unas 48 hs. Pocas horas después del comienzo de esta etapa comienza la expulsión de los gases anhídrido carbónico.

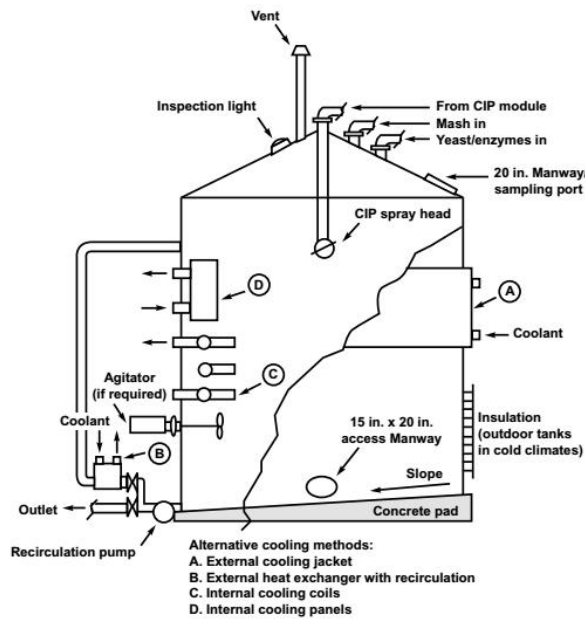


Figure 8. Alcohol fermentor with sloping bottom (Alltech/Bishopric, 1981).

Fig.28 Tanques de fermentación y sus partes

**Levadura utilizada:** *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura ampliamente utilizada también en la producción de cerveza, debido a la capacidad de producir etanol con una concentración de hasta el 18% en el caldo de fermentación.

## **Destilación**

El aislamiento de ambos líquidos se realiza mediante destilación aprovechando sus diferentes puntos de ebullición.

La mezcla obtenida de la fermentación está constituida por un 90% agua y solo un 10% de etanol.

Siguiendo el diagrama de la figura 29, la alimentación entra por la zona media de la columna y cae al fondo de la misma donde se mezcla con el reflujo que baja de la columna. Estos van al recalentador B donde se transforman en vapor y son devueltos hacia la columna. Este vapor producto de la evaporación de la mezcla, se logra gracias a un intercambiador de calor que utiliza vapor como fluido térmico, proveniente de la caldera. El mismo va subiendo por la columna. A medida que atraviesa los platos, el líquido menos volátil (agua) se va condensando y cayendo, mientras el vapor se enriquece en la sustancia más volátil (etanol). Sale por la parte superior donde es enfriado hasta el punto de ebullición. La porción más rica en etanol (96.4%) pasa a un enfriador E y la otra parte es devuelta a la columna donde se repite el ciclo. La mezcla es precalentada con el propio líquido del fondo que sale del recalentador B.

El agua fría utilizada en el enfriador E, luego es aprovechada a su vez en el condensador C puesto que la nueva mezcla (etanol 96.4%) no precisa de agua tan fría para condensar (78.15°C)

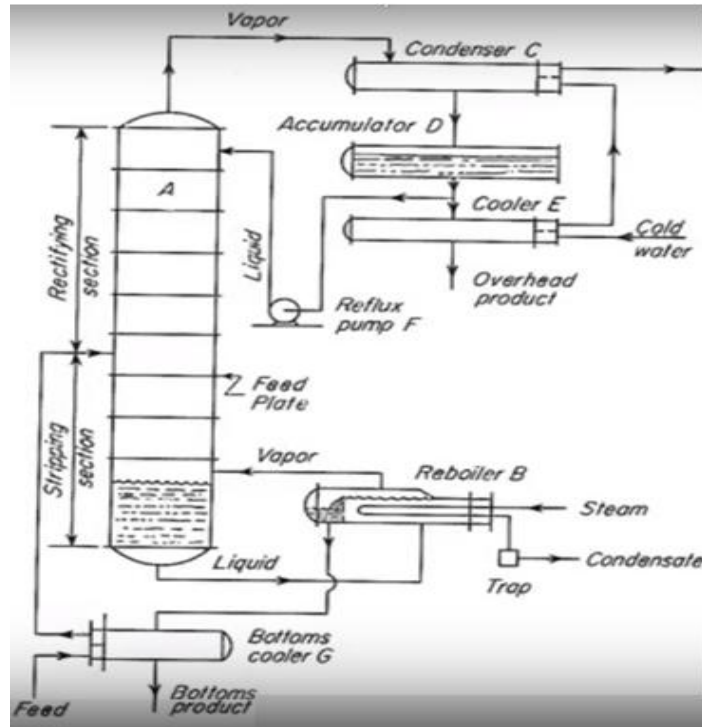


Fig.29 Esquema típico de funcionamiento de una torre de destilación (Fuente: The Alcohol Textbook. Kelsall y T.P. Lyons).

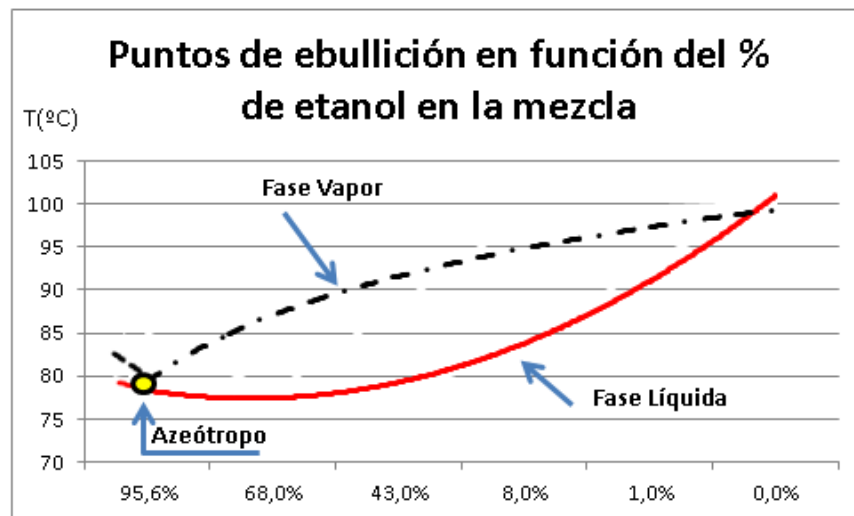


Fig 30. Fases de la mezcla según T° y % de etanol.

A la mezcla resultante del proceso de destilación se la conoce como una solución *azeotrópica de ebullición mínima*, puesto que con proporciones de 95.6% etanol y 4.4% agua es química y físicamente imposible continuar purificando el etanol mediante destilaciones.

Una concentración de 95.6% aún no es apropiada para el corte de las naftas así que se procede a remover las partículas de agua restantes.



Fig. 31 Vista exterior de torres de destilación

Una vez producida la destilación, el proceso se divide en dos, por un lado el etanol al 95,6% sigue el camino hacia la deshidratación y purificación, y por el otro la separación y evaporación de los sólidos fermentados para la elaboración de burlanda de maíz.

### **Deshidratación**

La deshidratación es la última etapa a la que se debe someter el alcohol al 95,6% obtenido mediante las torres de destilación. Esta etapa consiste en la extracción del agua

contenida, a modo de lograr un alcohol al 99,5% para poder ser comercializado y utilizado en los combustibles.

Existen diferentes técnicas para la deshidratación tales como la destilación azeotrópica, extractiva y mediante tamices moleculares.

En la planta, se utiliza esta última debido a su bajo requerimiento energético y bajos costos de operación (Ver TABLA XXVIII).

TABLA XXVIII. Energía requerida según tecnología de deshidratación.

<b>Tecnología</b>	<b>kca/kg de etanol</b>
<b>Destilación a vacío</b>	<b>3.682,7</b>
<b>Destilación azeotrópica</b>	<b>2.958,6</b>
<b>Destilación extractiva</b>	<b>2.555,3</b>
<b>Tamices moleculares</b>	<b>2.325,5</b>

Fuente: The Alcohol Textbook. Kelsall y T.P. Lyons.

En esta técnica, la extracción de excedente de agua se realiza mediante el fenómeno de adsorción, utilizando un tamiz molecular cuyo principio de funcionamiento es debido a la diferencia de tamaño que existe entre las moléculas de etanol y las del agua. De esta forma se utiliza un material higroscópico como lo son las zeolitas 3A, que disponen de microporos como lo dice su nomenclatura de 3 ångström (es decir  $0,3 \text{ nm} = 3 \times 10^{-10}$  metros).

La molécula del etanol tiene una dimensión que ronda el orden de los 3 ångström mientras que la del agua, la de 1 ångström. Así, al hacer pasar el etanol al 95,6% proveniente de las torres de destilación, el agua queda “atrapada” en los poros de las zeolitas dejando pasar al etanol (Ver Fig 32).

Este proceso requiere de la utilización de vapor para calentar la mezcla. Esto se debe a que a la salida de la torre de rectificación en el proceso de destilación posee una temperatura

relativamente baja, y debido a que las zeolitas, solubles, requieren que el azeótropo tenga una temperatura cercana a los 140°C.



Fig.32 Adsorción de moléculas de agua y vista del exterior de tamices moleculares y zeolitas

### Separación y evaporación de los sólidos

Mediante este proceso se busca la producción y aprovechamiento de los sólidos fermentados pertenecientes al grano de maíz con excepción del almidón que fue transformado en etanol. Además del etanol, el otro producto obtenido a la salida de la torre de destilaciones la mezcla de sólidos + agua, denominada mosto, vinaza total o Whole Stillage (ver Fig.33).

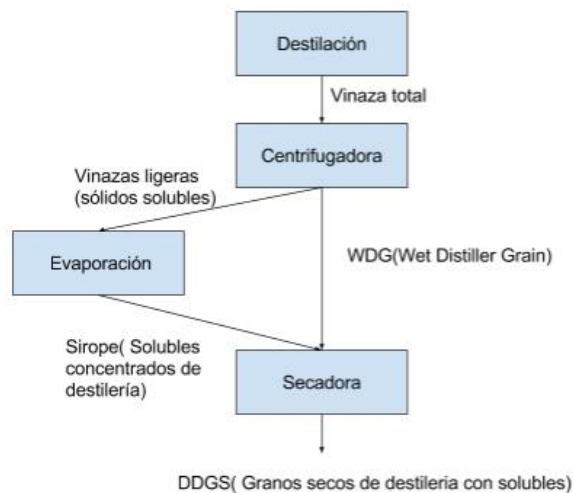


Fig.33 Nombre de los co-productos en cada etapa de proceso

- Vinaza total(Whole Stillage): Contiene un 14% de sólidos
- Vinazas ligeras (Thin Stillage): Contiene un 5% de sólidos.
- WDG:Contiene un 35% de sólidos.
- CDS-Sirope:Contiene un 40% de sólidos
- DDGS: 90% de sólidos.

La alternativa de utilización de WDG con CDS sin secado, son los WDGS (Wet Destiller Grain with Solubles).

**Centrifugadora:** Las centrifugas decantadoras como la mostrada en la Fig.34, son utilizadas para la separación del sólido de la vinaza total por la acción de fuerza centrípeta.

**Evaporador:** Utiliza la transferencia de calor para concentrar las sustancias no volátiles en solución o suspensión para obtener productos con niveles mayores de concentración de sólidos. El fluido térmico utilizado es el vapor.

**Secadora:** Se utiliza una secadora construida con un cuerpo cilíndrico hueco por el cual se hace pasar los productos a los cuales debe reducirse la humedad y en el mismo sentido una corriente de aire caliente que entra en contacto con los mismos y evaporando el remanente de agua, dejando un producto con hasta un 90% de materia seca.

#### Separación Sólido-Líquido (con descarga por gravedad)

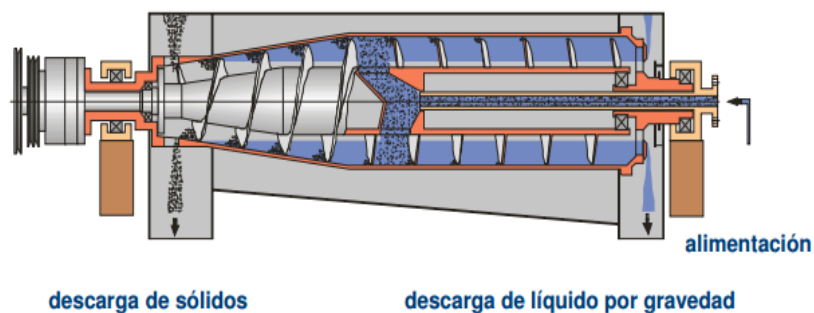


Fig.34 Alimentación y descarga de una centrifuga decanter.



### Almacenamiento y despacho

Concluidas las etapas de deshidratación por un lado y de secado por el otro, se realiza el almacenamiento de etanol y DDGS respectivamente.

En el caso del bioetanol, el mismo se dispone en el parque de almacenamiento que consta de tanques según la norma API 650 correspondiente a su uso. El despacho de dicho producto se realiza a granel en camiones tipo cisterna para combustible. Los mismos poseen una capacidad de transporte de 30.000 litros de biocombustible.

Por otro lado, la DDGS se ubica a la salida de la secadora para, eventualmente, dirigirse hacia una nave industrial donde se almacena.

Al igual que en el caso del bioetanol, su expedición se realiza a granel en el chasis y acoplado de camiones cerealeros, cuya capacidad de transporte es de unas 30 toneladas en promedio.

### 4.4.3 Programación de la producción

Para cumplir con la capacidad de planta instalada, se realiza la producción teniendo en cuenta los requerimientos de insumos, días laborables y horas (ver TABLA XXIX).

TABLA XXIX. Valores estimados de operación de la planta.

Descripción	Cantidad	Unidad	ETANOL			
			Capacidad PLANTA [m <sup>3</sup> /año]	% Capacidad Oc	[lts/año]	[lts/día]
Sem/año	52,14	[sem/año]	85.000,00	1	85.000.000,	325.670,50
Día HABIL/semana	5,00	[días/sem]				
Día HABIL/año	261,00	[días/año]				
Rendimiento	399,00	[lts/Tn]	MAIZ		BURLANDA	
Factor de conversión	2,51	[kgMaiz/LtsEtanol]	[Tn/año]	[Tn/día]	[Tn/año]	[Tn/día]
Horas diarias	18,00	[h/día]	213.032,58	817,00	63.910	245

A su vez, los tiempos críticos para cada una de las etapas son los siguientes:

- Tanque de licuefacción = 4hs ocupado/lote (1hs de llenado y calentamiento + 2hs proceso + 1hs de enfriamiento y vaciado).
- Limpieza de licuefacción: 0,5hs.
- Tanque de fermentación y sacarificación = 52,5hs ocupado/lote (1hs llenado + 48hs proceso + 3hs vaciado + 0.5hslimpieza).

Se dispone de 2 turnos de producción al día de 9 horas con 1 de almuerzo. Cada turno realiza 2 lotes de producción y sus horarios son los descritos en la Tabla XXX. Se procesan 204,25 toneladas de maíz por lote que darán unos 81,5 m<sup>3</sup> de bioetanol cada uno. Se requieren de 9 tanques de fermentación, uno por lote.

TABLA XXX. Horarios de cada turno de producción

	Comienzo	Finalizacion
Turno 1	6:00	15:00
Turno 2	15:00	0:00

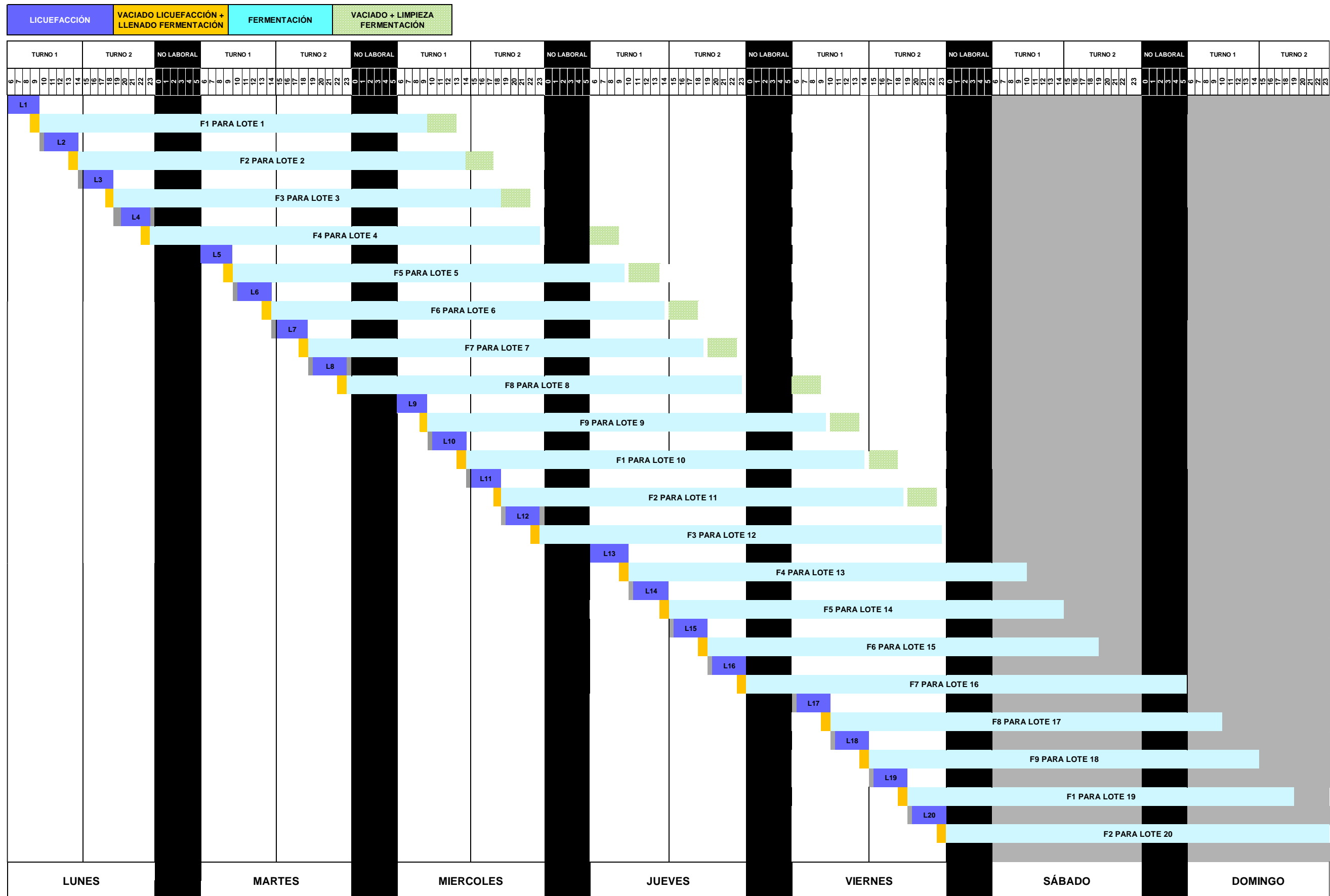
La licuefacción se comienza con el llenado de tanques a las 6:00 am el primer turno para el LOTE 1, por lo cual la semana previa se debe haber dejado el silo de maíz molido completo. A las 3 horas se procede al vaciado de los mismos, es decir que también se llena al mismo ritmo los fermentadores.

La fermentación dura 48 horas y se tendrán luego 3 ½ horas para vaciarlos y limpiarlos. Por lo tanto, el fermentador del primer lote se libera y se deja listo para volver a ser utilizado el día miércoles a las 13:30. Hasta ese momento, en 2 turnos de producción con los tiempos requeridos por los tanques de licuefacción se pueden hacer 10 lotes, por lo cual se necesitan de 9

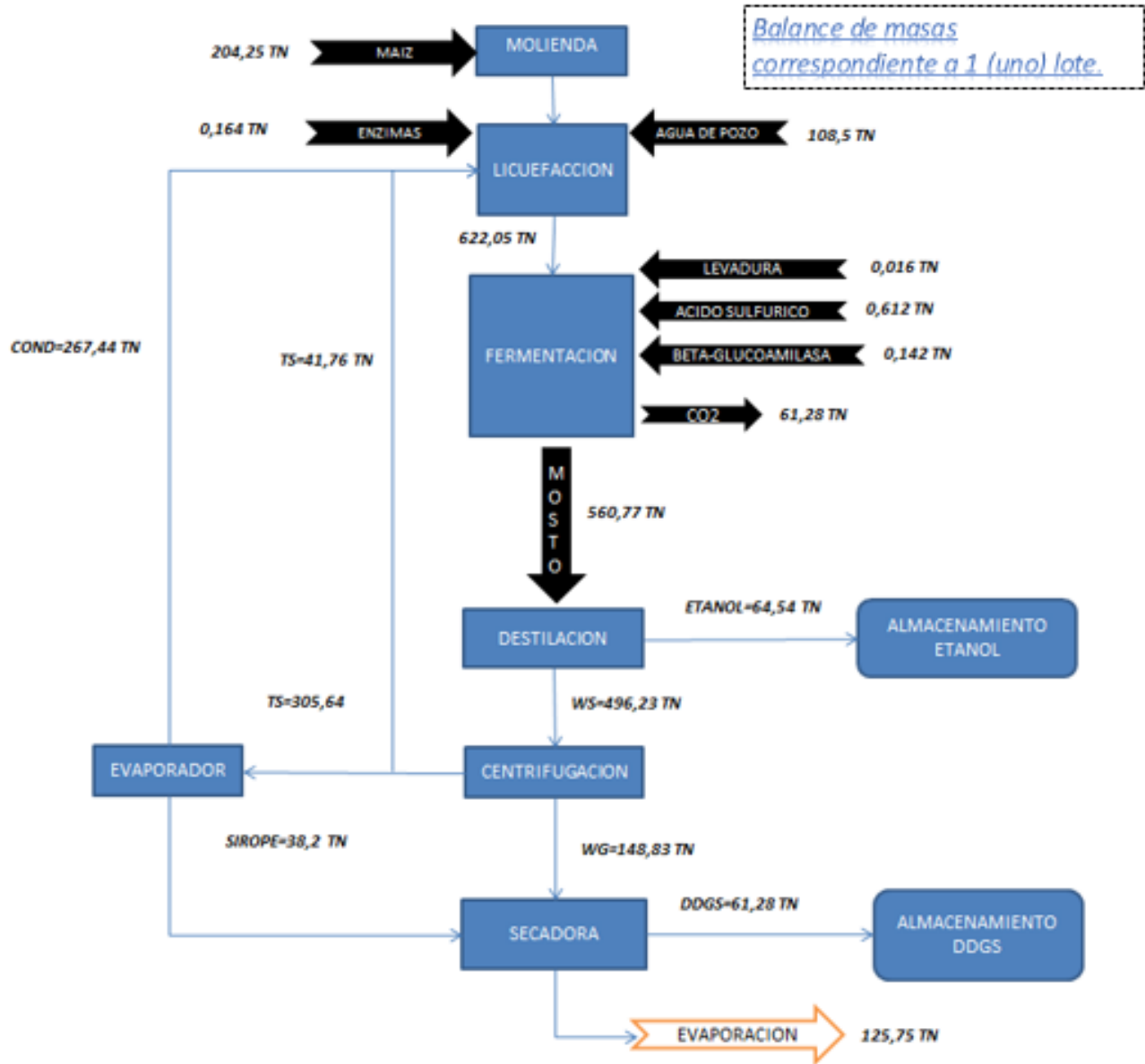
fermentadores. Este décimo lote, se procesa en el fermentador 1, el cual se encuentra limpio y listo para ser utilizado.

A su vez, para mantener la destilación continúa, debido a los esfuerzos que puede ser el hecho de parar esta operación durante 1 hora (es el tiempo que se tarda desde que se vacía un fermentador, hasta que se comienza a vaciar el próximo) se cuenta con un tanque pulmón a la salida del tanque de fermentación.

A continuación se describe el grafico de Gantt para las operaciones describiendo la ocupación de los tanques de licuefacción y fermentación.



#### 4.4.4 Balance de masas



#### 4.4.5 Requerimiento de agua para el proceso

La producción diaria requiere del procesamiento de 817 toneladas de maíz que durante este proceso se mezclan con agua, vinaza y la enzima  $\alpha$ -amilasa dejando la mezcla con un 30% de sólidos, por lo cual realizando un balance de masas y humedad resulta según la Fig.35.

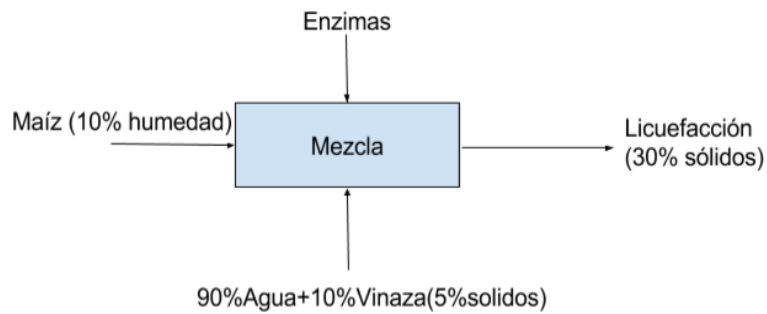


Fig.35. Materias y su % humedad utilizadas en la mezcla para licuefacción

**Balance de masas:**

Se dispone en dicho balance respecto al líquido considerando la siguiente forma:

$$\text{Líquido de entrada} = \text{Líquido de salida}$$

$$\text{Maíz} * \% \text{Liq.} + \text{Enzimas} * \% \text{Liq.} + \text{Agua} * \% \text{Liq.} = \text{Mezcla} * \% \text{Liq.} \quad (4)$$

Aplicado en (4) los valores correspondientes de cada materia para 1 lote, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$20,425 \text{ tn/día} + 0 + [0,9 * \text{Agua} * 1 + 0,1 * \text{Agua} * 0,95] = (20,425 \text{ tn/día} + 0,163 \text{ tn/día} + \text{Agua}) * 0,7$$

$$20,425 \text{ tn} + 0,995 * \text{Agua} = (204,36 \text{ tn/día} + \text{Agua}) * 0,7$$

$$\text{Agua} = 417,6 \text{ tn/día (agua + vinaza)}$$

Es decir que se requiere, para la etapa de licuefacción, 417,6 toneladas de agua por lote. Considerando una densidad de 1000 Kg/m<sup>3</sup>, el agua de pozo necesaria por cada lote de producción es de 108,5 m<sup>3</sup> (ver TABLA XXXI).

TABLA XXXI. Requerimiento de agua para licuefacción y su origen.

Insumo	DIARIO		POR LOTE	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Maiz	817	[tn/dia]	204,25	[tn/lote]
Vinaza	167,04	[tn/dia]	41,76	[tn/lote]
Agua de evaporador	1069,6	[tn/dia]	267,40	[tn/lote]
Agua de pozo	434	[tn/dia]	108,50	[tn/lote]

## 4.5 Requerimiento de maquinaria

La maquinaria necesaria para las primeras 2 etapas (ver TABLA XXXII) cubre las siguientes operaciones:

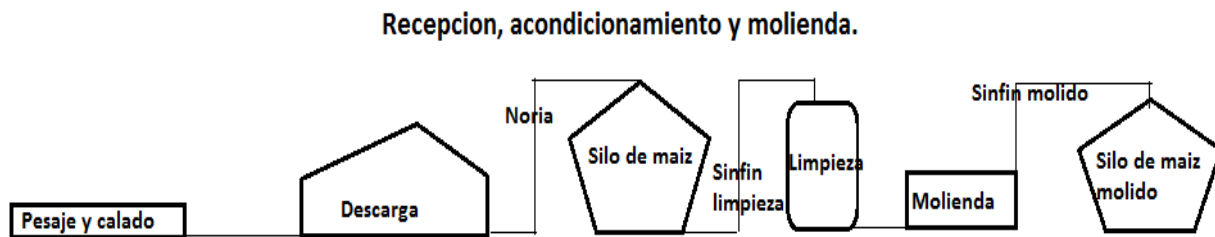


Fig 36. Equipos y operaciones para la recepción, acondicionamiento y molido

La etapa posterior al preparado de maíz molido es la licuefacción que tiene una duración de 4 horas el lote (2 horas de proceso + 1 hora llenado de agua y alcanzar la ebullición + 1 hora para vaciarlo).

Por lo cual, en 4 horas, se debe tener lista la próxima tirada que requiere de 205 toneladas de maíz molido, es decir que la maquinaria se adecúa para obtener unas 51,25 [tn/hora].

TABLA XXXII. Maquinaria utilizada en operaciones previas a licuefacción

Cantidad	Maquinaria
2	Bascula - ingreso y egreso -
1	Calador
1	Plataforma volcadora hidraulica
1	Noria
4	Silos de maiz
1	Sinfin abastecimiento de limpiadora
1	Limpiadora de granos
1	Sinfin abastecimiento de molino
1	Molino martillo
1	Sinfin abastecimiento silo molido
2	Silo maiz molido

## Básculas

Es necesaria una báscula en la zona de ingreso de camiones y otra en la de egreso. De acuerdo al decreto 79/98, el cual regulariza los pesos sobre la calzada que transmiten los medios de transporte de carga y pasajeros, el peso máximo bruto es de 45TN, con dimensiones de 4,10m y 2,60m de altura y ancho, respectivamente (ver Fig. 37).

Como la carga máxima que se moviliza desde o hacia nuestra planta es de 30Tn de maíz, el peso máximo del camión es de 15Tn, con el consecuente poder de medición de las básculas de 50Tn.

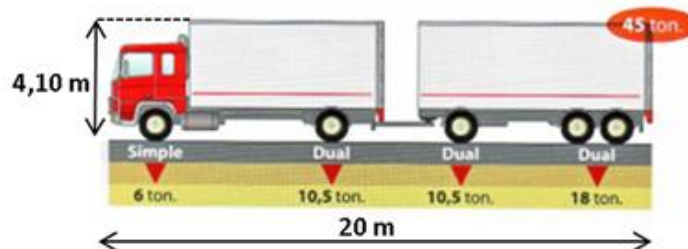


Fig.37 Dimensiones y carga máxima admitida para camión con acoplado



Las dimensiones de las básculas, entonces, son de 20m largo x 3.5m ancho x 0.30m alto. Se montan sobre el piso sin vigas laterales. El acceso es mediante rampas. Al estar elevadas, facilita la limpieza y el drenaje de agua y otros líquidos (etanol) que pudieran derramarse.

## **Calador**

El calador es el instrumento que se utiliza para la extracción de muestras de los camiones proveedores de cereal. La altura de la columna es de unos 5 metros, con la base realizada en chapa de  $\frac{3}{4}$ ". Sobre dicha columna se encuentra el brazo telescópico y la sonda caladora de 3 metros.

El accionamiento de la misma es realizado a distancia con transporte de las muestras neumático. El sistema central hidráulico está compuesto por una bomba hidráulica accionada por motor trifásico.

El calado se realizará a pie de la báscula como lo demuestra la Figura 38.



Figura 38. Calador hidráulico dispuesto al pie de la báscula.

## **Plataforma volcadora hidráulica**

La plataforma volcadora hidráulica posee unas dimensiones de 20 metros de largo por 3,2 metros de ancho. La inclinación que permite la plataforma es de hasta  $35^\circ$  y admite pesos de hasta 80 toneladas (en bruto, es decir, peso estructural de chasis y acoplado incluido). El sistema hidráulico que acciona los cilindros telescópicos está compuesto por una bomba con motor trifásico de 25 HP.

## Silos de maíz

Se utilizan silos de chapa galvanizada, con fondo plano y techo cónico. Sistema de ventilación natural. Todas las juntas y tornillos con O´Ring de caucho para asegurar estanqueidad.

Se cuenta con 4 silos de 2.500 toneladas cada uno<sup>32</sup>. Los mismos son instalados en planta por la empresa EMEL S.A, ubicada en la ciudad de Huanguelén, la misma proveedora de los tanques para almacenamiento del etanol.



Fig39. Silos con noria de carga.

Las dimensiones de cada uno son de 15,5 m. de diámetro y 15,2 m. de alto. La empresa proveedora a su vez realiza la instalación de elevadores de cangilón (noria), redlers y transporte helicoidal (sinfín) con sus respectivos motores.

## Limpiadora de cereal

Debido a que los tanques de licuefacción tienen una ocupación de 4 horas por lote, en la cual deben licuar 204,25 toneladas de maíz, en dicho ínterin, se debe tener el próximo lote de maíz limpio y molido listo para ser licuado.

Considerando que dicha cantidad debe ser de maíz limpio, y que es aceptable como máximo un 2% de impurezas, debe ser capaz de procesar poco más de 52 [tn/h].

---

<sup>32</sup> Las capacidades de acopio se dan en toneladas de trigo como referencia. El maíz no varía su peso específico respecto al trigo (750 kg/m<sup>3</sup>)

Se limpiadora elegida es la CEDAR LDZ-60, cuya capacidad de procesamiento es de 60 [tn/h]. La misma es de zarandas con una turbina de doble aspiración para las partículas volátiles.

### **Moedor martillo**

El martillo moedor, recibe el cereal ya limpio procedente de la limpiadora y debe procesar a un ritmo de 51,06 [tn/h].

Se utiliza un molino a martillos de MANFREDI & SCHIANCHI SRL modelo P.I.G HD con una capacidad de 60 [tn/hora] y una potencia de 300 HP.

### **Sinfín y Redler (Transportador a cadenas)**

Se utiliza 1 sinfín que abastece el molino martillo y dos para los silos de maíz molido.

El primero de ellos, debido a estar extrayendo maíz entero hacia el martillo moedor, es un sinfín tipo helicoidal con una capacidad de transporte de 60 [tn/h].

En la salida de la moedora, abasteciendo a los dos silos de maíz molido, se emplazan dos redler (transportadores de cadenas) como el de la Fig.40, con una capacidad de 30 [tn/h] cada uno de ellos.



Fig. 40 Vista externa e interna de un Redler

- Redler:
  - Cantidad = 2 (1 por silo).
  - Capacidad = 30[tn/h].

- Diámetro = 10”.
- HP = 5HP.

### Silo de maíz molido

Se utilizan 2 silos de maíz molido a la salida del martillo molidor y por encima de los tanques de licuefacción de modo tal que, una vez que los tanques de licuefacción alcancen los 50°C, se comienza el vertido del maíz molido por gravedad. Cada silo abastece a 4 tanques de licuefacción. Las dimensiones de cada uno de ellos son de 5,6 m. de diámetro y 4,75 m. de alto.

La capacidad real de los mismos será de 106 toneladas, cuya ocupación real por lote es de 102,125 toneladas.

### Post-molienda

Las operaciones se describen en la Fig.41.

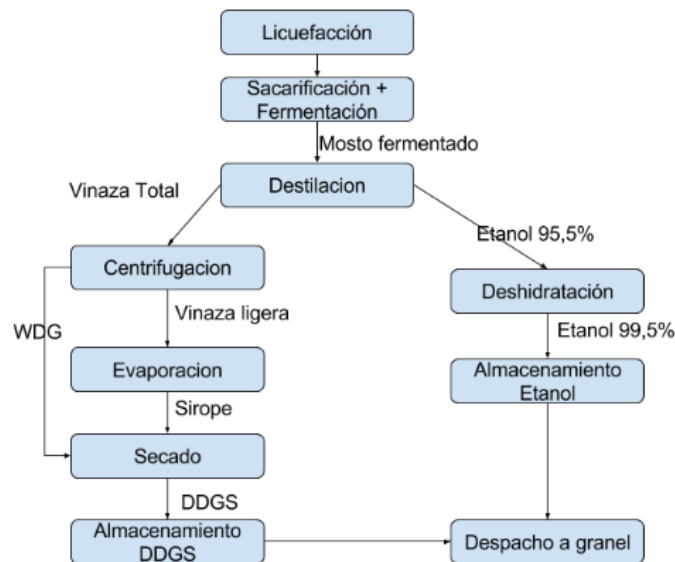


Fig.41 Operaciones post moliendas y productos intermedios intervinientes

## Tanques de licuefacción

Los tanques de licuefacción dispuestos posteriores a los silos de maíz molido tienen que tener una capacidad para almacenar el maíz molido, las enzimas, el agua y la vinaza de recuperación (ver TABLA XXXIII).

TABLA XXXIII. Capacidad tanque de licuefacción para contener las materias de 1 lote.

4 lotes por día				
Insumo	Cantidad	Unidad	1 lote	Unidad
Maiz	817	[tn/día]	204,25	[tn/lote]
Enzima	0,654	[tn/día]	0,164	[m3/lote]
Agua (evaporación + pozo)	1503,36	[m3/día]	375,84	[m3/lote]
Vinaza	167,04	[tn/día]	41,76	[tn/lote]
Densidad vinaza	1000	[kg/m3]	-	-
Vinaza	167,04	[m3/día]	41,76	[m3/lote]
Densidad maíz molido	0,7	[tn/m3]	-	-
Maiz molido	1167	[m3/día]	291,79	[m3/lote]
Densidad enzima	1000	[kg/m3]	-	[m3/lote]
Capacidad LICUEFACCION			709,55	[m3/lote]

Para la licuefacción son necesarios 8 tanques verticales con una capacidad de 100 m<sup>3</sup> cada uno teniendo una ocupación de casi 90%.

Sus dimensiones son de 8 metros de alto por 2 metros de radio construidos con acero AISI304 y cada uno con su correspondiente motor de agitación.

## Bomba centrífuga para bombeo desde napa

El llenado del tanque de licuefacción se hace, como ya se ha explicado, reutilizando agua del proceso de centrifugado, evaporación y unos 108,50 m<sup>3</sup> son de agua fresca bombeada desde las napas situadas a 60 m de profundidad.

En primera instancia se bombea el agua desde el pozo hacia un tanque pulmón a fin de ajustar el pH de la misma.

Para lo cual debe hallarse cuál es la pérdida de carga que debe superar la misma para poder hallar su potencia al caudal deseado:

TABLA XXXIV. Características de fluido a bombear.

Bomba centrífuga desde napa		
Cantidad	108,50	[m3]
Tiempo de bombeo	3,00	[h]
Q	0,0100	[m3/h]
velocidad	2,00	[m/s]
Area	0,01	[m2]
Radiotuberia	0,04	[m]
Diametro tuberia	3,15	[pulgadas]
e/D	$3,2 \cdot 10^{-5}$	<b>Turbulento</b>
Visc.cinematica	$1,003 \cdot 10^{-6}$	
Re	159.507,91	
Re	$1,6 \cdot 10^5$	
f.moody	0,016	
Presion a superar	715.816	Pascal=[Kg/m*s2]
Altura de elevacion	73,04	[m]

Los cálculos correspondientes se encuentran en el **Anexo 1. Cálculo para bomba centrífuga.**

La bomba seleccionada es una GRUNDFOS sumergible SP160-3-AA de 40 HP con una altura manométrica de 75 m.c.a, un diámetro de 10” y un caudal máximo de 43[m3/hora].

La bomba dispone de un caño camisa y caño porta filtro para realizar un correcto filtrado. A su vez, la misma está rodeada de grava para un prefiltrado, garantizando un agua libre de sólidos extraños.

## Otras bombas centrifugas

Para el transporte del mosto líquido a lo largo del proceso productivo se utilizarán 34 bombas de centrifugas para su impulsión. Las mismas serán necesarias para:

- 1 para impulsión TANQUE PULMÓN AGUA a LICUEFACCIÓN.
- 8 para impulsión del mosto desde cada tanque de LICUEFACCIÓN a FERMENTACIÓN.
- 9 para impulsión desde FERMENTACIÓN a COLUMNA DE SEPARACIÓN.
- 1 para impulsión desde TANQUE PULMÓN (TK200) a COLUMNA DE SEPARACIÓN.
- 1 para impulsión de las vinazas totales que van desde el fondo de COLUMNA DE SEPARACIÓN a CENTRIFUGADORA.
- 1 para impulsión de las vinazas ligeras desde CENTRIFUGADOR al EVAPORADOR.
- 1 para impulsión de vinazas ligeras de recirculo (aquellas que se utilizaran en el próximo lote) desde CENTRIFUGADORA a TANQUE DE VINAZAS (TK50).
- 1 para impulsión desde TANQUE DE VINAZAS a TANQUE DE LICUEFACCIÓN.
- 1 para impulsión desde CENTRIFUGADORA a SECADOR ROTATIVO.
- 1 para impulsión desde EVAPORADOR a SECADOR ROTATIVO.
- 1 para impulsión condensados desde EVAPORADOR a TANQUE DE CONDENSADO (TK220).
- 1 para impulsión de TANQUE DE CONDENSADO a TANQUE DE LICUEFACCIÓN.
- 1 para impulsión desde TAMICES a ALMACENAMIENTO TEMPORAL (TK90).
- 4 para impulsión desde ALMACENAMIENTO TEMPORAL (TK90) a ALMACÉN PARA DESPACHO (TK1500).
- 2 para impulsión ALMACEN PARA DESPACHO (TK1500) a CAMIÓN CISTERNA.

## **Tratamiento de agua de pozo**

Como la mayoría de las aguas subterráneas poseen un pH entre 6,5 y 8, es necesario bajarle el nivel de pH hasta 6 y eliminar impurezas antes de ingresar a los tanques de licuefacción. Entonces la bomba sumergible impulsa el agua tomada de las napas hacia el tanque pulmón para el ajuste de pH.

De aquí parte el agua limpia y con el pH modificado. Se almacena en un tanque pulmón hasta que sea requerido su uso en los tanques de licuefacción. En dicho tanque pulmón, además, se toman muestras para corroborar que el pH goza de los niveles deseados.

El tanque pulmón tiene una capacidad de 120 m<sup>3</sup> y está conformado por polietileno de alta densidad (HDPE) para evitar problemas de corrosión. Se instala en una superficie cubierta para evitar daños por los rayos UV.

## **Fermentadores**

Se utiliza 1 fermentador por lote. Debido a que el tiempo dentro de los mismos es de unas 52 horas entre el llenado, proceso, vaciado y limpieza, se adquieren 9 fermentadores (ver sección 4.5.3 Programación de la Producción). La capacidad del fermentador debe ser de la misma que los tanques de licuefacción ya que la adición de ácido sulfúrico (0.632 toneladas con densidad de 1.8 tn/m<sup>3</sup>), enzimas y levadura, no afecta significativamente el volumen del mosto a fermentar.



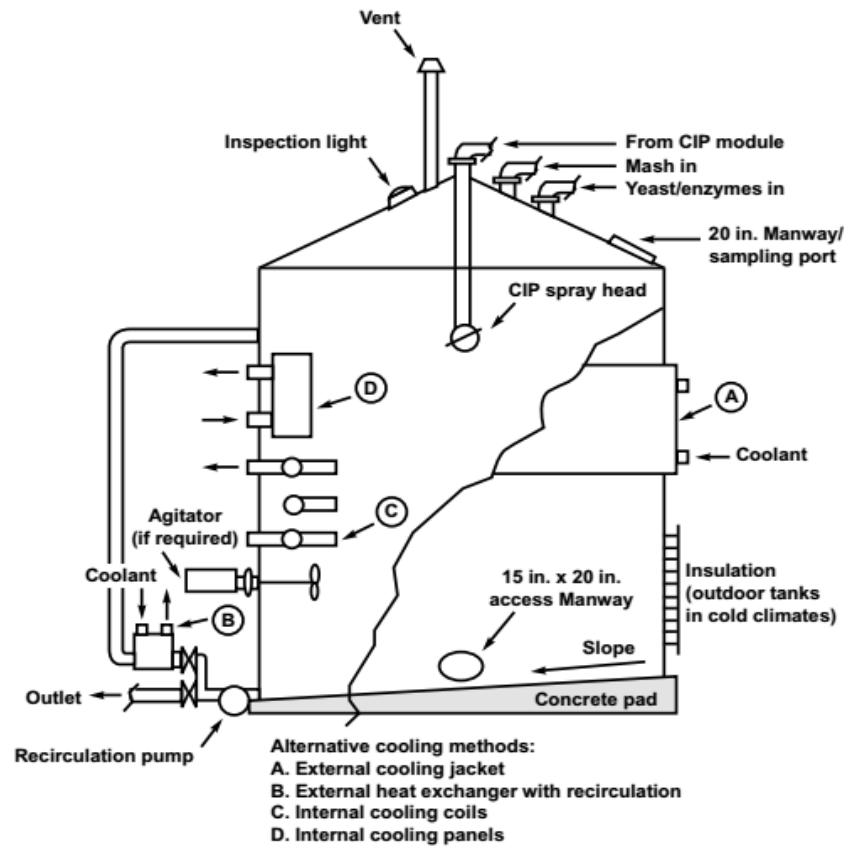


Figure 8. Alcohol fermenter with sloping bottom (Alltech/Bishopric, 1981).

33

Fig. 41 Esquema típico de un fermentador de lotes y sus partes

Luego de la descarga de los mismos se realiza la limpieza con una duración de 30'' con circulación de detergente, agua y esterilización.

El fermentador debe poder disipar la energía desprendida en el proceso de fermentación de la siguiente manera:

El proceso de conversión de glucosa a etanol y CO<sub>2</sub> libera 813,88 BTU por cada kilo de etanol producido.

<sup>33</sup> Esquema extraído del libro The Alcohol textbook 4th Edition, edited by TP Lyons and DR Kelsall

TABLA XXXV. Energía a disipar por cada fermentador.

REFRIGERACION POR LOTE						
Etanol por lote [l]	Densidad [Kg/l]	Etanol por lote[Kg]	BTU	Horas	Energía disipada[BTU/h]	[kW]
81.700,00	0,79	64.543,00	52.530.665,85	20,00	2.626.533,29	769,84

34

Cada fermentador debe tener una capacidad de refrigeración de 769,84 kW.

Para facilitar la limpieza de los mismos, su material será de acero AISI304 (acero inoxidable). Las dimensiones del mismo serán de 12 metros de alto por 10 metros de diámetro.

Como se muestra en la figura, su construcción tiene establecida la conexión a un sistema de limpieza CIP (clean in place) por lo cual no se considerara la bomba para este fin.

## Torres de refrigeración

Luego del proceso de licuefacción, proceso que se da entre 30 a 60 minutos a una temperatura constante de 90°C, la mezcla licuada necesita descender la temperatura a unos 30°C para dar lugar al proceso de fermentación.

Para lograr dicho descenso de temperatura, se hace pasar la mezcla por un intercambiador de calor que utiliza agua como fluido refrigerante.

Esta agua, una vez que absorbe el calor requerido por la mezcla para lograr el descenso esperado, incrementa su temperatura por lo cual, es necesario que la misma lo disipe.

Para lograrlo, se dispone de una torre de refrigeración que es la encargada de esta operatoria.

---

<sup>34</sup>Ver Anexo 2- Cálculo de Refrigeración

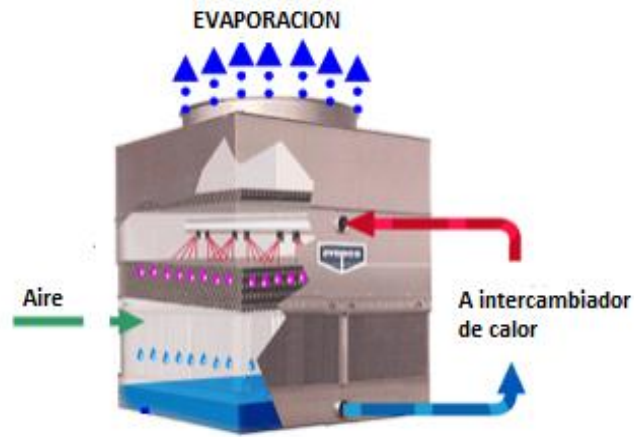


Fig.42. Esquema de funcionamiento de una torre de refrigeración.

## Intercambiadores de calor

Para lograr las variaciones de temperatura de la mezcla líquida (mosto), a lo largo del proceso, se la hace circular por intercambiadores de calor bajo el siguiente esquema (Fig.43).

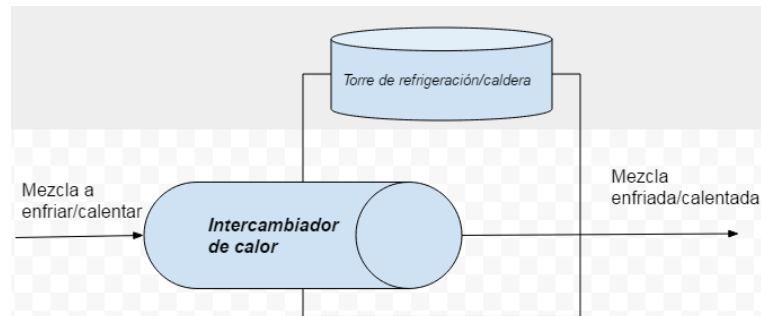


Fig.43 Esquema funcionamiento intercambiador de calor.

Al mosto se lo hace pasar por los intercambiadores cuando se requiera un ascenso o descenso de su temperatura. El fluido, una vez que absorbe o cede la energía necesaria buscando el equilibrio térmico, vuelve a su fuente de generación/pérdida de dicha energía completando su ciclo.

## Destiladores

El sistema de destilación está compuesto por dos torres, una de separación y otra denominada de rectificación.

En la primera de ellas se recibe la mezcla procedente de los fermentadores. Se la hace circular por un hervidor, el cual es un intercambiador de calor que utiliza vapor proveniente de la caldera para aumentar su temperatura y lograr la separación de los productos volátiles de la mezcla (el etanol).

Por el fondo de la columna, recircula parte de las fracciones pesadas de la mezcla, mientras que la otra fracción, ya libre de etanol, denominada vinaza total, se encamina al proceso de centrifugado.

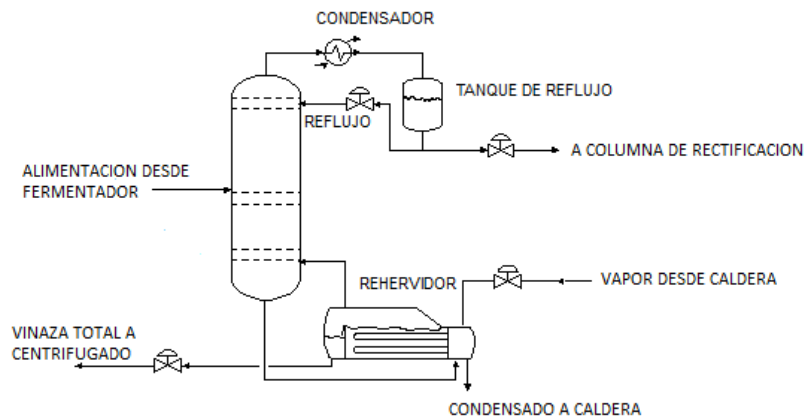


Fig.44. Esquema columna de separación.

Por la cabeza de esta columna, salen los vapores volátiles compuestos por agua y etanol. Se direccionan hacia la columna de rectificación a fin de lograr una mayor extracción del agua presente en la misma.

La columna de rectificación recibe la mezcla de etanol y agua procedentes de la cabeza de la torre de separación para obtener un etanol del 95%.

La presión de operación en ambas columnas es de 1 bar y las temperaturas máximas de trabajo de 99,5°C. Su material consiste en acero AISI304.

## Centrifugadora

Los 496,73 tn/lote de vinazas con un 14% de sólidos que salen de las columnas de destilación, se hacen circular por la centrifugadora a fin de obtener por un lado la torta WDG (wet distillers grains) y las vinazas ligeras por el otro. La centrifugadora seleccionada es una FLOTTWEG Z73-4 como se puede observar en la siguiente Fig 45.

TABLA XXXVI. Características de procesamiento de la centrifugadora<sup>35</sup>

CENTRIFUGADORA			
Tiempo de Procesamiento por lote [hs]	Caudal[tn]	Densidad[tn/m3]	Caudal a procesar[m3/h]
4,50	496,23	1,30	84,83

TECHNICAL DATA FOR FLOTTWEG DDGS DECANTERS					
Type	Z4E-4	Z5E-4	Z6E-4	Z73-4	Z8E-4
Bowl diameter	420 mm / 16.5"	530 mm / 21"	620 mm / 24.5"	730 mm / 28.5"	770 mm / 30"
Bowl speed	4200 rpm	3500 rpm	3200 rpm	2750 rpm	2650 rpm
g-force	4115	3610	3530	3080	3000
Materials of construction	All product wetted parts are made of high grade austenitic stainless steel (AISI 316 and superior) and Duplex				
Dimensions* (L x W x H)	3493 x 1000 x 1200 mm 137" x 40" x 47"	4180 x 1560 x 1140 mm 165" x 61" x 45"	4804 x 1440 x 1290 mm 189" x 57" x 51"	4815 x 2350 x 1450 mm 190" x 93" x 57"	6400 x 2000 x 1500 mm 252" x 80" x 59"
Gross weight*	3000 kg 6615 lb	6200 kg 13 225 lb	9230 kg 20 350 lb	10 500 kg 23 150 lb	15 000 kg 33 000 lb
Motor for bowl drive	22 kW 30 hp	55 kW 75 hp	110 kW 150 hp	150 kW 200 hp	160 kW 215 hp
Motor for scroll drive Flottweg Simp Drive®	4 kW 5 hp	15 kW 20 hp	22 kW 30 hp	30 kW 40 hp	55 kW 75 hp
Max. Capacity**	20 m <sup>3</sup> /h / 90 gpm	40 m <sup>3</sup> /h / 175 gpm	74 m <sup>3</sup> /h / 325 gpm	85 m <sup>3</sup> /h / 375 gpm	130 m <sup>3</sup> /h / 570 gpm

\* to be understood as guidelines  
\*\* actual capacity depends on type and composition of raw material

Fig.45 Especificaciones técnicas centrífuga FLOTTWEG.

<sup>35</sup> Datos de densidad extraídos de “Química de Alimentos: Manual de laboratorio” de Bolaños V., Giselle Lutz C., Carlos H. Herrera R.

## Evaporador al vacío con condensador

A las vinazas ligeras, con excepción de las que se utilizaran para la próxima partida, se les debe extraer agua a fin de lograr el producto intermedio denominado CDS (Sirope-Condensados Solubles de la destilación, compuesto por partículas finas del grano). Para lograrlo, se las hace circular por un evaporador de vacío. Se utiliza esta tecnología porque, además de permitir la reutilización de la fase líquida separada, disminuye los requerimientos de vapor necesarios para lograrlo. Esta reducción de vapor se debe a que se trabaja a una presión por debajo de la atmosférica, reduciendo así la temperatura de ebullición de la vinaza.

El evaporador debe poder procesar 305,64 [tn/lote] en 4,5 horas, es decir, posee una capacidad de procesamiento de 67,92 [tn/h] en la cual se busca una concentración de los sólidos de 5% al 40% y obtener 267,44 m<sup>3</sup> de agua para reutilizar.

El evaporador trabaja a una presión estimada de entre 5kPa y 15 kPa. Las vinazas a procesar logran la evaporación a una temperatura de entre 40°C y 60°C. En este caso, el equipo evaporador hace de intercambiador de calor.

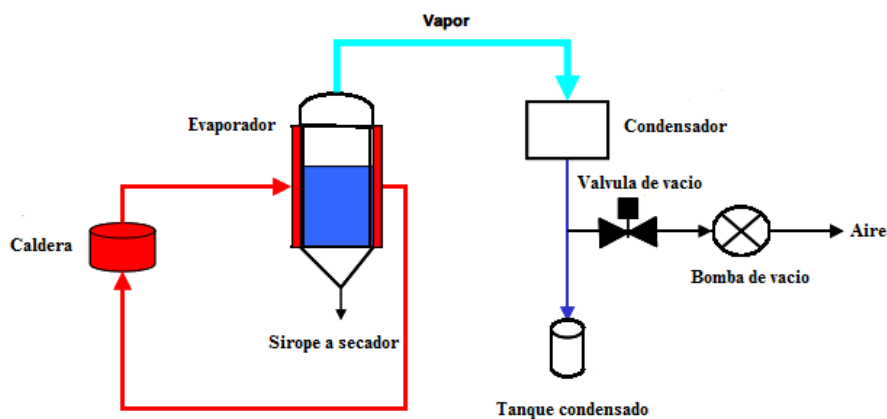


Fig.46 Esquema típico de funcionamiento de evaporador al vacío.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Esquema modificado de "Sistema de control de evaporación al vacío" de Abril Requena y Gómez Ochoa

## Secador

Se utiliza un secador de tipo rotatorio de fuego directo. En su cuerpo principal, siendo un cilindro hueco, se hace circular el sirope con la WDG y en contracorriente se le hace circular una corriente de aire caliente que entra en contacto con el producto y reduce su humedad al 10%. Su esquema de funcionamiento se detalla en la Fig.38.

El aire caliente que entra en contacto con la WDG y el Sirope, logrando la DDGS, es producto de la combustión de un quemador que utiliza gas como combustible.

Este secador tiene una capacidad de procesamiento de al menos 41,56 [tn/h].

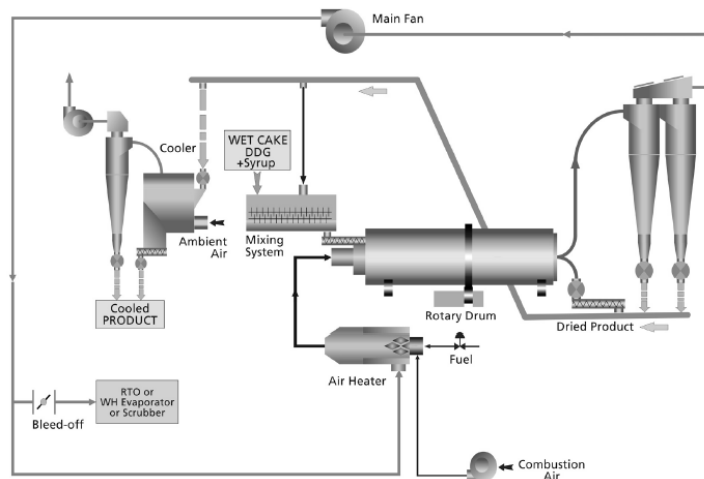


Fig 47. Esquema de funcionamiento secador rotatorio de tipo directo.

En la unidad de generación de aire caliente se combina el aire de secado con los gases de la combustión del quemador.

## Turbogenerador

Para la producción de energía eléctrica y térmica se utiliza un sistema de cogeneración con una turbina capaz de producir la energía necesaria para el proceso.

El mismo es un TURBOGENERADOR SIEMENS SGT-300 de 7,9 MW. Las características técnicas provistas por el proveedor se detallan en la siguiente tabla:

TABLA XXXVII. Características operativas del turbogenerador.

Turbogenerador SGT-300 SIEMENS		
Potencia generada	7.900,00	[kW]
Caudal de escape	30,20	[kg/s]
Temperatura gas de escape	542,00	[°C]
Produccion de vapor -Sin contemplar quemador post combustion-	19,00	[tn/h]
Consumo de gas	2.208,00	[m3/h]
Emisiones NOx <=	15,00	[ppmV]
Velocidad turbina	14.010	[rpm]
Eficiencia Electrica	30,6	[%]

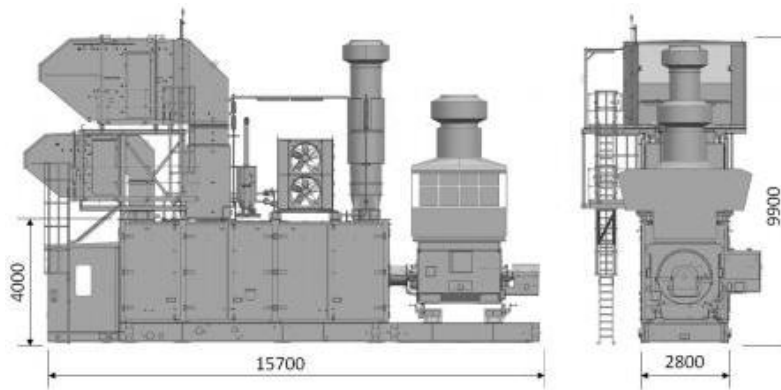


Fig.48. Esquema y dimensiones básicas del turbogenerador

### Caldera de recuperación (HRSG Boiler)

La caldera se halla encargada de la recuperación de los gases de la combustión del turbogenerador y está provista con un quemador post-combustión que permite llegar a la capacidad de producir las 67 [tn/h] requerida por los diferentes procesos a la presión necesaria para los mismos.



El consumo de gas del quemador post-combustión para lograr la capacidad de producción de vapor requerida es de 2.369 [m<sup>3</sup>/h].<sup>37</sup>

La misma es la encargada de la generación de vapor de media presión (10 bar) requerido en los procesos que precisan de este fluido para el aporte de energía térmica. Los procesos son la licuefacción, destilación, deshidratación y evaporación.

A su vez, se posicionan válvulas reguladoras de presión en las redes de vapor aguas abajo de la caldera a fin de regularla según el requerimiento de cada uno de los procesos.

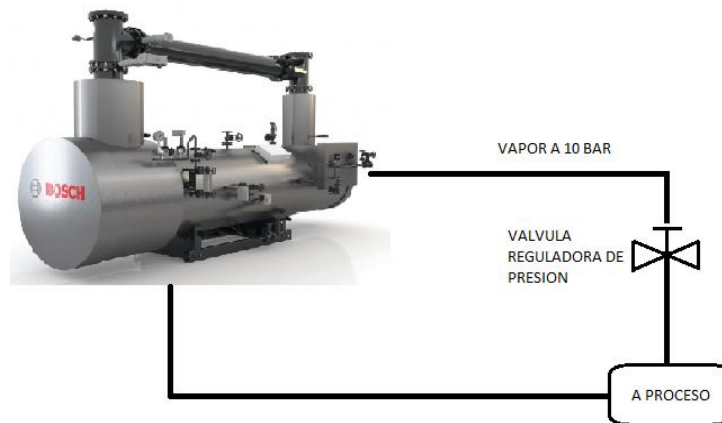


Fig.49. Esquema circuito de vapor.

## Agua para calderas y torre de refrigeración

El agua utilizada en la caldera y la torre de refrigeración debe contar con ciertos requisitos por lo cual se dispone de un equipo de tratamiento de agua provisto de un equipo ablandador de agua, un sistema de dosificación de productos químicos y un desgasificador.

<sup>37</sup> Datos proporcionados por Bosch Industrial.

## Tanque pulmón para destilación

Como se ha indicado en la sección **4.5.3 Programación de la producción**, se cuenta con un tanque pulmón para recibir el mosto fermentado desde los tanques fermentadores, previo a la destilación. Con esto se busca que la destilación sea una operación continua.

Esto se debe a que una vez finalizada la etapa de fermentación, se disponen de 3 horas para vaciar cada fermentador, mientras que la destilación de cada lote, demanda de 4,5 horas. Para lograr equilibrar dicha diferencia en los ritmos de vaciado de fermentador y procesamiento de la destiladora, se hace uso de un tanque pulmón que es el encargado de recibir el mosto correspondiente a dicha diferencia.

El mosto fermentado a abastecer la torre de destilación es de 560,78 toneladas por lote (ver Sección 4.5.4 Balance de masas) y el vaciado del fermentador debe hacerse en 3 horas. Por otro lado, el ritmo de destilación es de dicho caudal másico pero en 4,5 horas. En las 18 horas diarias de producción se destilan 4 lotes (ver TABLA XXXVIII).

De esta forma, una vez que se comience el vaciado del fermentador, una fracción del mosto va a la destiladora y el restante a este tanque. Así una vez que se haya vaciado completamente el fermentador, se procede a destilar el mosto del tanque pulmón.

TABLA XXXVIII. Características del proceso vaciado de fermentador

<b>Mosto - Fermentador a Destilacion</b>		
<i>Caudal a procesar</i>	<b>560,78</b>	[tn]
<i>Tiempo para vaciar fermentador</i>	<b>3,00</b>	[h]
<i>Ritmo de vaciado</i>	<b>186,93</b>	[tn/h]
<i>Tiempo para destilar</i>	<b>4,50</b>	[h]
<i>Caudal recibido por destiladora</i>	<b>124,62</b>	[tn/h]
<i>Ritmo de llenado del silo pulmon</i>	<b>62,31</b>	[tn/h]
<i>Mosto a almacenar en tanque pulmon</i>	<b>186,93</b>	[tn]
<i>Densidad de Vinaza</i>	<b>1,03</b>	[tn/m <sup>3</sup> ]
<i>Capacidad tanque pulmon</i>	<b>181,48</b>	[m <sup>3</sup> ]



Fig.50 Demuestra la variación de mosto en tanque pulmón respecto al tiempo

### Tanques de almacenamiento de etanol anhidro

El parque de almacenamiento de etanol anhidro tiene una capacidad de almacenaje para 10 días de producción, es decir una capacidad de 3.268 m<sup>3</sup>.

Se tienen 4 depósitos de 90 m<sup>3</sup> cada uno correspondientes a la producción de cada lote diario a la espera de ser analizados para, en caso de ser aceptado, homogeneizar con las partidas ya aceptadas. Estas muestras aceptadas están dispuestas en dos tanques de 1500 m<sup>3</sup> cada uno. La capacidad total de almacenaje es de 3360 m<sup>3</sup>, mientras que la capacidad efectivamente utilizada es de 3268 m<sup>3</sup>.

La empresa que provee estos tanques es la misma que realiza la construcción de los silos de maíz con todo su sistema de acarreo y distribución, EMEL S.A. Los tanques de etanol anhidro son construidos bajo la norma API 650.

TABLA XXXIX. Tanques de almacenamiento de etanol y dimensiones

Cantidad[unid]	4	2
Capacidad[m3/unid]	90	1500
Alto[m]	6	8
Diametro[m]	4,4	15,5

### Caudalímetro para carga de etanol

Para la carga de camiones cisternas se utiliza un caudalímetro másico de tipo coriolis. Se utiliza este tipo de caudalímetros debido a su gran exactitud, y en consecuencia, reducida pérdida monetaria por error de lectura ( $\text{error} \leq 0,05\%$ ). El caudalímetro elegido es el Siemens FC430.

### Redler DDGS a nave de almacenamiento y a camión

La DDGS se dirige desde la salida del secador rotatorio hacia la nave industrial donde se almacena mediante un redler tal como el descrito para el llenado de los silos de maíz molido.

Este redler, tiene su boca de entrada en la salida del secador, y transporta la DDGS al mismo ritmo que sale la DDGS del secador, es decir  $61,28$  toneladas cada  $4,5$  hs =  $13,7$  [ton/h].

Posee una inclinación vertical para ir hasta la parte superior de la nave industrial, dejando caer al producto por gravedad hacia el mismo lugar donde se encuentra el foso de carga del redler hacia camión (ver Fig.51, imagen derecha).



Fig.51 Nave de almacenamiento DDGS y carga de camión.

## Tractor con pala frontal

La descarga por gravedad del redler desde el secador, en caso de que la carga de camiones de DDGS no sea fluida, hace que este se acumule por encima del foso del redler de carga. Una vez que se comience con la carga de camiones, se debe ir acompañando parte del montículo de DDGS hacia el foso de carga. Para lograrlo se pone a disposición un tractor con pala frontal de accionamiento hidráulico (ver Fig.51, imagen izquierda).

## Sistema de pesaje continuo de carga

Para obtener un control continuo de la carga de DDGS en los camiones, debido a leyes de tránsito que impiden la circulación de camiones con un peso mayor a las 45 toneladas en bruto, y a fin de conocer con exactitud la expedición de cada uno de los camiones, se opta por un sistema de pesaje continuo de carga.

### FUNCIONAMIENTO

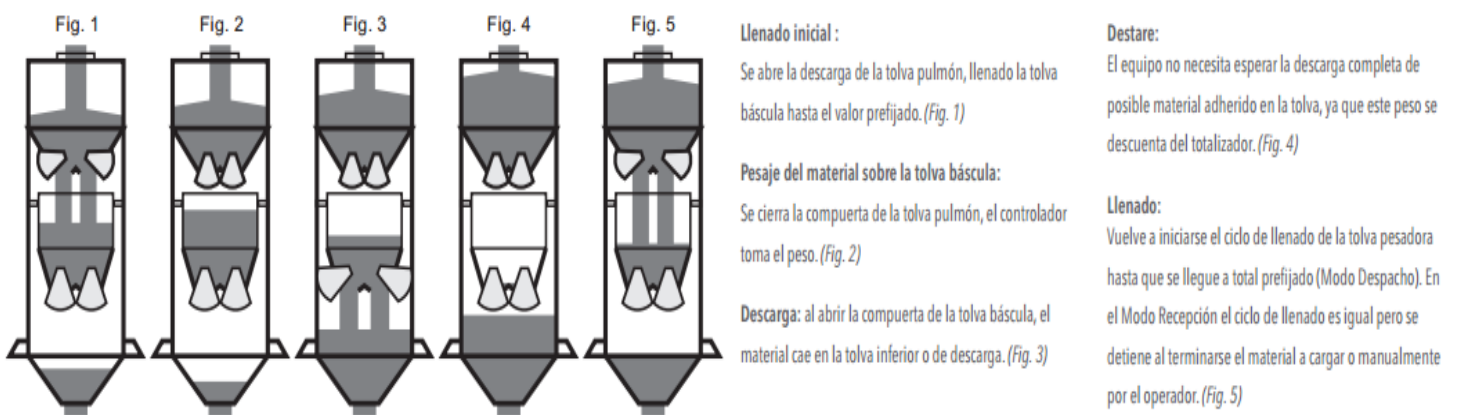


Fig.52 Funcionamiento de pesaje continuo de descarga DDGS a camión (Fuente:Sipel).

## 4.6 Requerimiento de personal

El análisis del personal necesario se analiza según las etapas del proceso productivo y, en segundo lugar, de las áreas suplementarias que permiten su funcionamiento, además de áreas auxiliares tales como seguridad, administración y comercial. Para la producción diaria inicial de 261m3 diarios, se requiere del siguiente personal:

TABLA XL. Requerimiento de recursos humanos por área.

Área	Categoría	Cantidad	Turnos	Total
<b>Gerente General</b>		1	1	1
<b>Planta</b>	Gerente	1	1	1
Mantenimiento	Jefe	1	1	1
Mantenimiento	Supervisor	1	2	2
Mantenimiento	Operario	8	2	16
Supply	Jefe	1	1	1
Supply	Supervisor	2	2	4
Supply	Operario	2	2	4
Producción	Jefe	1	1	1
Producción	Supervisor	1	2	2
Producción	Operario	10	2	20
Calidad	Jefe	1	1	1
Calidad	Supervisor	1	2	2
Calidad	Operario	2	2	4
<b>Administración</b>	Gerente	1	1	1
Administración	Jefe	1	1	1
Administración	Asistente	5	1	5
<b>Comercial</b>	Gerente	1	1	1
Comercial	Jefe	1	1	1
Comercial	Asistente	8	1	8

Dando un resultado inicial de 77 empleados. El organigrama de la organización queda configurado de la siguiente manera:

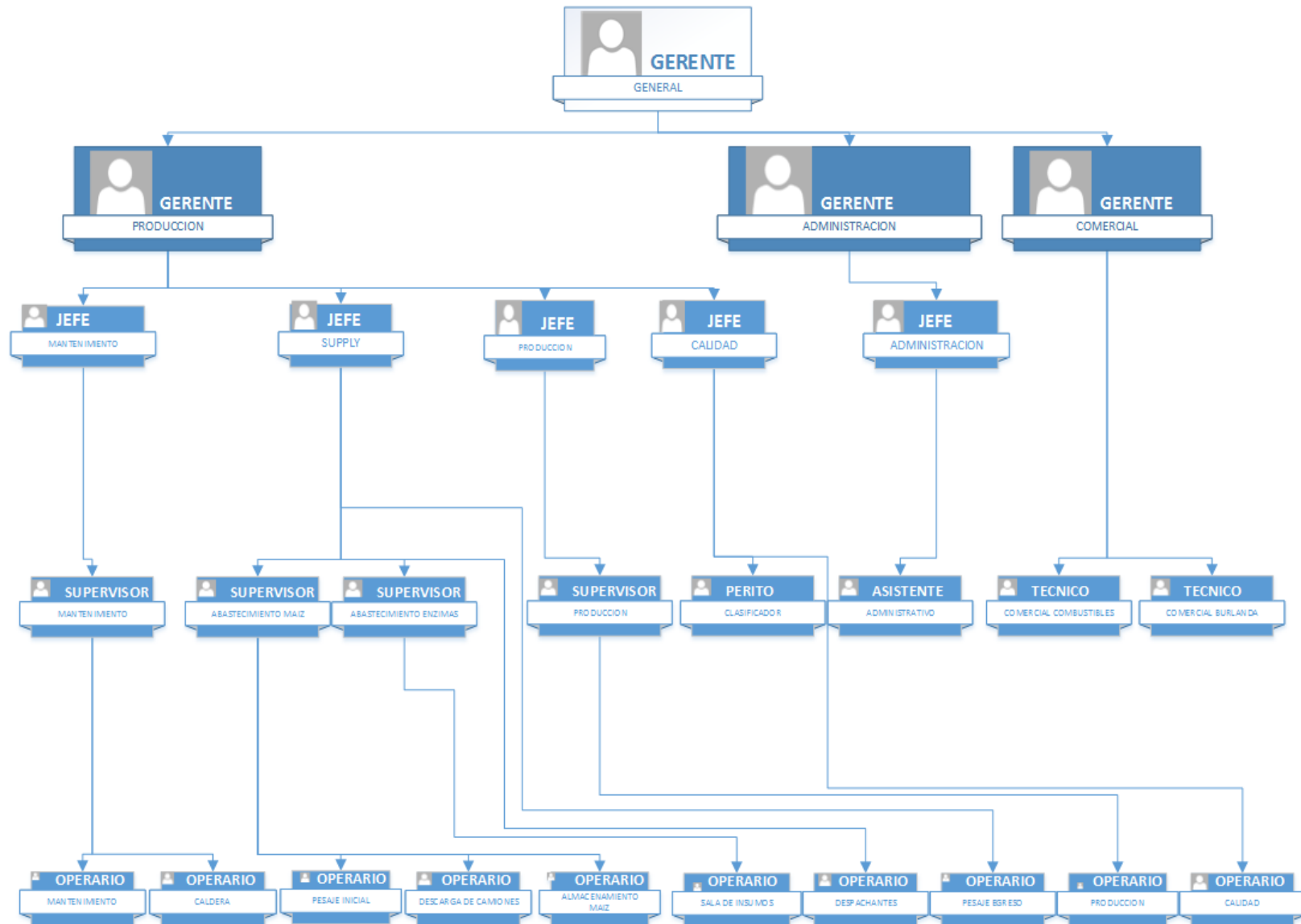


Fig.52 Organigrama de recursos humanos de la planta.

## 4.7 Requerimiento eléctrico

El consumo energético eléctrico en las plantas de bioetanol varía entre los 0,25 kWh y los 0,45 kWh por cada litro de etanol producido<sup>38</sup>. En la planta, son requeridos **0,35 kWh eléctrico por cada litro de etanol** producido siendo las áreas de secado, molienda e instalaciones en general las que precisan un mayor consumo energético eléctrico.

TABLA XLI. Requerimiento eléctrico en la planta.

Requerimiento electrico		
Consumo electrico	0,35	[kWh/lt]
Produccion	326.000,00	[lt]
Requerimiento diario	114.100,00	[kWh/dia]
Potencia Necesaria instalada	7.131,25	[kW]
Potencia Requerida	7,13125	MW

## 4.8 Requerimiento de vapor

El consumo de vapor típico en las plantas de estas características es de 3 Kg por cada litro de etanol producido. El mayor requerimiento del mismo se da en las torres de destilación para la separación del etanol del mosto. El requerimiento térmico es la mayor fuente de energía que se necesita en la planta. El sistema de generación de vapor debe tener una capacidad de 67 toneladas hora.

<sup>38</sup> Datos extraídos de The Alcohol Textbook. Kelsall y T.P Lyons.



TABLA XLII. Requerimiento de vapor por área<sup>39</sup>.

Etapa	Consumo[Kg vapor*Referencia]	Referencia[Lt Etanol - KgAgua]	Vapor diario[kg]	Horas diarias	Kg Vapor/h	%
Licuefacción	0,3	326.800,00	98.040,00	16	6.127,50	9,28%
Destilación	1,8	326.800,00	588.240,00	16	36.765,00	55,69%
Deshidratación	0,15	326.800,00	49.020,00	16	3.063,75	4,64%
Evaporación	0,3	1.069.760,00	320.928,00	16	20.058,00	30,38%
<b>Total</b>			<b>1.056.228,00</b>	<b>16</b>	<b>66.014,25</b>	<b>100,00%</b>

## 4.9 Requerimiento de gas

El consumo de gas se reparte principalmente entre la caldera, el secador de tipo rotativo y la turbina para la cogeneración.

El consumo de gas en plantas de producción de etanol sin cogeneración de energía es de 2,787 kWh<sup>40</sup> por cada litro de este producto, que equivale a un consumo de 0,258 m<sup>3</sup> de gas<sup>41</sup> por cada litro.

TABLA XLIII. Requerimiento de gas para cada equipo<sup>42</sup>.

GAS		
Equipo	Consumo	Unidad
Turbina	0,117	[m3/litro]
Caldera y otros (Quemador post-combustion)	0,116	[m3/litro]
Secador rotativo directo	0,072	[m3/litro]
<b>Total</b>	<b>0,305</b>	<b>[m3/litro]</b>

<sup>39</sup> El requerimiento de vapor para evaporación es de 0,3 Kg de vapor por cada Kg de agua evaporada. Las restantes referencias son Kg de vapor por cada litro de etanol producido.

<sup>40</sup> The Alcohol Textbook 4th edition - 36.000 BTU de gas por galón de etanol producido:[2,787 kWh/lit] -

<sup>41</sup> Considerando el gas con un poder calorífico de 9300 [kcal/m3]

<sup>42</sup> Anexo 3 - Consumo de la turbina

En el presente trabajo, se proyecta un consumo *0,305 m<sup>3</sup> de gas por cada litro de etanol* producido, repartiéndose los mismos como se muestra en la tabla (Ver TABLA XLIII).

El consumo de gas del secador es de 0,096 m<sup>3</sup> de gas por cada kilogramo de DDGS que se está produciendo, o, lo que es equivalente, a 0,072 m<sup>3</sup> de combustible por cada litro de etanol.

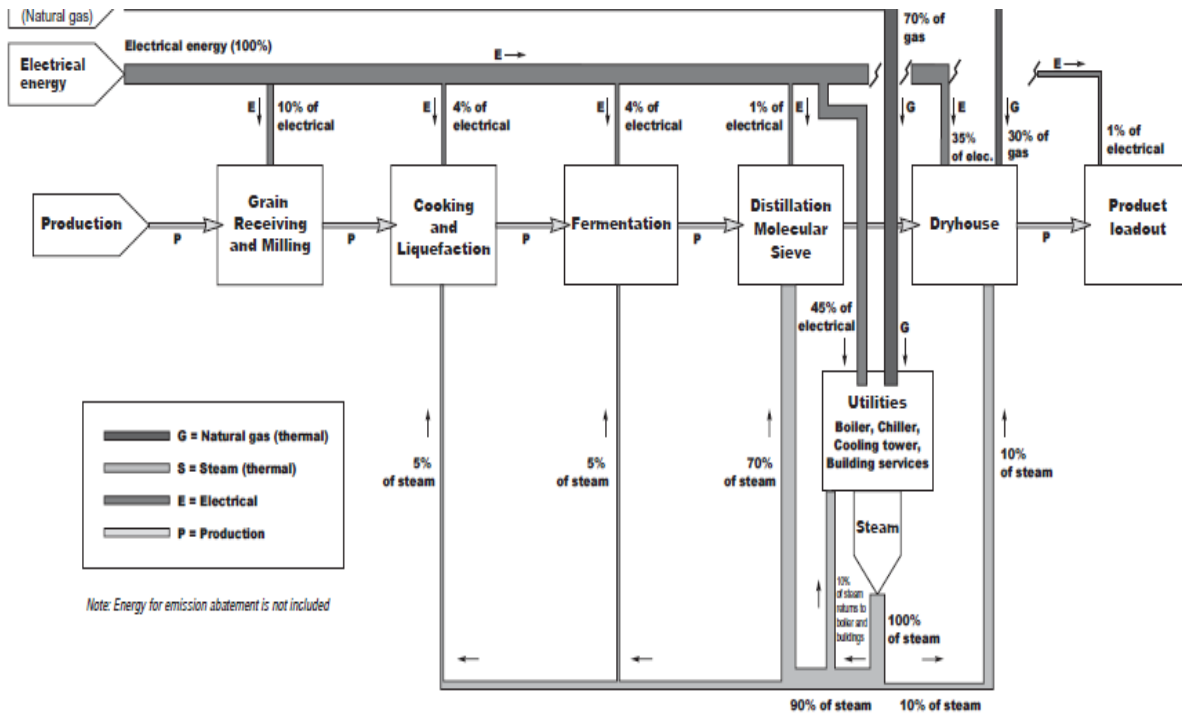


Figure 1. Energy flow through an ethanol plant.

Fig 53. Balance energético de plantas de bioetanol (Fuente: The Alcohol Textbook, Kelsall y T.P Lyons.)

## 4.10 Cogeneración con turbina de gas

Para el proceso completo se requieren de dos tipos de energía: térmica y eléctrica. Debido a esto, las alternativas para disponer de las mismas se limitan al abastecimiento de energía en forma eléctrica y térmica de forma independiente o un sistema que mediante la utilización de un solo combustible, permita la generación y transformación del mismo en los dos tipos de energía necesarios. Es por esto, que se utiliza un sistema de cogeneración de energía.

Este tipo de sistema de cogeneración permite mediante la utilización de un combustible (combustión del gas en éste caso), transformar la energía cinética en mecánica y luego por inducción, en eléctrica. Por otro lado, permite aprovechar el calor residual producto de la combustión y con la utilización de un fluido portante (agua/vapor), transportarla para ser utilizada en las diferentes etapas del proceso.

En la planta, la mayor cantidad de energía requerida es térmica, es por esto que se tiene un sistema de cogeneración de energía con turbina de gas.

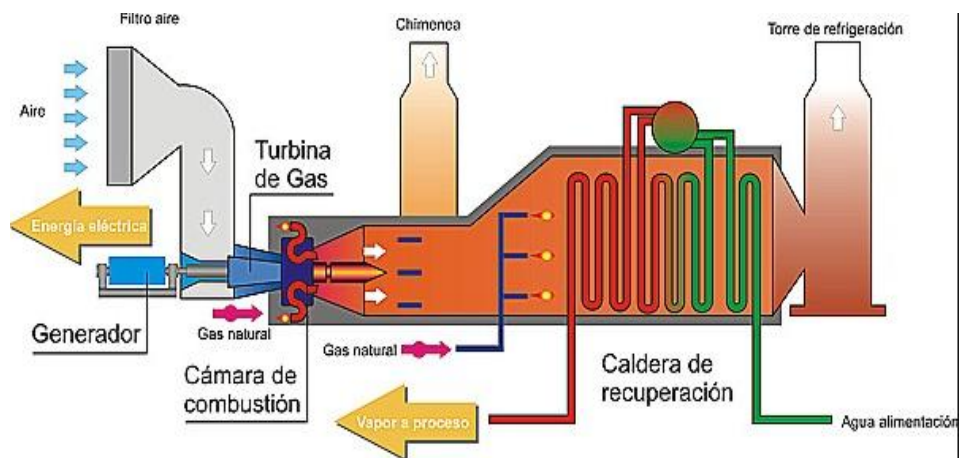


Fig.54 Esquema de funcionamiento típico de turbina de gas con caldera de recuperación.

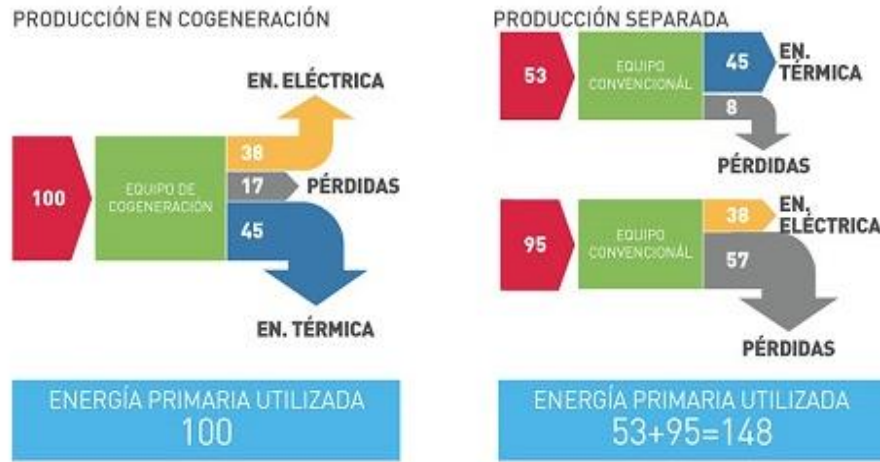


Fig.55 Comparativa eficiencias provisión de energía independiente vs cogeneración.

El requerimiento energético de es el descrito en la siguiente tabla:

TABLA.XLIV Requerimiento de energía térmica (vapor) y eléctrico (electricidad).

Requerimiento energético		
Tipo	Cantidad	Unidad
Vapor	67	[tn/h]
Electricidad	7,15	[MWe]

Por lo cual se elige una turbina capaz de generar la electricidad para autoconsumo. Debido a que el vapor generado por los gases de la combustión de la turbina no es suficiente para los requerimientos de los procesos, se hace uso de una caldera de recuperación con un quemador post-combustión.

Como se ha visto en requerimiento energético, la turbina es capaz de generar 7,9 MW con una producción de 19 tn/h de vapor, por lo que la caldera de recuperación debe tener un quemador capaz de producir las 48 tn/h restantes a la presión requerida por los procesos.

## 4.11 Layout de planta

Dentro de la planta pueden definirse 3 diferentes áreas:

- Producción
- Auxiliares de producción
- Administración

Los requerimientos de superficie para cada una de ellas a modo estimativo son las siguientes:

TABLA XLV. Dimensiones de la planta por área.

Requerimiento de terreno					
Sector	Actividad	[m2]	Sector	Actividad	[m2]
Complementarias a producción	Seguridad	9	Producción	Limpieza + Molienda	100
	Recepción de camiones	20		Licuefacción	1800
	Zona de espera	300		Fermentación	2000
	Egreso de camiones	20		Destilación	800
	Caminos	7000		Deshidratación	200
	Descarga de cereal	60		Separación	1200
	Zona de silos	4000		Administración	Oficinas
	Laboratorio	150	Comedor		100
	Caldera	250	Baños		80
	Sala de mantenimiento	150	Enfermería		25
	Almacén de etanol	2000	Estacionamiento		1000
	Almacén de DDGS	1000			
Sala de insumos	400				
<b>TOTAL</b>			<b>23.094,00</b>		<b>m2</b>
Futuras ampliaciones[25%]			5.773,50		m2
Terreno necesario			28.867,50		m2
<b>Predio</b>			<b>50.000,00</b>		<b>m2</b>

El predio requerido es de 5 Ha, teniendo 200 metros de frente para el ingreso y egreso de camiones y automóviles del personal, y 250 metros de fondo.

La zona de oficinas (430m<sup>2</sup>), comedor (100m<sup>2</sup>), baños (80m<sup>2</sup>), enfermería (25m<sup>2</sup>) y el área de control de egreso de camiones (20m<sup>2</sup>) están todas en una misma estructura situada detrás del parque de estacionamiento administrativo. Esta estructura tiene una dimensión de 45 m x 15 m. es decir 675 m<sup>2</sup>.

Si bien hay gran diferencia entre lo que es el terreno necesario y el predio a adquirir, esto se debe a que hay distancias mínimas que se deben respetar, por ejemplo el parque de almacenamiento de bioetanol y la zona de producción deben distar de al menos 30 metros, entre otras, como se ha podido observar en las leyes reguladoras 26.093/06 y 13.660/1960 descritas en la sección **3. Estudio Legal**.

Para los caminos y la circulación interna, se asignan caminos y accesos de 9 metros de ancho permitiendo que ésta sea fluida y dejando un carril libre en aquellas zonas de carga y descarga. A su vez, se evita el movimiento de los mismos en retroceso y la circulación en sentido contrario en mismos tramos. También se puede apreciar que el cruce de caminos es el mínimo posible.

El radio de giro de camiones con acoplado es de 15 metros. El largo de los mismos con acoplado asciende a 20 metros, valor contemplado tanto en zonas de espera, basculas, plataforma volcadora y zonas de carga.

Las zonas de calado y pesado son techadas al igual que la descarga de maíz permitiendo una correcta operatoria incluso en climas adversos.

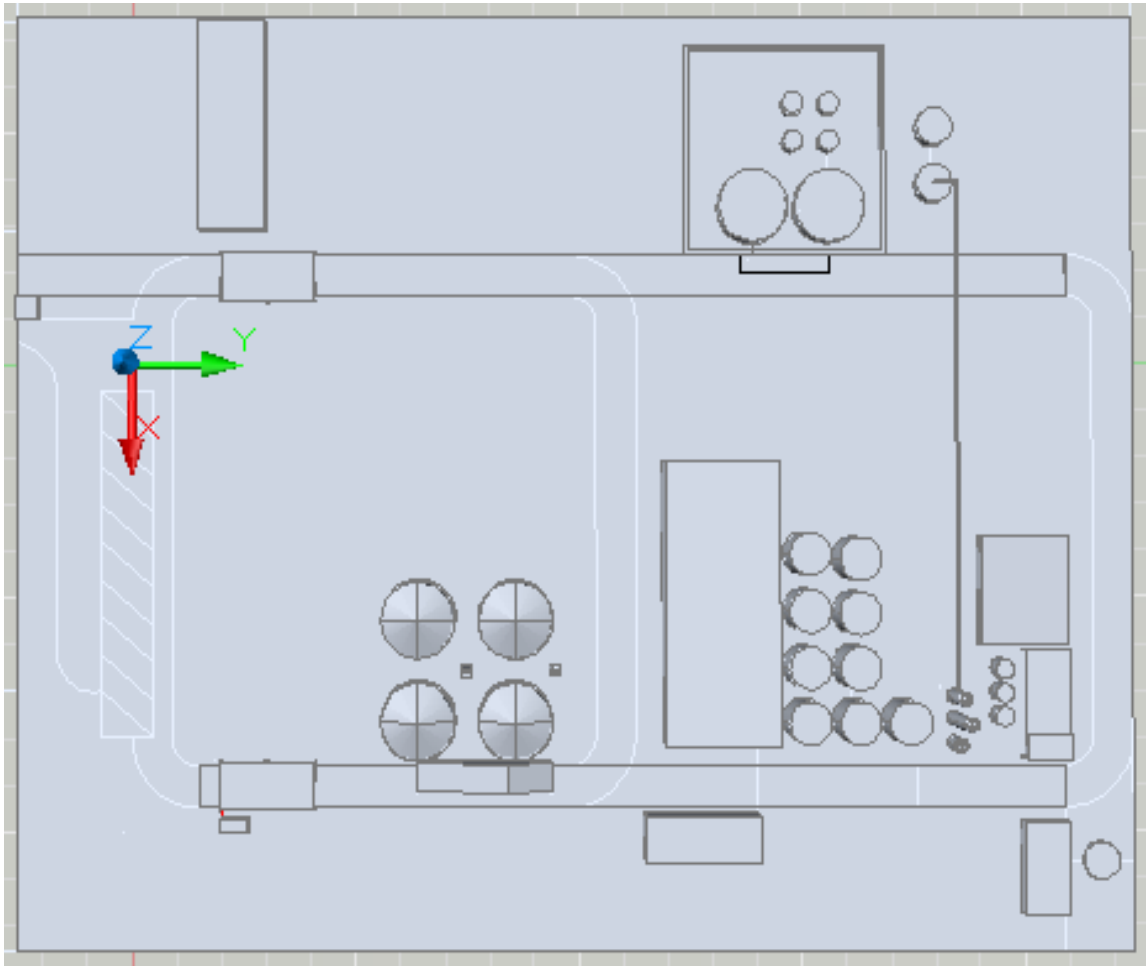


Fig.56 Vista superior de la planta.

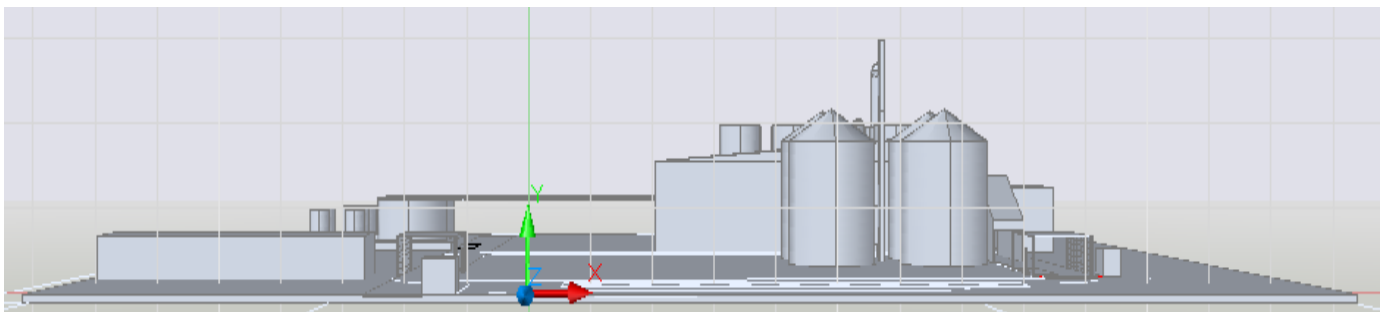


Fig.57 Vista de frente con las básculas de ingreso, egreso y sector administrativo en la parte izquierda.

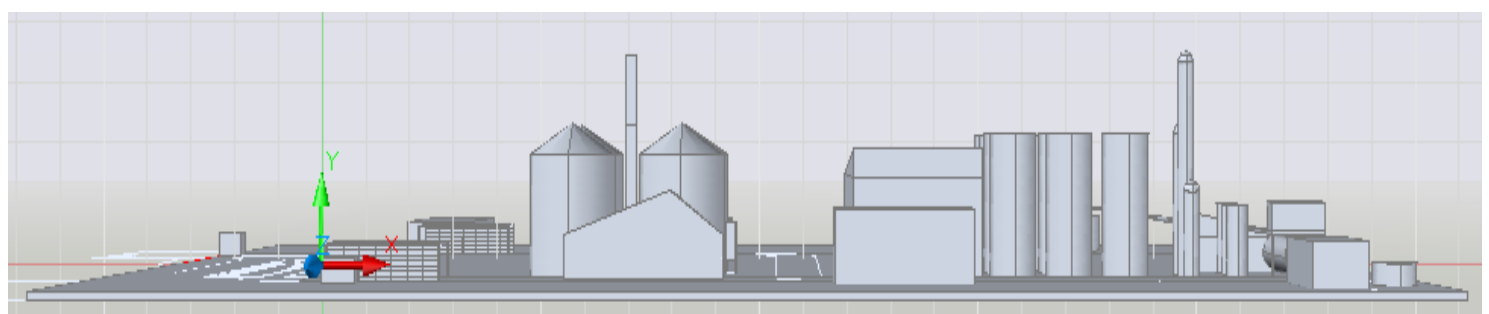


Fig.58 Vista lateral

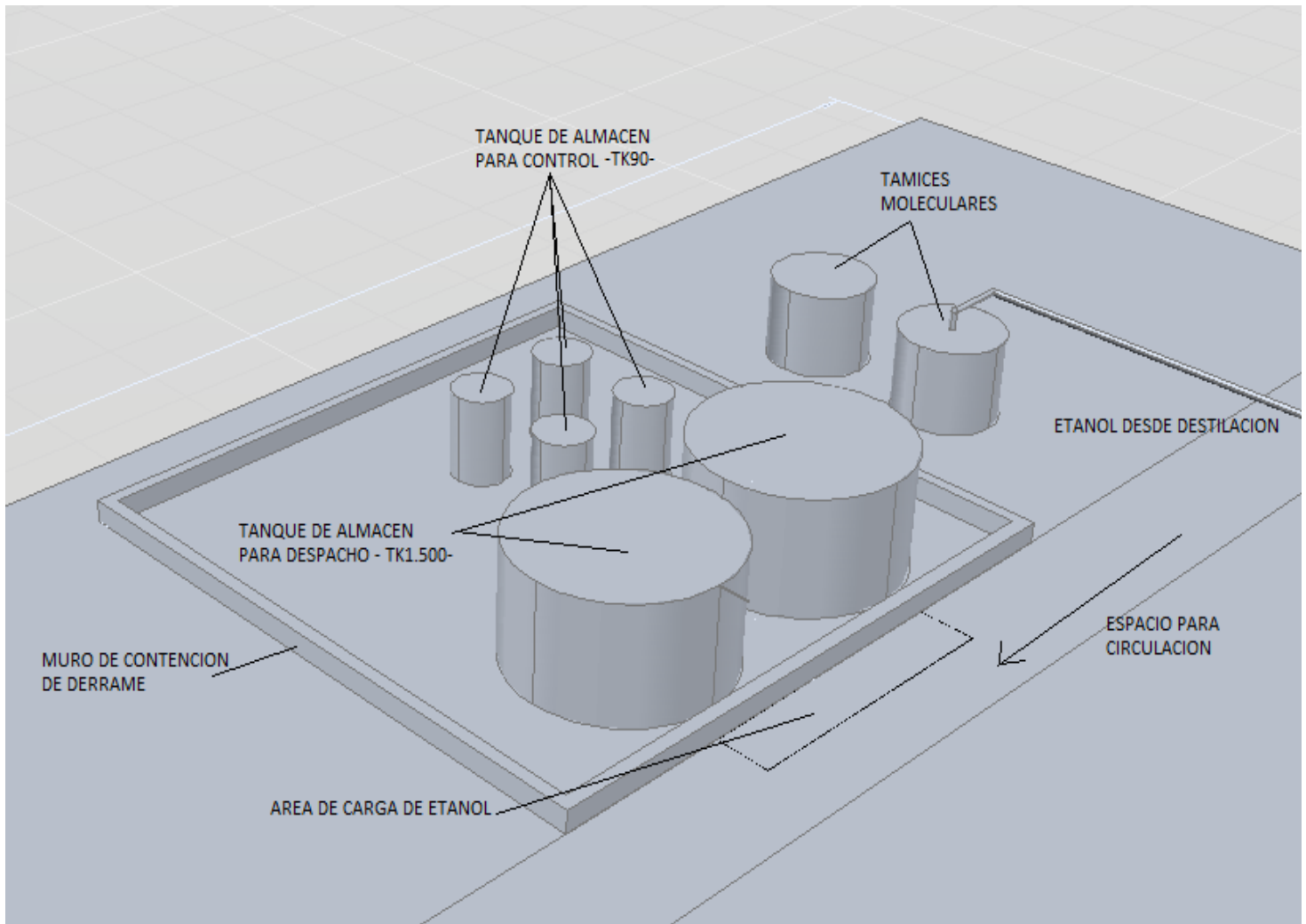


Fig.59 Parque de almacenamiento y carga de etanol.



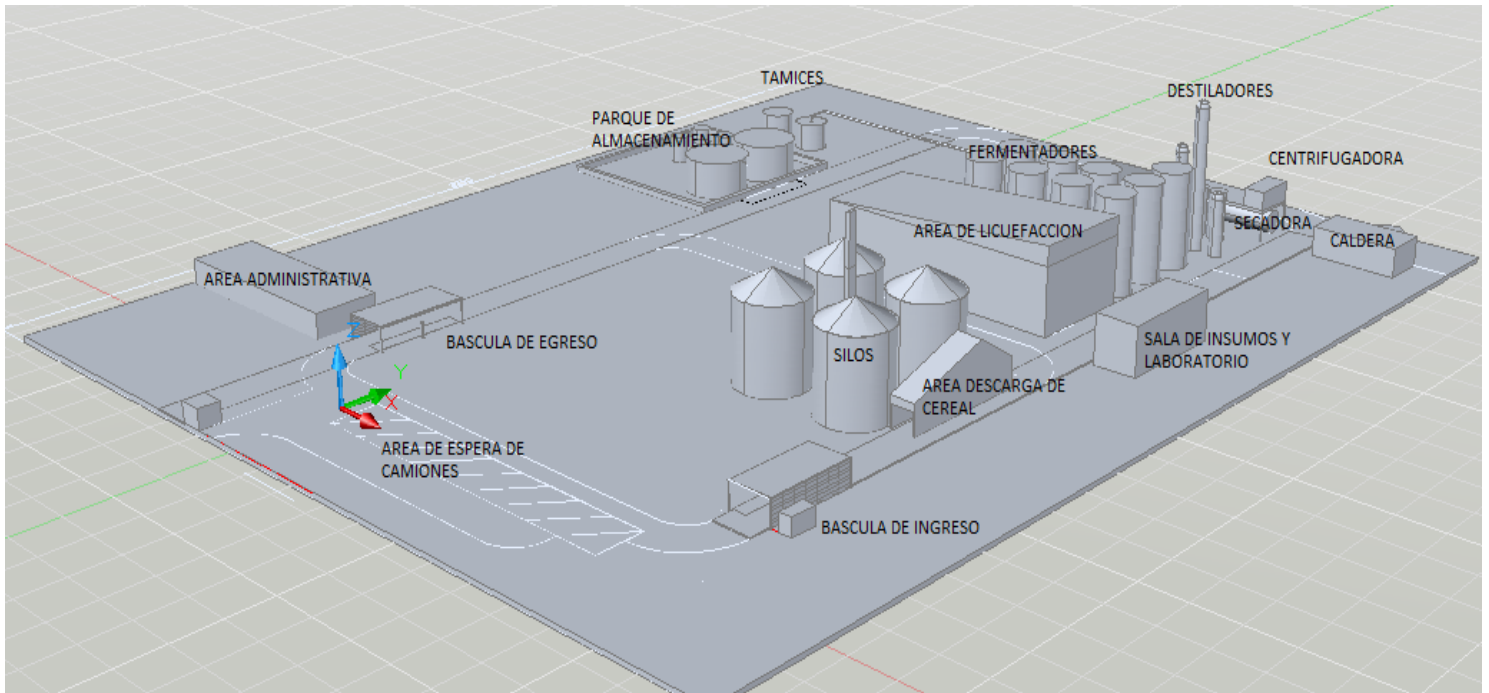


Fig.60 Vista anterior de la planta y cada una de sus instalaciones.

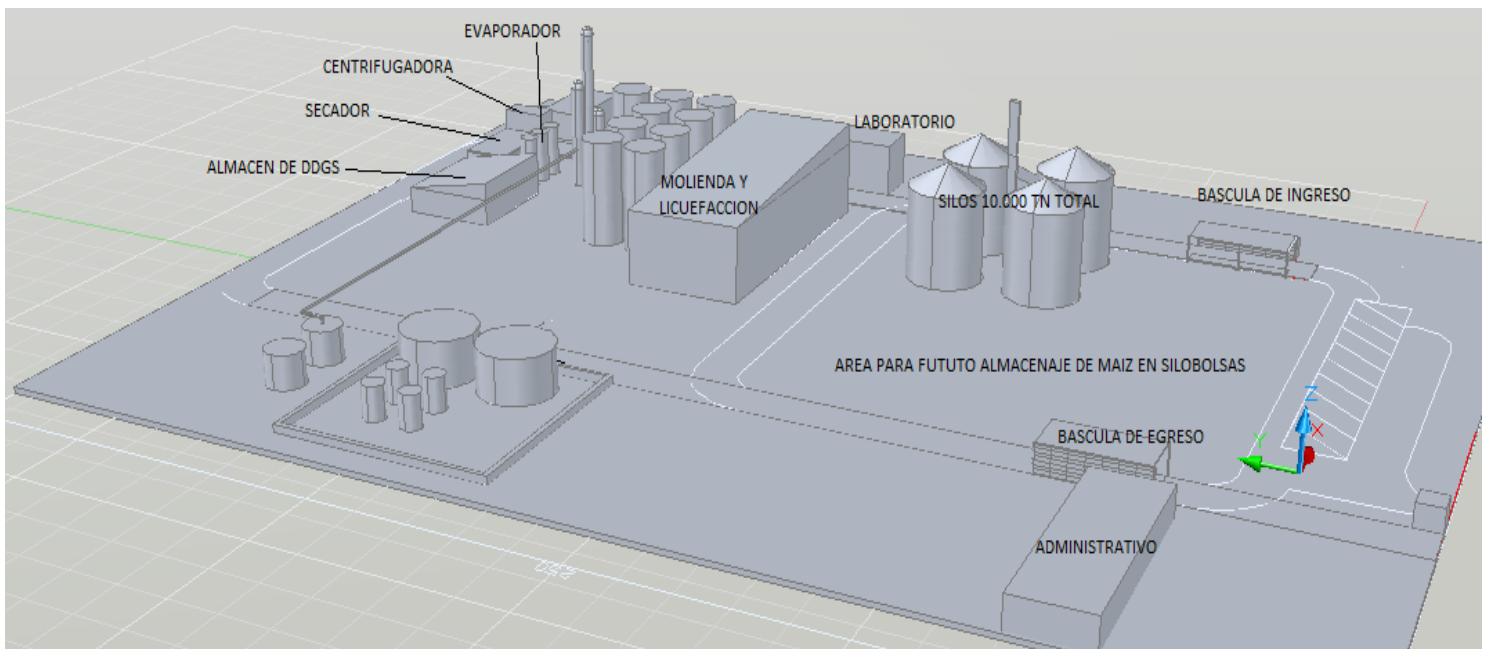


Fig.61 Vista anterior de la planta con ingreso, egreso y sectores de estacionamiento.

## 4.12 Sistema contra incendios

Se hace uso de los siguientes elementos tanto para la prevención como para combatir un eventual siniestro.

- ✓ Extintores de Espuma AFFF de acero inoxidable.
- ✓ Hidrantes. Protegen hasta un radio de 25 metros. Incluido todo su equipamiento de válvula de bloqueo, toma de manguera, lanza y boquilla reguladora.
- ✓ Tanque de reserva debe ser exclusivo para el fuego con capacidad de 10 litros por cada  $m^2$  de superficie cubierta. Superficie cubierta =  $10.594 m^2$  por ende se usa un tanque de  $106 m^3$ .
- ✓ Sistema de bombeo. Incluidas tanto la electro-bomba principal como la bomba Jockey que se encarga de mantener presurizada la línea de agua a una presión mínima de  $4 Kg/cm^2$ .
- ✓ Sistemas de detección y aviso.
- ✓ Muros de contención para el parque de almacenamiento de etanol con una capacidad de contención de  $2773,5 m^3$  en caso de derrame, es decir poco más de 82% de la capacidad de almacenaje. La ley 13.360 en su artículo 969 indica que la contención de los mismos debe ser no menor al 50% de la capacidad nominal en caso de recintos que alberguen más de 5 tanques.



Fig.62 Extintor de espuma, hidrante de columna húmeda y bomba Jockey.

## 4.13 Logística y comercialización

La producción precisa del movimiento interno de al menos 48 camiones diarios en promedio.

Estos 48 se reparten de la siguiente manera:

- 28 para abastecimiento de maíz.
- 11 trasladan el bioetanol producido diariamente.
- 9 parten cargados de burlanda en su versión seca.

Para poder lograr esto, se dispone de dos básculas, una de ingreso y otra de egreso. Las mismas, a efecto de evitar errores de medición, son adquiridas del mismo fabricante y su calibración es por parte de la misma empresa especializada.

La primera de ellas, en el ingreso, realiza el pesaje bruto en el caso de los camiones que ingresan maíz. En la segunda, a la salida del camión descargado, se realiza el pesaje de la tara.

Para aquellos que tengan como finalidad el transporte de burlanda y bioetanol se procede de forma inversa. En la primera báscula se realiza el pesaje de la tara, mientras que en la báscula de la salida se realiza el pesaje bruto para obtener de esta forma el pesaje neto del producto que parte de la planta.

En el ingreso a la planta por parte de los transportistas, se dispone de una playa de espera de camiones capaz de albergar 8 de estos. La espera se realiza mediante un estacionamiento dispuesto en forma de diente de sierra a unos 45° para que los transportistas puedan realizar las maniobras necesarias sin retroceso.

En caso de que el mercado así lo requiera, en lugar de la venta de DDGS, se puede comercializar WDGS, que supone el aumento de número de camiones de 48 a 64 camiones diarios promedio (28 cargados de maíz, 25 de WDGS y 11 bioetanol).

Caso especial: Transportistas de proveedor-cliente

Con aquellos productores con los cuales se desarrollan estrategias de comercialización, debido a su naturaleza de productor cerealero de maíz y de ganado, la logística del movimiento del camión es de la siguiente manera:

En primera instancia, en su ingreso cargado de maíz se realiza el pesaje bruto en la primera báscula. Una vez descargado, se lo guía por un camino paralelo al de ingreso pero de sentido contrario para regresar a la báscula de ingreso donde hace el pesaje de la tara. Así se obtiene tanto el neto del maíz que abastece como el peso de la tara. El peso de la tara permite precisar cuántas toneladas de burlanda, una vez cargada, se lleva el camión. Finalmente, el pesaje bruto de burlanda lo hace en la segunda báscula, la de salida.

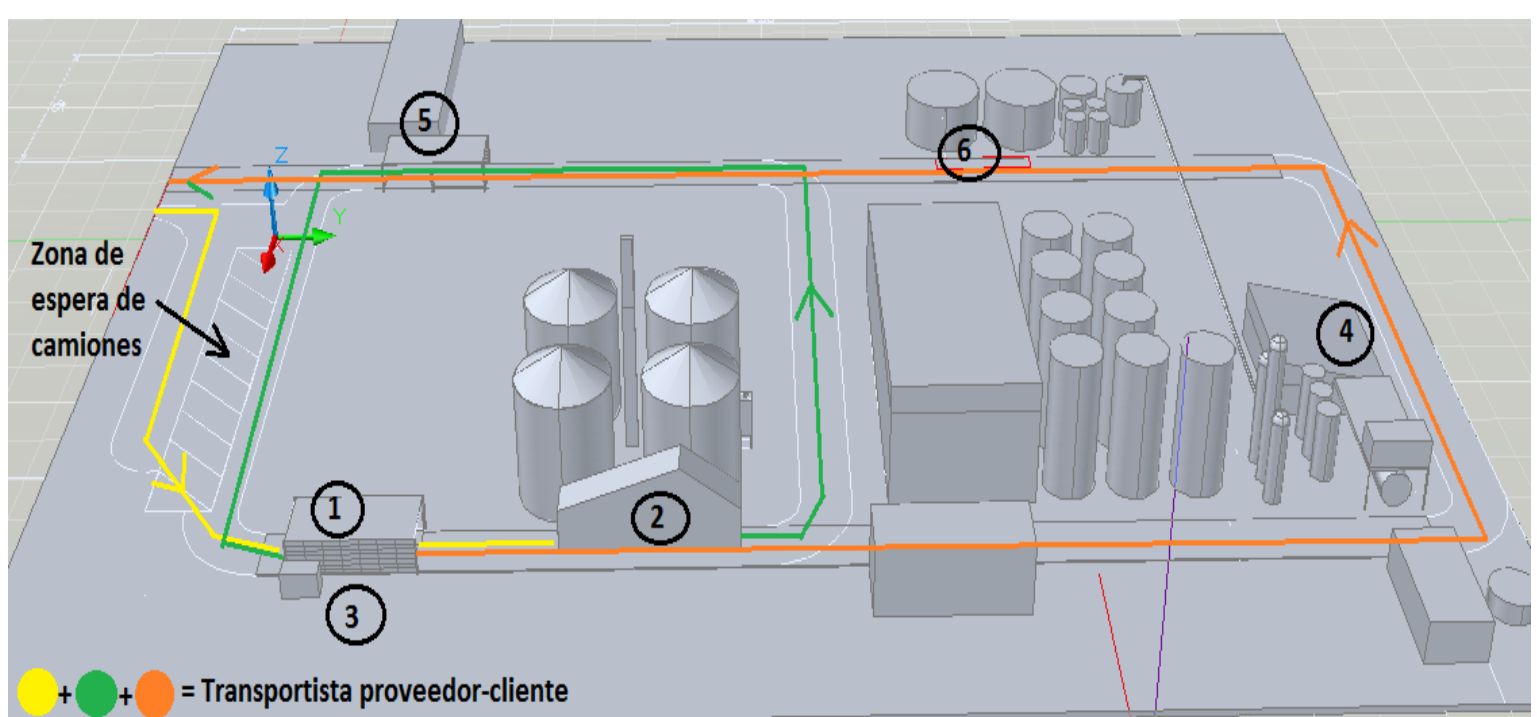


Fig. 63 Circulación interna según el tipo de proveedor/cliente.

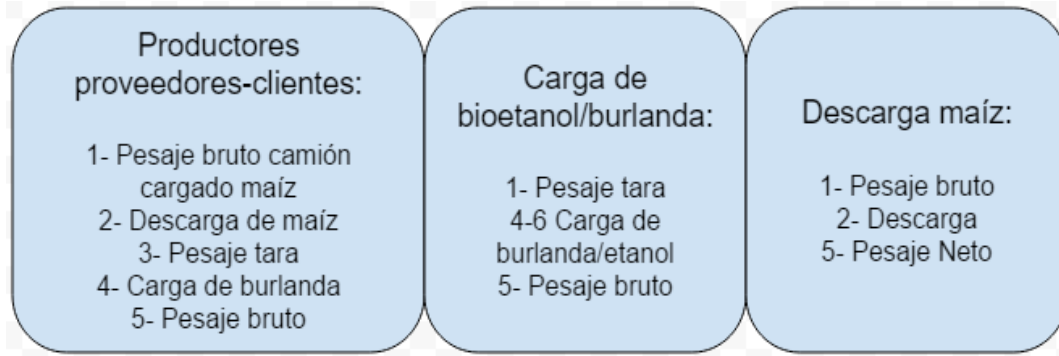


Fig.64 Referencias de la figura 63.

La venta diaria de bioetanol debe ser mezclada con la gasolina para ser utilizada y vendida en los surtidores. Principalmente, se procura vender a las mezcladoras que están ubicadas en la ciudad de Junín.

Las plantas en esta ciudad se encuentran en la intersección de la Ruta Nacional 7 y la 188, planta perteneciente a YPF S.A y REFIPAMPA S.A ubicada en RN 7 kilómetro 262,7, ambas a 105 kilómetros del emplazamiento elegido.

Las ventas y cargas, según detalladas en la sección **4.6 Requerimiento de maquinaria**, se realizan a granel en camiones cisternas y cerealeros para el bioetanol y la DDGS respectivamente. Para tener exactitud en cuanto a las cantidades expedidas según el requerimiento del cliente, se cuenta con sistemas de medición de pesaje continuo y caudalímetro másico. Por otro lado, se contrasta dicha información con el pesaje de la báscula.

## 5. Estudio Económico

El ciclo de vida del proyecto se estipula en 10 años. La vida útil de las instalaciones es de 20 años, en consecuencia, tiene una vida residual de 10 años, por lo que se hace un recupero actualizado de la misma.

La tasa nominal anual (TNA) que se toma es la publicada por el Banco Nación de 32% cada 30 días.

Para el cálculo de precios de la maquinaria, se consulta a los diferentes proveedores con el fin de obtener valores reales y actuales. Como muchos de éstos son extranjeros, la tasa de cambio que se utiliza es de 1 USD = 15 ARS. El impuesto a las ganancias se estipula en 35%.

Para el costo de las energías necesarias se contempla solo el gas suministrado por la red a partir del cual se obtiene energía eléctrica y térmica.

En cuanto a las materias primas, el valor estipulado es “puesto en planta”, por lo cual no se debe adicionar ningún costo en materia de flete. El mayor insumo es el maíz cuyo precio figura en la pizarra del maíz en Rosario.

Los precios de venta de etanol, DDGS y maíz se proyectan a lo largo de la vida útil del proyecto.

La producción para el primer año se espera que sea del 80% de la capacidad nominal de 85.000 [m<sup>3</sup>/año] con un incremento del 2,5% anual hasta completar dicha capacidad.

En el año 5 se realiza una re-inversión del 15% de la inversión inicial para la actualización tecnológica necesaria.

Se considera un costo en materia de mantenimiento y adquisición de repuestos del 10% del valor inicial del total de las maquinarias. El costo operativo se estima en un 2,5% de la materia prima e insumos productivos. Dicho costo operativo abarca la compra de químicos necesarios para

tratamiento de agua para calderas, gastos del sector administrativo, laboratorio y comercial (bonificaciones, viáticos para agentes comerciales).

Para la aceptación del proyecto, se debe tener un período de recupero de la inversión (Payback) menor o igual a los 4 años.

## 5.1 Costo de materia prima

Para el análisis de materia prima, en el caso del maíz, publicadas siguiendo el precio referencia pizarra de Rosario.<sup>43</sup>

TABLA XLVI. Proyección de requerimientos productivos variables.

Período	Producción Etanol (m3)	MAÍZ		ENZIMAS + LEVADURAS		ÁCIDO SULFÚRICO		GAS		TOTAL MP + INSUMO
		Maíz (Tn)	Precio Final (\$ARS)	Alfa (Tn)	Precio Final (\$ARS)	Ácido Sulfúrico (Tn)	Precio Final (\$ARS)	m3	Precio Final (\$ARS)	(\$ARS/año)
2017	68.000	170.426,07	\$ 415.498.747	136,34	\$ 46.219.549	538,07	\$ 161.421	20.740.000,00	\$ 25.925.000	\$ 487.804.716
2018	69.700	174.686,72	\$ 425.886.216	139,75	\$ 47.375.038	551,52	\$ 165.456	21.258.500,00	\$ 26.573.125	\$ 499.999.834
2019	71.443	179.053,88	\$ 436.533.371	143,24	\$ 48.559.414	565,31	\$ 169.593	21.789.962,50	\$ 27.237.453	\$ 512.499.830
2020	73.229	183.530,23	\$ 447.446.705	146,82	\$ 49.773.399	579,44	\$ 173.832	22.334.711,56	\$ 27.918.389	\$ 525.312.326
2021	75.059	188.118,49	\$ 458.632.873	150,49	\$ 51.017.734	593,93	\$ 178.178	22.893.079,35	\$ 28.616.349	\$ 538.445.134
2022	76.936	192.821,45	\$ 470.098.695	154,26	\$ 52.293.177	608,78	\$ 182.633	23.465.406,34	\$ 29.331.758	\$ 551.906.262
2023	78.859	197.641,99	\$ 481.851.162	158,11	\$ 53.600.507	624	\$ 187.199	24.052.041,49	\$ 30.065.052	\$ 565.703.919
2024	80.831	202.583,04	\$ 493.897.441	162,07	\$ 54.940.519	639,6	\$ 191.879	24.653.342,53	\$ 30.816.678	\$ 579.846.517
2025	82.851	207.647,61	\$ 506.244.877	166,12	\$ 56.314.032	655,59	\$ 196.676	25.269.676,09	\$ 31.587.095	\$ 594.342.680
2026	84.923	212.838,80	\$ 518.900.999	170,27	\$ 57.721.883	671,97	\$ 201.592	25.901.418,00	\$ 32.376.772	\$ 609.201.247

<sup>43</sup> Datos extraídos del portal web AgropyNews

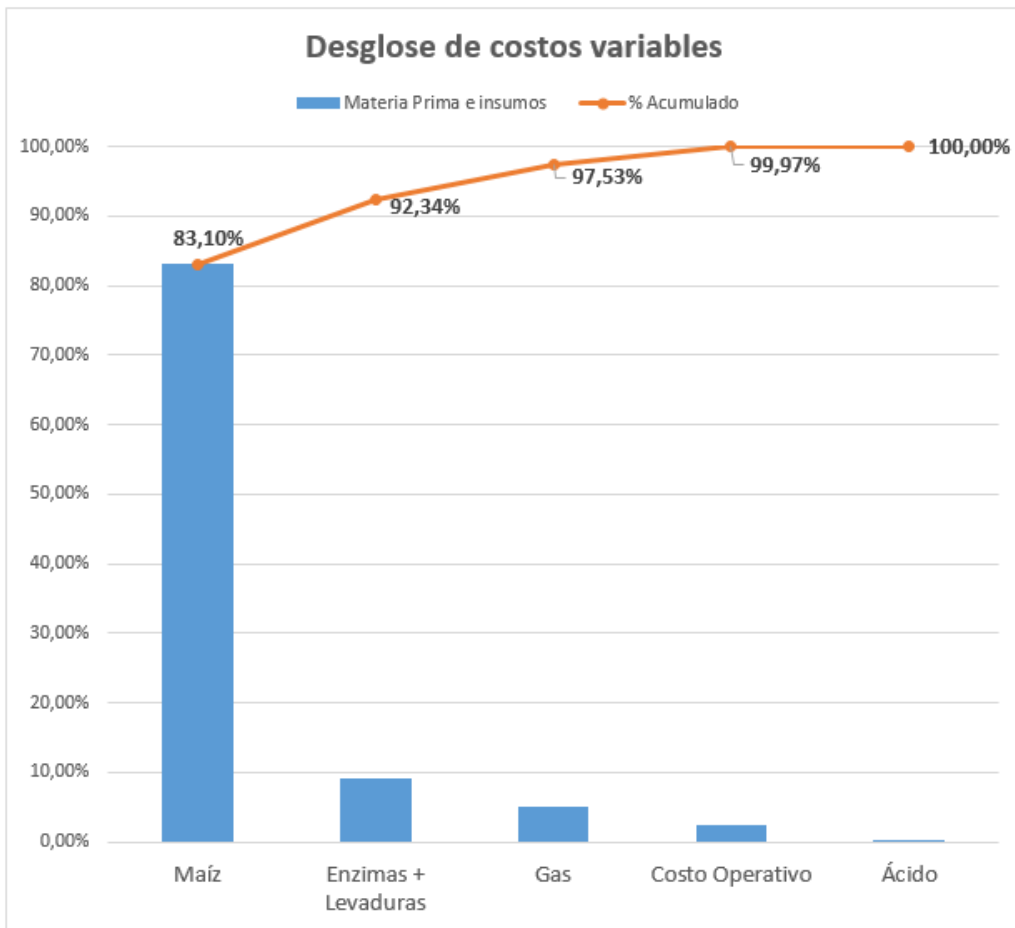
Los costos tenidos en cuenta para la tabla anterior han sido de:

- \$2.438 por tonelada de maíz.
- \$316.400 la tonelada para las enzimas y levaduras.
- \$280 la tonelada de ácido sulfúrico.
- \$1,25 por m3 de gas.

La estructura de costos se puede observar en el siguiente desglose:

TABLA XLVII. Estructura de costos variables por litro de etanol.

	Maíz	Enzimas + Levaduras	Gas	Costo Operativo	Ácido	Total
[\$/litro]	\$ 6,110	\$ 0,680	\$ 0,381	\$ 0,179	\$ 0,002	\$ 7,353
[%]	83,10%	9,24%	5,19%	2,44%	0,03%	100,00%





## 5.2 Costo Mano de Obra

El requerimiento del personal se hace progresivo a medida que aumenta el volumen de producción, comenzando el año 1 con 77 empleados diarios hasta llegar a los 89 en el año 10.

TABLA XLVIII. Salarios por categoría para el año inicial del proyecto.

Categoría	Salario inicial
Gerente General	\$ 70.000
Gerentes de sector	\$ 60.000
Jefes	\$ 45.000
Asistentes	\$ 35.000
Técnicos/Supervisores	\$ 30.000
Operarios	\$ 25.000

Por lo tanto, el costo total de producción, considerando los costos variables (insumos, maíz, costos operativos) antes mencionados y los costos fijos (mano de obra, mantenimiento y repuestos) es según la tabla XLIX.

TABLA XLIX. Costos fijos, variables y totales.

Período	Costos Variables (\$/año)	Costos Fijos (\$/año)	Costo Total anual	Costo Total (\$/litro)
2017	\$ 499.999.834	\$ 56.259.170	\$ 556.259.004	\$ 8,18
2018	\$ 512.499.830	\$ 59.447.587	\$ 571.947.417	\$ 8,21
2019	\$ 525.312.326	\$ 62.694.846	\$ 588.007.172	\$ 8,23
2020	\$ 538.445.134	\$ 66.546.330	\$ 604.991.464	\$ 8,26
2021	\$ 551.906.262	\$ 69.924.963	\$ 621.831.226	\$ 8,28
2022	\$ 565.703.919	\$ 74.421.460	\$ 640.125.379	\$ 8,32
2023	\$ 579.846.517	\$ 79.159.606	\$ 659.006.123	\$ 8,36
2024	\$ 594.342.680	\$ 84.891.566	\$ 679.234.246	\$ 8,40
2025	\$ 609.201.247	\$ 89.838.223	\$ 699.039.470	\$ 8,44
2026	\$ 624.431.278	\$ 95.279.545	\$ 719.710.823	\$ 8,47

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A BASE DE MAÍZ  
Por Álvaro Jayo y Adrián Soza.

TABLA L. Salarios mensuales y anuales por categoría.

	Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	Cantidad	77	79	80	82	82	84	86	89	89	89
<b>G.General</b>	Cant.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	[\$/mes]	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
	[\$/año]	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00	\$ 910.000,00
<b>Gerentes</b>	Cant.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	[\$/mes]	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
	[\$/año]	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00	\$ 2.340.000,00
<b>Jefes</b>	Cant.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	[\$/mes]	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
	[\$/año]	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00	\$ 3.510.000,00
<b>Asistentes</b>	Cant.	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15
	[\$/mes]	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
	[\$/año]	\$ 5.915.000,00	\$ 5.915.000,00	\$ 6.370.000,00	\$ 6.370.000,00	\$ 6.370.000,00	\$ 6.370.000,00	\$ 6.370.000,00	\$ 6.825.000,00	\$ 6.825.000,00	\$ 6.825.000,00
<b>Técnicos</b>	Cant.	10	10	10	12	12	14	14	16	16	16
	[\$/mes]	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
	[\$/año]	\$ 3.900.000,00	\$ 3.900.000,00	\$ 3.900.000,00	\$ 4.680.000,00	\$ 4.680.000,00	\$ 5.460.000,00	\$ 5.460.000,00	\$ 6.240.000,00	\$ 6.240.000,00	\$ 6.240.000,00
<b>Operarios</b>	Cant.	44	46	46	46	46	46	48	48	48	48
	[\$/mes]	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
	[\$/año]	\$ 14.300.000,00	\$ 14.950.000,00	\$ 14.950.000,00	\$ 14.950.000,00	\$ 14.950.000,00	\$ 14.950.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00	\$ 15.600.000,00
<b>TOTAL M.O ANUAL</b>		<b>\$ 30.875.000</b>	<b>\$ 31.525.000</b>	<b>\$ 31.980.000</b>	<b>\$ 32.760.000</b>	<b>\$ 32.760.000</b>	<b>\$ 33.540.000</b>	<b>\$ 34.190.000</b>	<b>\$ 35.425.000</b>	<b>\$ 35.425.000</b>	<b>\$ 35.425.000</b>

## 5.3 Obra civil

La inversión inicial previa al inicio de actividades comprende la adquisición del predio de 5 hectáreas, su nivelación y preparación, cercado perimetral de alambre con postes, desmonte y relleno tanto de compactación como granular en los sectores de fundaciones.

En la zona, los terrenos linderos a la RN5 con accesos a la misma y con cercanías a la red ferroviaria tienen un valor de U\$S 100.000 la hectárea (10.000m<sup>2</sup>).

La construcción y obra civil comprende todos los sectores y áreas tanto de producción, administración, laboratorio, salas de insumos y productos terminados, con un valor de U\$S 1.000 el m<sup>2</sup>.

Caminos y predios, comprende no solo caminos internos, sino también playa de estacionamiento, espera de camiones, playa de emplazamiento de fermentadores y acondicionamiento y preparación del terreno donde se disponen los silos y tanques de almacenamiento.

TABLA LI. Costos de obra civil.

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio	Unidad	Subtotal
Compra de terrenos	50.000	m <sup>2</sup>	10	U\$S/m <sup>2</sup>	\$ 500.000
Nivelación	50.000	m <sup>3</sup>	1,5	U\$S/m <sup>3</sup>	\$ 75.000
Construcción y obra civil	7.794	m <sup>2</sup>	1.000	U\$S/m <sup>2</sup>	\$ 7.794.000
Caminos y predios	15.300	m <sup>2</sup>	50	U\$S/m <sup>2</sup>	\$ 765.000
<b>Total Civil (USD)</b>					<b>\$ 9.134.000</b>
<b>Total Civil (\$ARG)</b>					<b>\$ 137.010.000</b>

## 5.4 Equipos y maquinaria

Los equipos requeridos con sus respectivos valores y cantidades son los siguientes:

TABLA LII. Costos de maquinaria expresados en U\$\$

Maquinaria y equipos	Cantidad	[U\$\$]	Unidad	[U\$\$] Total
Báscula	2	30.000,00	[\$/unid.]	\$ 60.000
Calador	1	7.500,00	[\$/unid.]	\$ 7.500
Plataforma volcadora	1	100.000,00	[\$/unid.]	\$ 100.000
Silo con noria y transporte	4	250.000,00	[\$/unid.]	\$ 1.000.000
Clasificadora	1	40.000,00	[\$/unid.]	\$ 40.000
Sinfin abastecimiento martillo moedor	1	5.000,00	[\$/unid.]	\$ 5.000
Martillo moedor con recogida neumática	1	80.000,00	[\$/unid.]	\$ 80.000
Silo maiz molido	2	12.500,00	[\$/unid.]	\$ 25.000
Tanque Licuefaccion con motor de	8	150.000,00	[\$/unid.]	\$ 1.200.000
Fermetador con motor de agitacion	9	350.000,00	[\$/unid.]	\$ 3.150.000
Torre de destilacion	1	5.000.000,00	[\$/unid.]	\$ 5.000.000
Tamiz molecular	1			
Centrifugadora	1	655.000,00	[\$/unid.]	\$ 655.000
Evaporador al vacio	1	750.000,00	[\$/unid.]	\$ 750.000
Secadora rotativa directa	1	650.000,00	[\$/unid.]	\$ 650.000
Bomba sumergible	1	13.000,00	[\$/unid.]	\$ 13.000
Tanque de almacenamiento API-650 TK90	4	15.750,00	[\$/unid.]	\$ 63.000
Tanque de almacenamiento API-650	2	225.000,00	[\$/unid.]	\$ 450.000
Torre de refrigeracion	1	1.750.000,00	[\$/unid.]	\$ 1.750.000
Caldera de recuperacion	1	250.000,00	[\$/unid.]	\$ 250.000
Bomba proceso	34	15.000,00	[\$/unid.]	\$ 510.000
Tanque vinazas TK50	1	7.350,00	[\$/unid.]	\$ 7.350
Tanque condensado TK280	1	47.600,00	[\$/unid.]	\$ 47.600
Tanque pulmon mosto TK 200	1	34.000,00	[\$/unid.]	\$ 34.000
Tanque pulmon agua para licuefaccion	1	9.600,00	[\$/unid.]	\$ 9.600
Transformador	1	90.000,00	[\$/unid.]	\$ 90.000
Turbogenerador	1	650.000,00	[\$/unid.]	\$ 650.000
Sistema acarreo WDG a secadora	1	15.000,00	[\$/unid.]	\$ 15.000
Redler DDGS a almacenamiento	1	25.000,00	[\$/unid.]	\$ 25.000
Redler DDGS a camion	1	25.000,00	[\$/unid.]	\$ 25.000
Tractor con pala	1	100.000,00	[\$/unid.]	\$ 100.000
Sistema de pesaje despacho	1	80.000,00	[\$/unid.]	\$ 80.000
Caudalímetro etanol	1	20.000,00	[\$/unid.]	\$ 20.000
Sistema contra Incendios	1	52.250,00	[\$/unid.]	\$ 52.250
Tanque contra incendio TK106	1	8.480,00	[\$/unid.]	\$ 8.480
<b>Total Maquinaria y equipos (USD)</b>				<b>\$ 16.922.780</b>
<b>Total Maquinaria y equipos (\$ARG)</b>				<b>\$ 253.841.700</b>

Los costos observados en la TABLA LII han sido elaborados en base a asesoramiento con los respectivos proveedores y de bibliografía consultada.

Entonces, la inversión inicial necesaria es de

Obra civil: \$137.010.000.

Maquinaria y equipos \$253.841.700.

Total Obra civil + Maquinaria y equipos: \$390.851.700.

La vida útil (VU) de las maquinarias se estima en 10 años por lo que luego de finalizado el proyecto queda sin VU residual, con una amortización anual de \$25.384.170.

Por otro lado, la VU de las instalaciones en general se estima en 20 años, por lo que la VU residual, de 10 años, comprende un recupero de inversión al finalizar el proyecto de \$68.505.000.

La amortización anual de los bienes de uso es de \$32.234.670.

Como mencionado en la introducción, el costo asociado al mantenimiento y adquisición de repuestos de los equipos y maquinarias es de un 10% de su valor.

## 5.5 Precios de venta

Los precios de venta, según detallado en la **Sección 2.6 Precios**, en el caso del bioetanol, son publicados por el Ministerio de Energía. Para el presente estudio, se toma en cuenta el promedio del año actual: \$10,79 el litro.

Para analizar los precios de venta de los granos secos de destilería con solubles (DDGS), se toma como referencia los precios de la pizarra de Rosario. Para captar clientes, se utiliza como estrategia una disminución del 15% en el precio de venta de DDGS en comparación con dicha pizarra: \$2.072,30 por tonelada. Éste valor es “a retirar en planta” por el comprador.

## 5.6 Financiación

Para la inversión inicial necesaria de \$390.851.700, se establece que un 30% de la misma se hace mediante la solicitud de un crédito, es decir con capitales de terceros, por un monto de \$117.255.510.

La devolución del préstamo se realiza mediante el método Alemán, con devolución anual con las siguientes características:

TABLA LV. Datos de financiación

	<b>Datos de la Financiación</b>	
<b>Préstamo Método Alemán</b>	Financiación Bs de Uso	\$ 117.255.510
	Interés s/saldo (Kd)	37,14%
	Cant Cuotas	3
	%Financiado	30,00%
<b>Accionistas (Equity)</b>	Costo Oportunidad (Ke)	33,00%
	%Accionistas	70,00%

A partir de estos valores y con una tasa de impuestos a las ganancias (T) del 35%, se obtiene una tasa de descuento de:

$$WACC = \%Fin * Kd * (1 - T) + \%Acc * Ke$$

$$WACC = 0,30 * 0,37 * (1 - 0,35) + 0,70 * 0,33 = 30,34\%$$

La devolución del mismo y el interés pagado para cada uno de los años de vida se detallan en la siguiente tabla:

TABLA LVI. Devolución de préstamo, interés y cuota pura por método alemán.

<b>Cálculo del pago del préstamo</b>					
Período	Saldo Anterior	Interés s/Saldo	Amortización	Cuota	Saldo Posterior
1	\$ 117.255.510,00	\$ 43.553.846,63	\$ 39.085.170,00	\$ 82.639.016,63	\$ 78.170.340,00
2	\$ 78.170.340,00	\$ 29.035.897,75	\$ 39.085.170,00	\$ 68.121.067,75	\$ 39.085.170,00
3	\$ 39.085.170,00	\$ 14.517.948,88	\$ 39.085.170,00	\$ 53.603.118,88	\$ 0,00

## 5.7 Flujo de fondos

Previo al armado del flujo de fondos, se detallan las premisas económicas a tener en cuenta, mencionadas en la introducción de la presente sección, que son las siguientes:

TABLA LVII. Datos del análisis económico-financiero.

<b>Datos del análisis económico - financiero</b>			
<b>Tasas</b>		<b>Criterios</b>	
Tasa de cambio (USD a AR)	15,00	Duración del Proyecto	10 años
Impuesto a las Ganancias	35,00%	Criterio de Aceptación	4 años
TNA (30d)	32,00%	Costo operativo	2,50% Respecto al costo de MP e insumos de cada año
TNA (Mens )= i,prop30 días	2,63%	Mantenimiento	10,00% Respecto a la adquisición inicial en maquinarias y equipos
TEA (Anual)	37,14%	Reinversión	15,00% Respecto a la inversión inicial
TEA	37,00%		
i cs	37,00%		
Tasa de plazo fijo	33,00%		
WACC	30,34%		

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A BASE DE MAÍZ  
Por Álvaro Jayo y Adrián Soza.

Tanto el volumen de producción, precios de venta, costos y amortizaciones son los siguientes:

TABLA LVIII. Producción, ventas y costos para los distintos años de vida del proyecto.

	MONEDA FIJA									
	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026
<b>Bioetanol</b>										
<i>Produccion Bioetanol (Lt)</i>	68.000.000	69.700.000	71.442.500	73.228.563	75.059.277	76.935.758	78.859.152	80.830.631	82.851.397	84.922.682
<i>Precio (AR\$/Lt)</i>	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79
<i>Venta Bioetanol</i>	\$ 733.410.222	\$ 751.745.478	\$ 770.539.115	\$ 789.802.593	\$ 809.547.657	\$ 829.786.349	\$ 850.531.008	\$ 871.794.283	\$ 893.589.140	\$ 915.928.868
<b>DDGS</b>										
<i>Produccion DDGS (Tn)</i>	51.129	52.407	53.718	55.061	56.437	57.848	59.294	60.777	62.296	63.853
<i>Precio</i>	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30
<i>Venta DDGS</i>	\$ 105.955.041	\$ 108.603.917	\$ 111.319.015	\$ 114.101.991	\$ 116.954.540	\$ 119.878.404	\$ 122.875.364	\$ 125.947.248	\$ 129.095.929	\$ 132.323.327
<b>Costos</b>										
<i>Cs Variables (MP + insumos)</i>	\$ 487.804.716	\$ 499.999.834	\$ 512.499.830	\$ 525.312.326	\$ 538.445.134	\$ 551.906.262	\$ 565.703.919	\$ 579.846.517	\$ 594.342.680	\$ 609.201.247
<i>Mano de obra</i>	\$ 30.875.000	\$ 31.525.000	\$ 31.980.000	\$ 32.760.000	\$ 32.760.000	\$ 33.540.000	\$ 34.190.000	\$ 35.425.000	\$ 35.425.000	\$ 35.425.000
<i>Costo operativo</i>	\$ 12.195.118	\$ 12.499.996	\$ 12.812.496	\$ 13.132.808	\$ 13.461.128	\$ 13.797.657	\$ 14.142.598	\$ 14.496.163	\$ 14.858.567	\$ 15.230.031
<i>Mantenimiento y Repuestos</i>	\$ 25.384.170	\$ 27.922.587	\$ 30.714.846	\$ 33.786.330	\$ 37.164.963	\$ 40.881.460	\$ 44.969.606	\$ 49.466.566	\$ 54.413.223	\$ 59.854.545
<i>Amortización de Bs Uso</i>	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670	\$ 32.234.670



### 5.7.1 Enfoque del proyecto

El enfoque desde el proyecto no considera la financiación y ofrece un panorama de como son los rendimientos que ofrece el proyecto en sí mismo.

TABLA LIX. Presupuesto económico desde el enfoque del proyecto.

#### PRESUPUESTO ECONÓMICO

			MONEDA CORRIENTE										
			AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026
INGRESOS	Ventas etanol	litros		68.000.000	69.700.000	71.442.500	73.228.563	75.059.277	76.935.758	78.859.152	80.830.631	82.851.397	84.922.682
		Precio		\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79
	Ventas DDGS	Tn		51.129,20	52.407,43	53.717,62	55.060,56	56.437,07	57.848,00	59.294,20	60.776,55	62.295,97	63.853,36
		Precio		\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30	\$ 2.072,30
<b>Ventas Totales</b>				<b>\$ 839.365.263</b>	<b>\$ 860.349.395</b>	<b>\$ 881.858.130</b>	<b>\$ 903.904.583</b>	<b>\$ 926.502.198</b>	<b>\$ 949.664.753</b>	<b>\$ 973.406.371</b>	<b>\$ 997.741.531</b>	<b>\$ 1.022.685.069</b>	<b>\$ 1.048.252.196</b>
EGRESOS	Cs Variables (Materiales)			\$ -487.804.716	\$ -499.999.834	\$ -512.499.830	\$ -525.312.326	\$ -538.445.134	\$ -551.906.262	\$ -565.703.919	\$ -579.846.517	\$ -594.342.680	\$ -609.201.247
	Mano de Obra			\$ -30.875.000	\$ -31.525.000	\$ -31.980.000	\$ -32.760.000	\$ -32.760.000	\$ -33.540.000	\$ -34.190.000	\$ -35.425.000	\$ -35.425.000	\$ -35.425.000
	Mantenimiento + Repuestos			\$ -25.384.170	\$ -27.922.587	\$ -30.714.846	\$ -33.786.330	\$ -37.164.963	\$ -40.881.460	\$ -44.969.606	\$ -49.466.566	\$ -54.413.223	\$ -59.854.545
	Costo Operativo			\$ -12.195.118	\$ -12.499.996	\$ -12.812.496	\$ -13.132.808	\$ -13.461.128	\$ -13.797.657	\$ -14.142.598	\$ -14.496.163	\$ -14.858.567	\$ -15.230.031
	Amortización de Bienes de Uso			\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670
	Neto Imponible			\$ 250.871.589	\$ 256.167.308	\$ 261.616.288	\$ 266.678.449	\$ 272.436.302	\$ 277.304.704	\$ 282.165.579	\$ 286.272.615	\$ 291.410.929	\$ 296.306.703
	Impuesto a las Ganancias			\$ -87.805.056	\$ -89.658.558	\$ -91.565.701	\$ -93.337.457	\$ -95.352.706	\$ -97.056.646	\$ -98.757.953	\$ -100.195.415	\$ -101.993.825	\$ -103.707.346
	<b>Neto Económico</b>				<b>\$ 163.066.533</b>	<b>\$ 166.508.750</b>	<b>\$ 170.050.587</b>	<b>\$ 173.340.992</b>	<b>\$ 177.083.596</b>	<b>\$ 180.248.058</b>	<b>\$ 183.407.626</b>	<b>\$ 186.077.199</b>	<b>\$ 189.417.104</b>
<b>FLUJO DE FONDOS</b>													
			PERIODO 0	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
Subtotal Ingresos				\$ 839.365.263	\$ 860.349.395	\$ 881.858.130	\$ 903.904.583	\$ 926.502.198	\$ 949.664.753	\$ 973.406.371	\$ 997.741.531	\$ 1.022.685.069	\$ 1.048.252.196
Subtotal Egresos				\$ -556.259.004	\$ -571.947.417	\$ -588.007.172	\$ -604.991.464	\$ -621.831.226	\$ -640.125.379	\$ -659.006.123	\$ -679.234.246	\$ -699.039.470	\$ -719.710.823
Impuesto a las Ganancias				\$ -87.805.056	\$ -89.658.558	\$ -91.565.701	\$ -93.337.457	\$ -95.352.706	\$ -97.056.646	\$ -98.757.953	\$ -100.195.415	\$ -101.993.825	\$ -103.707.346
FF Nominal				\$ 195.301.203	\$ 198.743.420	\$ 202.285.257	\$ 205.575.662	\$ 209.318.266	\$ 212.482.728	\$ 215.642.296	\$ 218.311.869	\$ 221.651.774	\$ 224.834.027
<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>													
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión			\$ -390.851.700					\$ -58.627.755					
Re-Inversión			\$ -12.084.063										
Recupero de Inversión													\$ 68.505.000
Recupero Actualizado			\$ 2.910.327										
Inversión Neta			\$ -400.025.437										
Duración del Proyecto			10 años										
Criterio de Aceptación			4 años										
Payback Actualizado	Sumatoria		\$ 523.222.923	\$ 142.405.533	\$ 105.666.336	\$ 78.420.583	\$ 58.111.151	\$ 43.143.647	\$ 31.934.146	\$ 23.631.297	\$ 17.444.275	\$ 12.914.236	\$ 9.551.718
	Recupero		3,44	El Payback Actualizado del proyecto es de 41,26 meses o 3 años con 6 meses. Tasa utilizada: TEA = 37%									
VA (Valor Actual)	Sumatoria =		\$ 624.594.460	\$ 149.836.177	\$ 116.981.259	\$ 91.348.102	\$ 71.222.754	\$ 55.637.289	\$ 43.330.553	\$ 33.737.765	\$ 26.204.234	\$ 20.411.603	\$ 15.884.725
VAN (Valor Actual Neto)			\$ 224.569.024										
TIR (Tasa Interna de Retorno)			49,49%										
PAYBACK ACTUALIZADO			3,44										

### 5.7.2 Enfoque del inversionista

Considerando, esta vez, la forma de financiación con el interés pagado por el uso de ese dinero, el presupuesto económico que se utiliza para evaluar cuál es el impuesto a las ganancias a erogar en cada uno de los respectivos años del proyecto en el Flujo de fondos (FF) queda conformado de la siguiente manera:

TABLA LX. Presupuesto económico desde el enfoque del inversionista.

PRESUPUESTO ECONÓMICO

		MONEDA CORRIENTE										
		AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026
INGRESOS	Ventas etanol	litros	68.000.000	69.700.000	71.442.500	73.228.563	75.059.277	76.935.758	78.859.152	80.830.631	82.851.397	84.922.682
		Precio	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79	\$ 10,79
	Ventas DDGS	Tn	51.129,20	52.407,43	53.717,62	55.060,56	56.437,07	57.848,00	59.294,20	60.776,55	62.295,97	63.853,36
		Precio	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072	\$ 2.072
<b>Ventas Totales</b>			<b>\$ 839.365.263</b>	<b>\$ 860.349.395</b>	<b>\$ 881.858.130</b>	<b>\$ 903.904.583</b>	<b>\$ 926.502.198</b>	<b>\$ 949.664.753</b>	<b>\$ 973.406.371</b>	<b>\$ 997.741.531</b>	<b>\$ 1.022.685.069</b>	<b>\$ 1.048.252.196</b>
EGRESOS	Cs Variables (Materiales)		\$ -487.804.716	\$ -499.999.834	\$ -512.499.830	\$ -525.312.326	\$ -538.445.134	\$ -551.906.262	\$ -565.703.919	\$ -579.846.517	\$ -594.342.680	\$ -609.201.247
	Mano de Obra		\$ -30.875.000	\$ -31.525.000	\$ -31.980.000	\$ -32.760.000	\$ -32.760.000	\$ -33.540.000	\$ -34.190.000	\$ -35.425.000	\$ -35.425.000	\$ -35.425.000
	Mantenimiento + Repuestos		\$ -25.384.170	\$ -27.922.587	\$ -30.714.846	\$ -33.786.330	\$ -37.164.963	\$ -40.881.460	\$ -44.969.606	\$ -49.466.566	\$ -54.413.223	\$ -59.854.545
	Costo Operativo		\$ -12.195.118	\$ -12.499.996	\$ -12.812.496	\$ -13.132.808	\$ -13.461.128	\$ -13.797.657	\$ -14.142.598	\$ -14.496.163	\$ -14.858.567	\$ -15.230.031
	Amortización de Bienes de Uso		\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670	\$ -32.234.670
	Devolucion de prestamos(Interes)		\$ -43.553.847	\$ -29.035.898	\$ -14.517.949	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Neto Imponible		\$ 207.317.742	\$ 227.131.410	\$ 247.098.339	\$ 266.678.449	\$ 272.436.302	\$ 277.304.704	\$ 282.165.579	\$ 286.272.615	\$ 291.410.929	\$ 296.306.703
	Impuesto a las Ganancias		\$ -72.561.210	\$ -79.495.993	\$ -86.484.419	\$ -93.337.457	\$ -95.352.706	\$ -97.056.646	\$ -98.757.953	\$ -100.195.415	\$ -101.993.825	\$ -103.707.346
<b>Neto Económico</b>			<b>\$ 134.756.533</b>	<b>\$ 147.635.416</b>	<b>\$ 160.613.921</b>	<b>\$ 173.340.992</b>	<b>\$ 177.083.596</b>	<b>\$ 180.248.058</b>	<b>\$ 183.407.626</b>	<b>\$ 186.077.199</b>	<b>\$ 189.417.104</b>	<b>\$ 192.599.357</b>

Teniendo en cuenta ahora, los ingresos por ventas (subtotal de ingresos), egresos por compra de insumos, materia prima, mano de obra, mantenimiento, compra de repuestos, costos operativos (subtotal de egresos), devolución de préstamo, pago del interés del mismo y el impuesto a las ganancias hallado anteriormente, el flujo de fondos, evaluación de proyectos, y los indicadores financieros, quedan de la siguiente manera:

TABLA LXI. Flujo de fondos y evaluación del proyecto desde el enfoque del inversionista.

FLUJO DE FONDOS												
	PERIODO 0	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
Subtotal Ingresos		\$ 839.365.263	\$ 860.349.395	\$ 881.858.130	\$ 903.904.583	\$ 926.502.198	\$ 949.664.753	\$ 973.406.371	\$ 997.741.531	\$ 1.022.685.069	\$ 1.048.252.196	
Subtotal Egresos		\$ -356.259.004	\$ -371.947.417	\$ -388.007.172	\$ -604.991.464	\$ -621.831.226	\$ -640.125.379	\$ -659.006.123	\$ -679.234.246	\$ -699.039.470	\$ -719.710.823	
Devolución Préstamo (Amortización)		\$ -39.085.170	\$ -39.085.170	\$ -39.085.170	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
Devolución Préstamo (Interés)		\$ -43.553.847	\$ -29.035.898	\$ -14.517.949	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
Impuesto a las Ganancias		\$ -72.561.210	\$ -79.495.993	\$ -86.484.419	\$ -93.337.457	\$ -95.352.706	\$ -97.056.646	\$ -98.757.953	\$ -100.195.415	\$ -101.993.825	\$ -103.707.346	
FF Nominal		\$ 127.906.033	\$ 140.784.916	\$ 153.763.421	\$ 205.575.662	\$ 209.318.266	\$ 212.482.728	\$ 215.642.296	\$ 218.311.869	\$ 221.651.774	\$ 224.834.027	
EVALUACIÓN DEL PROYECTO												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inversión	\$ -390.851.700					\$ -58.627.755						
Re-Inversión	\$ -12.084.063											
Préstamo	\$ 117.255.510											
Recupero de Inversión											\$ 68.505.000	
Recupero Actualizado	\$ 2.910.327											
Inversión Neta	\$ -282.769.927											
Duración del Proyecto	10 años											
Criterio de Aceptación	4 años											
Payback	Sumatoria	\$ 424.455.623	\$ 93.263.771	\$ 74.851.416	\$ 59.609.965	\$ 58.111.151	\$ 43.143.647	\$ 31.934.146	\$ 23.631.297	\$ 17.444.275	\$ 12.914.236	\$ 9.551.718
Actualizado	Recupero	3,53	El Payback Actualizado del proyecto es de 42,38 meses o 3 años con 7 meses. Tasa utilizada: TEA = 37%									
VA (Valor Actual)	Sumatoria = \$ 516.862.354	\$ 98.130.225	\$ 82.866.627	\$ 69.436.581	\$ 71.222.754	\$ 55.637.289	\$ 43.330.553	\$ 33.737.765	\$ 26.204.234	\$ 20.411.603	\$ 15.884.725	
VAN (Valor Actual Neto)	\$ 234.092.428		TIR (Tasa Interna de Retorno)			54,58%		PAYBACK ACTUALIZADO		3,53		

### 5.7.3 Indicadores financieros - Resumen

Los diferentes indicadores financieros con su criterio de aceptación para ambos enfoques, son los siguientes:

TABLA LXII. Resumen de resultados de ambos enfoques

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<i>Inversión Neta</i>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<i>Duración del Proyecto (años)</i>	10		
<i>Criterio de Aceptación (años)</i>	4,0		
<i>Criterio de Aceptación (meses)</i>	48		
<i>Payback Actualizado</i>	<i>Recupero</i>	41,26 meses	42,38 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<i>VA (Valor Actual)</i>	<i>Sumatoria</i>	\$ 624.594.461	\$ 516.862.355
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<i>VAN (Valor Actual Neto)</i>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<i>VAN (Valor Actual Neto)</i>	<i>Resultado</i>	\$224.569.024	\$234.092.428
<i>TIR (Tasa Interna de Retorno)</i>	<i>Resultado</i>	49,49%	54,58%

Como se puede observar, el Payback en ambos casos se encuentra dentro del criterio de aceptación determinado.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, es decir, actualizando los 10 flujos de fondos a la tasa de corte estipulada y restando a la misma la inversión neta requerida, arroja un resultado de poco más de \$224.569.024 y \$234.092.428 para el enfoque del proyecto y del inversionista respectivamente.

La tasa interna de retorno (TIR) arroja un resultado mejor al del proyecto debido a la financiación, que en caso de ser 0, es decir no conseguir fondos de terceros, iguala a la del proyecto.

## 5.8 Análisis de sensibilidad

Para analizar y lograr conocer como varían los resultados del proyecto a las distintas variables se realizaran diferentes análisis de sensibilidad que permitan conocer cuáles de aquellas son críticas para la factibilidad económica.

Un aumento asociado al precio del maíz, que iguala la TIR con la tasa de corte es de un 17,1%, por lo cual, por encima de este aumento del costo del maíz, el valor actualizado neto será negativo. De todas formas, el proyecto desde el punto de vista de aceptación por Payback, ya habría sido previamente descartado, ya que resiste un incremento de costo de maíz no mayor al 12,7%.

Cabe aclarar que de cualquier manera, caso de existir un incremento del maíz, habría un incremento en el precio de venta tanto del bioetanol como de la DDGS ya que comercialmente el cereal es su precio de referencia. Por esto mismo, es que al aumentar el precio del maíz se ve un incremento en la TIR debido a que está ligado a los precios de venta de los ya mencionados productos. En el primero de éstos es un caso estrictamente legal.

Analizando la fórmula de precios, se aprecia que existe una relación entre el aumento del bioetanol y del maíz de 0,48. Es decir que en caso de variar en un 1% el precio del maíz, el precio del bioetanol también lo hace pero en un 0,48% (considerando el resto de los costos que inciden en la fórmula *ceteris paribus*).

Realizando variaciones en el precio del commodity entre un -20% a un 20% respecto a lo proyectado, la TIR desde ambos enfoques, queda según la Fig. 66.

El hecho de que la fórmula de precios para el bioetanol considere el precio del maíz, y que el mercado de DDGS tome este costo como referencia, reduce en cierta forma la incertidumbre en esta industria ya que el costo del maíz representa un 75% de los costos totales.

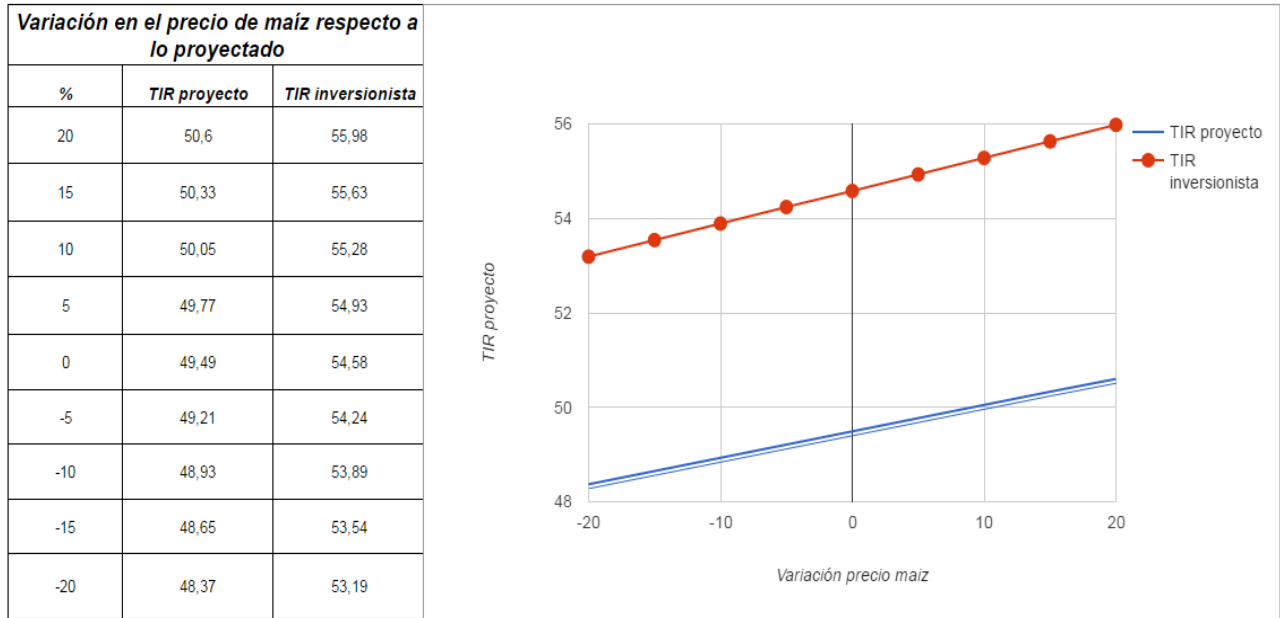


Fig.66 Variación de TIR en caso de variación en el precio de maíz.

Ante la ocurrencia de estas variaciones de precio en el maíz, es recomendable modificar los valores de venta de la DDGS para asegurar las ventas de dicho sub-producto o maximizar las ganancias, según corresponda.

## 5.8.1 Escenarios

Se dividen en 3 tipos: pesimista, neutro y optimista.

### 5.8.1.2 Escenario pesimista

#### *Análisis 1:*

**Capacidad productiva:** 60% constante.

**Precio maíz:** 25% mayor al contemplado.

**Precio etanol:** 12% mayor

**Precio DDGS:** 65% del precio del maíz, con ventas por el 50% de lo producido.

TABLA LXIII. Análisis pesimista 1.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	83,63 meses	142,82 meses
	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 300.547.920	\$ 192.815.814
	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	- \$99.477.517	- \$89.954.113
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	20,41%	19,83%

En caso de tener que reducir el precio de DDGS en un 50% para lograr vender el 100%:

TABLA LXIV. Análisis pesimista 1.2

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	73,48 meses	108,74 meses
	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 341.261.895	\$ 233.529.789
	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	- \$58.763.542	- \$49.240.138
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	24,60%	24,67%

- **Análisis 2:**

**Capacidad de producción inicial:** 55% con un aumento anual de 2,5% llegando al año 10 con un 30% de capacidad ociosa.

**Precio de maíz:** 10% mayor a lo estipulado que se condice con un precio de DDGS del 80% respecto al maíz.

TABLA LXV Análisis pesimista 2

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		<b>\$ -400.025.436,73</b>	<b>\$ -282.769.926,73</b>
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<b>Recupero</b>	67,18 meses	91,44 meses
	<b>Resultado</b>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<b>Sumatoria</b>	\$ 394.085.416	\$ 286.353.310
	<b>Resultado</b>	Se rechaza el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<b>Resultado</b>	Se rechaza el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<b>Resultado</b>	- \$5.940.021	\$3.583.383
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<b>Resultado</b>	29,80%	30,73%

- **Análisis 3:**

**Precio internacional del maíz:** 15% mayor a lo esperado, con un incremento en consecuencia del bioetanol pero del 12%.

Un precio de venta de DDGS del 70%, para lograr ventas por el 80% de lo producido.

**Capacidad productiva:** 80% constante



TABLA LXVI. Análisis pesimista 3

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		<b>\$ -400.025.436,73</b>	<b>\$ -282.769.926,73</b>
<i>Duración del Proyecto (años)</i>	10		
<i>Criterio de Aceptación (años)</i>	4,0		
<i>Criterio de Aceptación (meses)</i>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	48,66 meses	53,93 meses
	<i>Resultado</i>	Se rechaza el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 506.434.825	\$ 398.702.719
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$106.409.389	\$115.932.793
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	40,18%	43,28%

- **Análisis 4:**

Igual al análisis 3, pero logrando aumentar la capacidad en un 2,5% anual.

TABLA LVII. Análisis pesimista 4.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		<b>\$ -400.025.436,73</b>	<b>\$ -282.769.926,73</b>
<i>Duración del Proyecto (años)</i>	10		
<i>Criterio de Aceptación (años)</i>	4,0		
<i>Criterio de Aceptación (meses)</i>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	47,62 meses	52,16 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se rechaza el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 546.547.882	\$ 438.815.776
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$146.522.446	\$156.045.850
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	43,04%	46,60%

### 5.8.1.2 Escenario neutro

- **Análisis 1:**

Tal como fue planteado inicialmente:

**Capacidad de producción inicial:** 80% con un aumento gradual del 2,5% anual.

**Precio de maíz:** el resumen de los indicadores financieros es el mismo que está en la tabla del inciso

### 5.7.3 Indicadores financieros

- **Análisis 2:**

**Capacidad productiva** del 80% constante

**Precio del maíz:** 15% mayor al supuesto con un incremento del 7,2% en bioetanol y sin variaciones en DDGS.

TABLA LXVIII. Análisis neutro 2.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	41,35 meses	42,53 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 589.196.643	\$ 481.464.538
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$189.171.207	\$198.694.611
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	47,51%	52,37%

- **Análisis 3:**

**Capacidad productiva** del 80% constante.

**Precio del maíz:** 15% mayor.

**Precio de DDGS:** Menor al 15% para lograr el 100% venta.

TABLA LXIX. Análisis neutro 3.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	44,98 meses	47,99 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 545.054.184	\$ 437.322.078
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$145.028.747	\$154.552.151
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	43,62%	47,53%

### 5.8.1.2 Escenario optimista

- **Análisis 1:**

**Capacidad de producción inicial:** 90% constante.

**Precio maíz:** idem al estipulado.

**Precio DDGS:** 95% con ventas por el 80%

TABLA LXX. Análisis optimista 1.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	37,85 meses	37,6 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 638.934.642	\$ 531.202.536
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$238.909.205	\$248.432.609
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	51,83%	57,81%

- **Análisis 2:**

**Capacidad de producción inicial:** 85% con un aumento anual del 1,75%

**Precio de maíz:** un 20% menor a lo proyectado, con un precio de DDGS del 110% con respecto al maíz y 100% de ventas.

TABLA LXXI. Análisis optimista 2.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	35,99 meses	35,11 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 695.748.223	\$ 588.016.117
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$295.722.786	\$305.246.190
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	55,69%	62,49%

- **Análisis 3:**

**Capacidad de producción inicial:** 90% constante

**Precio de maíz:** sin variaciones.

**Precio DDGS:** 20% mayor al del maíz con ventas del 100% de lo producido.

TABLA LXXII. Análisis optimista 3.

<b>Resumen de Resultados</b>		<b>Enfoque del Proyecto</b>	<b>Enfoque del Inversionista</b>
<b>Inversión Neta</b>		\$ -400.025.436,73	\$ -282.769.926,73
<b>Duración del Proyecto (años)</b>	10		
<b>Criterio de Aceptación (años)</b>	4,0		
<b>Criterio de Aceptación (meses)</b>	48		
<b>Payback Actualizado</b>	<i>Recupero</i>	31,14 meses	28,94 meses
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VA (Valor Actual)</b>	<i>Sumatoria</i>	\$ 761.774.522	\$ 654.042.416
	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	Se acepta el proyecto	Se acepta el proyecto
<b>VAN (Valor Actual Neto)</b>	<i>Resultado</i>	\$361.749.085	\$371.272.489
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	<i>Resultado</i>	62,33%	71,28%

## 6. Conclusión

Mediante el presente estudio se puede arribar a las siguientes definiciones:

- ❖ El mercado vehicular viene en alza por ende se espera una mayor demanda de gasolina.
- ❖ Científicos ya han demostrado el alto impacto de los combustibles fósiles en el medio ambiente, con lo cual las políticas de gestión ambiental vienen cobrando mayor relevancia en el mundo entero. La tendencia indica que el porcentaje de corte continua creciendo con el correr del tiempo.
- ❖ La materia prima elegida, el maíz, supone la mejor opción. Las características climáticas que necesita para germinar la semilla, sitúa a los suelos de siembra cerca de los campos de engorde del feed-lot, minimizando costos de transporte. Asimismo, posibilita una producción continua a lo largo de todo el año.
- ❖ Con el uso de maíz se aprovecha su subproducto principal (DDGS) y existe la posibilidad de también obtener CO<sub>2</sub>.
- ❖ Analizando las variables que pueden afectar la viabilidad económica y financiera del proyecto, una de las principales, como el costo de la materia prima principal, se observa cómo ante posibles subas en el precio internacional del maíz, el proyecto sigue siendo rentable como se refleja en la hipótesis neutra del análisis de sensibilidad.
- ❖ El sistema de molienda seca simple es el más eficiente puesto que se obtienen mayor cantidad de granos. Se deja abierta la posibilidad de implementar tanto Quick Germ como Enzymatic Dry Grind para comercializar productos obtenidos con la molienda húmeda como aceites vegetales.
- ❖ Gracias al sistema de cogeneración de energía, el cual permite a la planta autoabastecerse de energía eléctrica, se reducen significativamente los costos energéticos, debiéndose preocupar solo por el suministro de gas.

## Anexo 1. Cálculo para bomba centrífuga

$$P_{total} = \frac{1}{2} \rho (V^2) + \rho g h + \rho g \left[ \frac{V^2}{2} (k + f \frac{L}{D}) \right]$$

El primer término es la velocidad de llenado del tanque, el segundo la presión estática que debe superar y el tercero a las pérdidas de energía localizadas por accesorios y rugosidad de la cañería

$$Q = 0,02 [m^3/s]; L = 70 \text{ metros (profundidad de napa + elevación tanque pulmón)}$$

$$P_{descarga} = \frac{1}{2} * 1000 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] = 2.000 Pa$$

$$P_{estática} = 1000 [kg/m^3] * 9,8 [m/s] * 70 [m] = 686.000 Pa$$

Para obtener la f de moody se ingresa al diagrama con los valores hallados mediante la tabla de rugosidades, y el número de Reynolds

$$e = 0,0024 \text{ (pipping de acero comercial); } e/D = 3,2 * 10^{-5}; f = 0,016$$

$$Re = V * D / 1,003 * 10^{-6} = 159.508 > \text{Turbulento}$$

$$P_{tubería} = \frac{1}{2} * 1000 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] * (k + f * (L/D))$$

con k= longitud equivalente por pérdida localizada

$$P_{tubería} = 500 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] * (0 + 0,013 * 321,4) = 8.346 Pa$$

$$P_{accesorios} = \text{Válvula retención} + \text{Filtro} + \text{válvula mariposa (abierta)}$$

$$P_{retención} = \frac{1}{2} * 1000 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] * (2 + 0,013 * 135) = 7.510 Pa$$

$$P_{mariposa} = \frac{1}{2} * 1000 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] * (0 + 0,013 * 40) = 1.040 Pa$$

$$P_{filtro} = \frac{1}{2} * 1000 [kg/m^3] * 4 [m^2/s^2] * (0 + 0,013 * 420) = 10.920 Pa$$

$$P_{total} = 29.816 Pa + 882.000 Pa = 715.816 Pa [kg/m * s^2]$$

$$H[\text{Manom}] = \frac{715.816 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \text{s}^2 \right]}{9800 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \text{s}^2 \right]} = 73,04 \text{ m. c. a}$$

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Figura. Tabla para hallar la rugosidad absoluta

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Tabla para longitudes equivalente





## Anexo 2. Cálculo energía de refrigeración

### Fermentación

La energía de refrigeración tiene que ser tal de mantener la temperatura en la fermentación constante en 30°C, para lo cual se debe contrarrestar a la energía liberada por el proceso de fermentación de glucosa en etanol y dióxido de carbono.

La entalpía de la reacción es de:

$$\Delta H_r = -79 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A su vez en la reacción se conforman 2 moles de etanol con un peso de 46 gramos cada mol. La fermentación obtiene 81.700 litros de etanol por lote con una densidad de 790 kg/m<sup>3</sup>.

$$81.700[\text{L}] * 790[\text{gr/L}] = 64.543.000 \text{ gr}$$

Energía desprendida:

$$\text{Energía} = 64.543.000 \left[ \frac{\text{gr}}{\text{lote}} \right] * 1 \text{ mol } \text{CH}_3 \text{CH}_2 \frac{\text{OH}}{46 \text{ gr}} * \frac{79 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } \text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{OH}} = 55.422.793,5 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 0,947817 \text{ BTU}$$

$$\text{BTU requerido} = 52.530.665,85 [\text{BTU/lote}]$$

$$\text{BTU kg etanol} = \frac{52.530.665,85}{64.543 \text{ kg Etanol}} = 813,886 \text{ BTU por cada kilo de etanol producido}$$

El desprendimiento de energía se da entre las 10 y 30 horas de fermentación por lo cual los BTU/h son:

$$\text{BTU/H} = 52.530.665,85 [\text{BTU/lote}] / 20 [\text{Hs/lote}] = 2.626.533,3 [\text{BTU/H}]$$

$$1 [\text{BTU/H}] = 0,00029307 [\text{kW}] = 769,84 [\text{kW/lote}]$$

$$\frac{12.000 \text{ BTU}}{\text{H}} = 1 \text{ tonelada de refrigeración}$$

$$TR\ necesarias = 2.626.533,3 \frac{\left[\frac{BTU}{H}\right]}{12000 \left[\frac{BTU}{H}\right]} * 1\ TR = 218,87\ TR\ por\ lote$$

Como hay 9 lotes fermentando en simultáneo, la torre de refrigeración debe tener una capacidad mínima de:

$$Refrigeración = 1969,9\ TR$$

### **Anexo 3. Cálculo consumo turbina**

Turbogenerador SIEMENS SGT-300

Consumo de 11.158 BTU por cada kWh producido, es decir 3,27kWh de gas por cada kWh eléctrico.

Poder calorífico del gas: 9.300 kcal/m<sup>3</sup>

$$PC = 9.300\text{kcal/m}^3 * 4,18\text{kJ/kcal} = 38.874\text{kJ/m}^3$$

$$1\text{kWH} = 3.600\text{kJ}$$

$$38.874\text{kJ/m}^3 * 1\text{kWH}/3.600\text{kJ} = 10,8[\text{kWH/m}^3] \rightarrow \text{Poder Calorífico del gas}$$

Por lo que el consumo de gas será:

$$3,27\text{kWH/kWHe} * 1\text{m}^3/10,8\text{kWH} = 0,303[\text{m}^3/\text{kWHe}]$$

Se tiene un consumo de 0,303 m<sup>3</sup> de gas por cada kWhe producido.

Consumo de gas por hora

Potencia turbina: 7.900[kWhe]

$$\text{Consumo de gas la turbina } 7.900[\text{kWHe}] * 0,303\text{m}^3/[\text{kWHe}] = \mathbf{2.393,7\ [m^3/h]}$$

Consumo de la turbina es de **2.393,7 [m<sup>3</sup>/h]**

Consumo diario de la turbina: 38.299,2[m<sup>3</sup>/día]

Producción diaria: 326.000 [lt]

Consumo de gas de la turbina según producto final (etanol anhidro): **0,117 [m<sup>3</sup>/lt]**.

# Bibliografía

## LIBROS

FERNÁNDEZ MAYER, Aníbal. *Cuadros de requerimientos energéticos, proteicos y algunas alternativas bovinos para carne*. 2008

MONCEAUX, D.A.y KUEHNER, Dominique. *Dryhouse technologies and DDGS production*. 2009.

WALKER, Graeme. *Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol*. 1ra edición University of Abertay, Dundee, Escocia. Agosto, 2010. 116 p. ISBN 9788776816810.

LUTZ, Giselle, BOLAÑOS, Nuria y HERRERA, Carlos. *Química de Alimentos: Manual de laboratorio*. 1ra edición Universidad de Costa Rica. 2003. 149 p ISBN 9977677859.

LYONS, T.P. y KELSALL, D.R. *The alcohol Textbook*. 4ta edición Nottingham University Press. Octubre, 2003. 446 p. ISBN 1897676131.

GANDUGLIA, Federico, LEÓN, José Guillermo y Gasparini, Raúl. *Manual de biocombustibles*. 2009. 230 p. ISBN 9789292481216

ANSCHAU, René Alicia, FLORES MARCO, Noelia y CARBALLO, Stella Maris. *Evaluación del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El caso de la caña de azúcar y el bioetanol*.

BRAGACHINI, Mario y USTARROZ, Fernando. *El maíz, bioenergía y agregado de valor en origen*. 2014 INTA

SOSA, Verónica y GIACOMINI, Diego. *Informe energético 2014*.

SITUACIÓN del ETANOL en la REPÚBLICA ARGENTINA; IINCA 2007

CIANI, Rubén, ALONSO, Blanca y ARAMAYO, María de los Ángeles. *Cálculo de consumo de maíz en argentina - Ministerio de agricultura ganadería y pesca*. 2014

CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, LORA FIGUEROA, Edgar y MERIÑO STAND, Lourdes. *Cogeneración*.

GOLDSTEIN, Evelyn y GUTMAN, Graciela. *Biocombustibles y bioenergía. Contexto internacional ,situación en Argentina*. Abril, 2010

ST JAMES, Carlos. *Estado de la industria argentina de biocombustibles*. Mayo 2010

BRAGACHINI, Mario y USTARROZ, Fernando. *Granos destilados solubles un subproducto a tener en cuenta*. 2014.

REBOLLAR, P., MATEOS, G. y DE BLAS C. *DDGS de maíz*. PG Rebollar, 2007, Univ. politécnica de Madrid, España

PÉREZ Daniela, PAREDES, Virginia y RODRÍGUEZ, Graciela. *Biocombustibles en Argentina y Tucumán*. Junio 2011

LEDE, Silvia. *Los biocombustibles*. Argenbio.

GRACIA, Carlos. *Biocombustibles: Energía o alimentos*. 2008

Publicación de EEAOC, Estado y evolución productividad del cultivo caña de azucar, Diciembre 2007

MONTOYA, Marina, QUINTERO, Julián, SÁNCHEZ, Oscar. *Evaluación económica del proceso de obtención de alcohol carburante a partir de caña de azúcar y maíz.* 06/2005

FERNÁNDEZ MAYER, Aníbal. *Requerimientos energéticos-proteicos y algunas dietas alternativas bovinos para carne.* 2008

REQUENA, Abril. *Sistema de control de evaporacion al vacio.*

BOCCARDO, Guillermo y MAILLMANN, Fernando. *Estudio de factibilidad: Establecimiento de una planta productora de bioetanol en Argentina.* 2010

ÁLVAREZ, Jesús, SALAMANCA FRESNO, Carlos y FERNÁNDEZ PORTABALES, Ricardo. *Proyecto de viabilidad de una planta de bioetanol con un sistema de cogeneración.* España.

JAMES, Carlos. *Estado de la industria argentina de biocombustibles, Cámara Argentina de energías renovables.* Mayo 2010.

### **REVISTAS IMPRESAS**

PÉREZ BERMÚDEZ, Indira y GARRIDO, Jorge. *Aspectos a tener en cuenta en la operación de un sistema de deshidratación de alcohol por tamices moleculares.* Enero - abril, 2011. vol. 45, núm. 1. ISSN: 0138-6204

### **SITIOS WEB**

SIOGRANOS [en línea] [consulta 19 jun 2016]

<<https://www.siogranos.com.ar/>>.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA DE LA NACIÓN [en línea] [consulta 18 may 2016]  
<<https://www.minem.gob.ar/>>.

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA [en línea]  
[consulta 30 jun 2016]  
<<http://www.senasa.gov.ar/>>.

INFORMACIÓN LEGISLATIVA Y DOCUMENTAL [en línea] [consulta 03 abr 2016]  
<<http://www.infoleg.gob.ar/>>.

AGROFY NEWS [en línea] [consulta 02 abr 2016]  
<<http://news.agrofy.com.ar/tags/agrofy>>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE [en línea] [consulta 26 abr 2016]  
<<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA DE LA NACIÓN [en línea] [consulta 6 may 2016]  
<<http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/>>.

BRITISH PETROLEUM [en línea] [consulta 4 feb 2016]  
<<http://www.bp.com/>>.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA [en línea] [consulta 28 abr  
2016]  
<<http://inta.gob.ar/>>.