



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES – ITBA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOETANOL

10.01 Proyecto final de ingeniería industrial

AUTORES:

Altuna, Juan María – 55119

jaltuna@itba.edu.ar

Bianchi di Carcano, Camila – 55151

cbianchidicarca@itba.edu.ar

Novaro Hueyo, José Agustín – 55318

jnovarohueyo@itba.edu.ar

Nagore, Pablo Santos - 55132

pnagore@itba.edu.ar

TUTOR:

Mascarenhas, Juan Martín

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL.

BUENOS AIRES
AÑO 2018

Resumen ejecutivo

En el siguiente trabajo se realizará un estudio de prefactibilidad de la instalación de pequeña destilería de bioetanol integrada a un establecimiento agropecuario. El objetivo del proyecto es la obtención de bioetanol a partir del maíz producido en el establecimiento, obteniéndose subproductos que alimenten un feedlot de ganado vacuno. La idea surge de tratar de agregarle valor a la producción de maíz en un establecimiento agropecuario en La Pampa a partir del modelo de negocios desarrollado por la empresa Porta Hnos. Este consiste en la instalación de plantas modulares integradas a establecimientos agropecuarios llamadas MiniDest.

En primer lugar, se realizará un estudio del mercado en el que se analizarán las condiciones del mercado, estudiándose la oferta y la demanda con el objetivo de determinar el precio y la cantidad a producir de los productos elaborados durante los diez años de duración del proyecto, así como también la estrategia comercial a seguir. Luego se hará un análisis de ingeniería en el que estudiarán los aspectos técnicos del proyecto, entre los que se encuentra el balance de línea de la planta a partir del cual se determinará la cantidad de materia prima necesaria y la cantidad de máquinas requeridas. En este punto también se hará un análisis de la localización de la planta. Además, en el trabajo se analizará la factibilidad económico-financiera del proyecto, determinando la conveniencia de realizar la inversión. Por último, en el análisis de riesgos se contemplarán diferentes escenarios, y los resultados obtenidos en cada uno de ellos. El objetivo de este análisis es obtener una distribución de probabilidad para el valor del proyecto.

Executive summary

The following paper is a prefeasibility study about the installation of a small bioethanol plant integrated to an agricultural establishment. The objective of the project is to obtain bioethanol from corn produced in the establishment, getting also as a by-product food for cattle in a feedlot. This idea comes from a main aim which is to add value to the corn production of the area in this establishment in La Pampa, based on Porta Hnos' business model. This model consists on the installation of a small modular bioethanol plant called MiniDest.

First, a market analysis will take place, in which the conditions of the market will be taken into account, studying the offer and the demand while trying to determine the amount of product to produce and the price at which it will be sold during the ten years that the project will last. The conclusion of this analysis will be the commercial strategy that the project will follow. Afterwards, an engineering analysis is done. In it, the technical aspects of the production will be taken into account. The requirements of raw material, machinery, and other services will be the result of the line balance done at this stage. An analysis of the location of the plant will also be considered. Then, based on the investment needed, a financial-economic analysis of the whole project will be done to evaluate if it is a convenient investment or not, considering the possible ways of financing the investment. Finally, the whole project will be evaluated analyzing the possible fluctuations and variabilities in the market and the economic and political context. This will be done by conducting a risk analysis in which several possible scenarios will be considered and from which we obtain different distributions to the NPV of the project, and finding out ways to reduce the risk of the project.

Contenido

Resumen ejecutivo	1
Executive summary	1
Estudio de mercado	5
Negocio	5
Bioetanol.....	5
Subproducto: Burlanda	5
MiniDest.....	7
Contexto internacional	8
Bioetanol en el mundo.....	8
Bioetanol en Brasil	9
Bioetanol en Argentina.....	11
Mercado	13
Mercado consumidor	13
Porta.....	13
Refinerías.....	14
Proveedores	15
Maíz.....	15
Gas natural.....	16
Agua	17
Demanda	17
Demanda de nafta	18
Demanda del Bioetanol	24
Precio	26
Random Walk.....	28
Mean Reversion.....	30
Bioetanol de maíz vs. de caña de azúcar	34
Análisis de subproductos	35
Burlanda húmeda.....	35
Vinaza.....	37
Cinco fuerzas de porter	38
Competidores.....	38
Proveedores	38
Compradores.....	39
Productos sustitutos	39
Nuevos Competidores	39
Análisis FODA	40

Fortalezas.....	40
Oportunidades.....	40
Debilidades	41
Amenazas.....	41
Áreas de avance	42
Área de defensa.....	42
Análisis de competitividad de bioetanol	42
Estrategia Comercial.....	49
Análisis de ingeniería	50
Localización.....	50
Macrolocalización	50
Microlocalización	54
Proceso de obtención de bioetanol a partir del maíz:.....	61
Balance de línea.....	68
Tecnología seleccionada.....	71
Plan de Producción	79
Impacto ambiental.....	80
Layout.....	80
Análisis económico-financiero	83
Sistema de costeo	83
Proyecciones utilizadas	83
Inversiones.....	85
Activos fijos.....	85
Inversiones y amortizaciones.....	88
Financiamiento	88
Ingresos y egresos	89
Ingresos.....	89
Egresos	90
Cuadro de resultados	92
Balance.....	92
Activo	92
Pasivo	93
Patrimonio neto	93
Flujo de fondos.....	95
FCFF.....	95
FCFE.....	96
Punto de equilibrio	97

Análisis financiero	97
Análisis de riesgos	98
Fuentes de variabilidad	99
Variables	100
Escenarios	103
Tornado Chart	104
Análisis de sensibilidad	104
Análisis de Montecarlo	109
Mitigación de riesgos	116
Opciones reales	118
Conclusión	119

Estudio de mercado

Negocio

Bioetanol

El Etanol o alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) es el más común de los alcoholes y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro volátil, inflamable y soluble en agua.

El bioetanol es un alcohol etílico de alta pureza, anticorrosivo y oxigenante que puede ser empleado como combustible mezclándolo con las naftas en diferentes proporciones¹. Se lo considera una fuente de energía renovable ya que se obtiene de biomasa de origen vegetal. Se puede obtener bioetanol de maíz, trigo, sorgo, cebada, remolacha azucarera, caña de azúcar o cualquier otro cultivo que contenga azúcares o compuestos capaces de convertirse en azúcares. De todas formas, industrialmente se obtiene principalmente de la fermentación de maíz o de caña de azúcar.

Una de las características más atractivas de utilizar bioetanol como combustible, tanto puro como mezclado con naftas, es que es considerado un combustible limpio, renovable y sostenible.

La mezcla más común en el mundo es de un 10% de etanol y un 90% de nafta, denominada E10. En el caso de Argentina la mezcla hoy en día está en un 12%. Para funcionar con un corte menor al 25% de bioetanol los vehículos no deben realizar ninguna modificación en sus motores y sus garantías tampoco se verán afectadas. El Secretario de Agregado de Valor del Ministerio de Agroindustria, Néstor Rolet, dijo:

“La decisión política es llegar a un corte del 25% de etanol con nafta. Adefa (la asociación que nuclea a las terminales automotrices argentinas) nos pidió, como mínimo, que la decisión se informe con una anticipación de dos años por un tema de garantía de motores”².

Actualmente Brasil es el país líder del mundo en el uso de bioetanol en combustibles. En ese país existen autos que utilizan cualquier mezcla desde E20 a E100 para funcionar (de 20% a 100% de etanol). En el año 2009 el 84% de los vehículos producidos en Brasil fueron Flex³, es decir que están preparados para usar bioetanol puro como combustible.

Subproducto: Burlanda

Del proceso de fermentación de granos para la obtención de bioetanol, se obtiene como subproducto burlanda y vinaza. La burlanda húmeda se puede utilizar como

¹ (04/04/18). Bio4: Bioetanol. <http://www.bio4.com.ar/productos/bioetanol/>

² Mesquida, F. (15/04/18). Infocampo: Roulet Aseguró que planean llevar a 25% de bioetanol el corte obligatorio de combustible. <http://www.infocampo.com.ar/roulet-aseguro-que-planean-llevar-el-corte-de-nafta-con-etanol-al-25/>

³ ANFAVEA. (15/04/18). http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10_producao.pdf

alimento para ganado con alto contenido de proteína y energía de alta digestibilidad. Puede mezclarse con otros tipos de alimentos (gluten de maíz, maíz molido, marlo molido, etc.) sin afectar el nivel de eficiencia de conversión del alimento en ganancia de peso de los animales. Los principales componentes de la burlanda húmeda son:

Materia Seca%	26-30
Proteína Bruta%	29-33
FDA%	18-22
FDN%	55-65
Digestibilidad%	85-90
Extracto Etéreo%	8-12

Tabla 1: Componentes de la burlanda húmeda

FDA: Fibra detergente ácido

FDN: Fibra detergente neutro

Análisis Físicos- Químicos: Planta de Bioetanol ACA Bio											
WDGS	Solidos TC %	Humedad TC%	Proteína TC%	Materia Grasa TC%	Fibra TC %	Cenizas TC%	FDA TC %	FDN TC%	Almidón TC%	Azufre TC%	Fosforo TC%
1	37.09	62.91	8.91	4.55	3.3	2.27	3.54	9.44	2.12	0.26	0.34
2	35.61	64.39	8.79	4.45	3.13	2.2	3.77	9.08	1.63	0.19	0.3
3	35.33	64.67	9.11	4.17	3.51	2.02	3.88	9.87	1.47	0.19	0.27
4	36.37	63.63	9.08	4.51	3.37	2.18	3.91	9.6	1.87	0.21	0.31
5	35.6	64.4	9.01	4.24	3.14	2.15	3.64	9.73	1.49	1.2	0.29
6	35.6	64.4	9.22	4.2	3.01	2.19	3.61	9.7	1.24	0.19	0.28
7	33.51	66.49	8.62	4.13	3.84	2.44	3.13	9.47	0.66	0.17	0.28
8	35.8	64.2	8.8	4.74	3.27	2.36	3.07	9.65	1.64	0.23	0.35
9	36.6	63.4	8.94	4.57	3.08	2.38	3.81	9.49	1.95	0.22	0.33
10	36.31	63.69	9.32	4.5	3.61	2.48	4.08	10.16	2.14	0.22	0.33
Promedio	35.78	64.22	8.98	4.41	3.33	2.27	3.64	9.62	1.62	0.31	0.31
Cv (%)	2.71	1.51	2.36	4.68	7.88	6.4	8.99	2.98	27.57	96.9	9.16

TC: TAL CUAL

Tabla 2: análisis de la composición de la burlanda húmeda a la salida de la planta ACA Bio

La tabla 2 representa una serie de 10 muestras obtenidas a la salida de la planta de ACA Bio y el promedio en la línea final.

Por otro lado, la burlanda líquida o vinaza liviana, es un alimento líquido el cual es ingerido por los animales por medio de bebederos. Sus componentes principales son:

Materia Seca %	4 – 6
Proteína Bruta %	18 – 20
FDA %	0 – 3
FDN %	3 – 4
Digestibilidad %	78 – 82

Tabla 3: composición vinaza liviana

La utilización de la burlanda, además de beneficiar la calidad de alimento, permite mejorar el negocio al ahorrar en insumos de alimentos en caso de tener cabezas de ganado propias, o aumentar los ingresos en caso de comercializarla. Según estudios del INTA el resultado óptimo se obtiene al reemplazar el 30% de la dieta del animal por burlanda, aunque los productores se inclinan por reemplazar hasta un 40% de la misma por el subproducto.

MiniDest

La idea del proyecto surge de tratar de encontrarle una solución a los altos costos de transporte en los que incurre la producción de cereal en el noreste de La Pampa y sus alrededores, alineado con el propósito de generar valor agregado en origen a la producción de maíz que hay en la zona.

El proyecto consiste en la instalación de una planta MiniDest. Las MiniDest son pequeñas destilerías modulares y automáticas proporcionadas por la empresa Porta Hnos. Esta es un empresa productora de bioetanol a gran escala para la industria alimenticia. Estas plantas presentan un gran atractivo, ya que tienen prácticamente la misma eficiencia de transformación que una planta de gran escala, a lo que se suman ahorros en costos logísticos al estar localizadas en el lugar de cultivo. Además presenta ahorros de hasta el 50% del gasto calórico en comparación a las grandes destilerías. Al estar integradas a la alimentación de los animales directamente con la burlanda húmeda, no es necesario secarla para transportarla, lo que genera el ahorro energético.

La MiniDest consume aproximadamente 13.500 toneladas de maíz al año, equivalente a la producción de 1700 hectáreas de maíz anuales con una cosecha de 8 toneladas por hectárea que es lo que comúnmente rinde esta zona bajo condiciones normales.

La destilería tiene una capacidad de 15.000 litros diarios de alcohol hidratado (Etanol 95), para lo cual se obtiene como subproducto 40 toneladas de burlanda húmeda, que sirven para alimentar un feedlot de 4.000 cabezas permanentes y 70.000 litros de burlanda líquida por día, que requiere 2.500 cabezas aproximadamente para consumirlo⁴. Por otro lado, si se quiere utilizar el bioetanol para con nafta, es necesario que esté deshidratado, con lo cual sería necesario agregarle a la destilería una planta anhidridadora.

En cuanto a los recursos necesarios, se consumen 150 kw/h y el consumo de agua es prácticamente neutro, ya que el agua que ingresa (120 m³/día) sale en forma de burlanda (líquida y húmeda). Además se necesita una caldera para calefaccionar que utiliza GLP, BioGas o Gas natural para funcionar⁵.

Porta Hnos. no tiene un contrato estandarizado con aquellos que instalan una MiniDest. Cuando un productor decide instalar una planta se negocian los términos individualmente. En el mismo se define si el productor o Porta será el dueño de la planta, si la producción de la misma se venderá a Porta o el productor definirá a quién venderle, o si formará una sociedad con la empresa, entre otras cosas. La idea de la empresa Porta Hnos es formar una sociedad con todos los dueños de MiniDest y utilizar un solo deshidratador para toda la producción , lo que mejoraría el retorno de la inversión del equipo.

⁴ Minidest: Preguntas frecuentes. (14/04/18). <http://www.minidest.com.ar/preguntas-frecuentes/>

⁵ Idem.

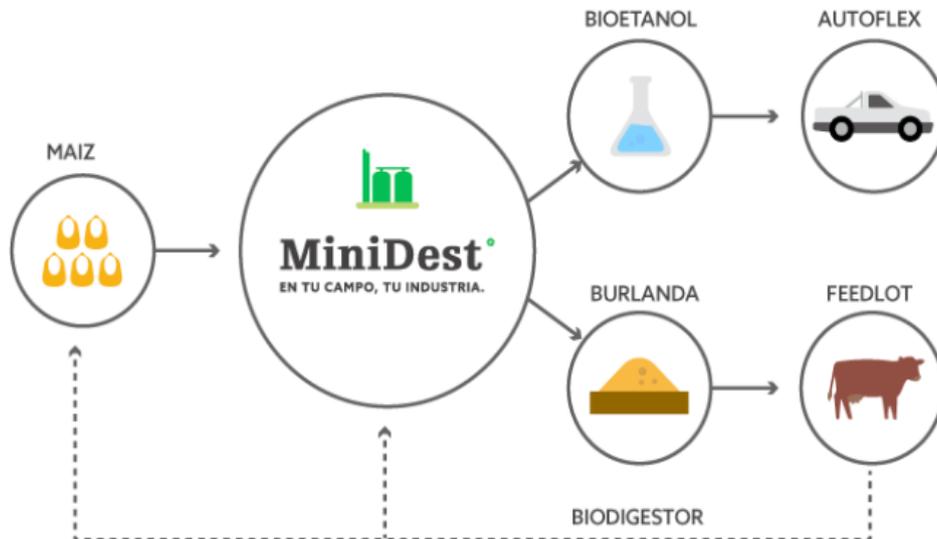


Fig. 1: proceso de producción de la MiniDest

Contexto internacional

Bioetanol en el mundo

La producción de bioetanol en el mundo está mayormente concentrada tanto en Estados Unidos como en Brasil (ver Figura 2). En estos últimos años estos dos son los países que más esfuerzos han hecho para maximizar el uso de esta energía renovable en los vehículos. Aproximadamente un 58% de la producción mundial proviene de Estados Unidos. En segundo lugar, Brasil representa otra gran parte de la producción de bioetanol con un 26%, siendo líder mundial en la producción de bioetanol de caña.

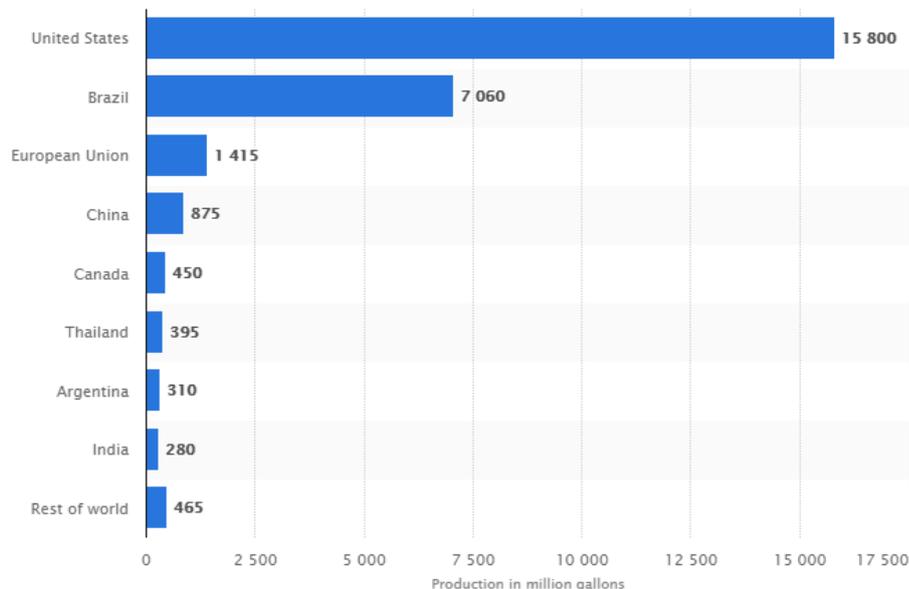


Fig. 2: producción de bioetanol por país (en millones de galones)⁶.

⁶ Statista: Fuel ethanol production worldwide in 2017, by country (in million gallons). (15/04/18). <https://www.statista.com/statistics/281606/ethanol-production-in-selected-countries/>

En EEUU hoy en día existen 209 plantas de bioetanol con capacidad total de 15.800 millones de galones por año. El 94% se produce a partir de maíz, mientras que el resto proviene de azúcar, residuos de cosecha y otra biomasa.

Bioetanol en Brasil

Brasil comenzó a desarrollar su producción de Bioetanol en 1974, luego de una gran crisis azucarera en la que el precio del azúcar bajó de U\$S 1400/ton a U\$S 300/ton en un semestre. Para controlar los efectos negativos de la misma el gobierno comenzó a incentivar la producción de bioetanol de caña de azúcar como alternativa para aumentar la demanda. Como consecuencia de esa política comenzó a crecer el uso de autos con motores flex, preparados para utilizar cualquier proporción en la mezcla de nafta y bioetanol. Desde ese momento, la industria del bioetanol tuvo altibajos hasta 2003, cuando nuevamente aumentó el precio del petróleo y el bioetanol volvió a ser competitivo.

Luego de esta última recuperación del bioetanol hubo un enorme crecimiento en la producción de autos con motores flex, así como avances tecnológicos para superar las complicaciones propias de la utilización del bioetanol. El principal problema de los autos flex es que a bajas temperaturas el alcohol tiene complicaciones para vaporizarse y combustionar, por lo que los autos E85 (85% bioetanol, 15% nafta) o mayor deben tener un tanque auxiliar de combustible para poder arrancar a bajas temperaturas y, una vez que el motor aumentó su temperatura, pasar a usar el bioetanol. La producción de vehículos flex livianos aumentó de manera importante en los últimos años. En 2003 la producción de autos flex representaba el 2,9% de la producción total, mientras que en 2009 alcanzó a ser el 84%⁷.

En Brasil las plantas que producen bioetanol se alimentan mayormente de caña de azúcar debido a que se dan las condiciones necesarias para producirla en el país. Además, las plantas aprovechan los restos de la caña como biomasa para producir energía eléctrica, lo que vuelve ambos productos (bioetanol y electricidad) mucho más competitivos.

El consumo de combustible en Brasil está representado en la figura 3, los datos fueron tomados desde el 2012 hasta mediados del 2017. El precio del etanol ha sido significativamente menor que el de combustibles fósiles estos últimos años y por eso está siendo más competitivo.

⁷ANFAVEA.

http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10_producao.pdf

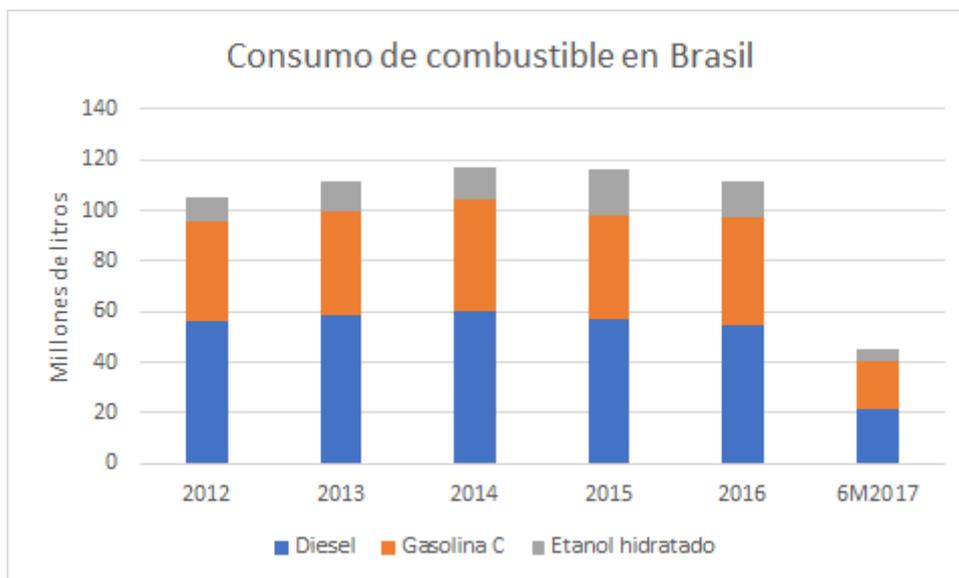


Fig. 3: consumo de los distintos combustibles en Brasil desde 2012. El año 2017 sólo tiene información de la primera mitad del año. Gasolina C es gasolina cortada con bioetanol.

El corte de la gasolina C fue aumentando desde 18% en 2012, hasta llegar a 27,5% en 2017. Por otra parte en las estaciones de servicio en Brasil se vende combustible mezclado con etanol en un 85%, y se puede vender hasta 100% de etanol. Debido a la diferencia de poder calorífico entre el combustible y el etanol, el consumidor brasileño carga etanol puro mientras éste sea aproximadamente 0,7 veces el precio de la nafta⁸.

Hasta el año pasado en Brasil había en funcionamiento 4 plantas de bioetanol alimentadas con maíz de las cuales dos de ellas pueden producir también en base a caña de azúcar. Para 2017 se produjeron en Brasil 480 millones de litros de etanol a base de maíz esto es aproximadamente un 1.8% del total de etanol producido en este país.

La industria brasileña tiene una capacidad de producción de etanol de 40 billones de litros por año (2017), esta cantidad corresponde al etanol hidratado de los cuales 21 billones aproximadamente son para producir etanol anhidro.

⁸Campograndenews. (15/04/18). Portalcania: Brasil: el etanol ya cuesta el 91% del precio de la gasolina y pierde competitividad. <https://www.portalcania.com.ar/noticia/brasil-el-etanol-ya-cuesta-el-91-del-precio-de-la-gasolina-y-pierde-competitividad/>

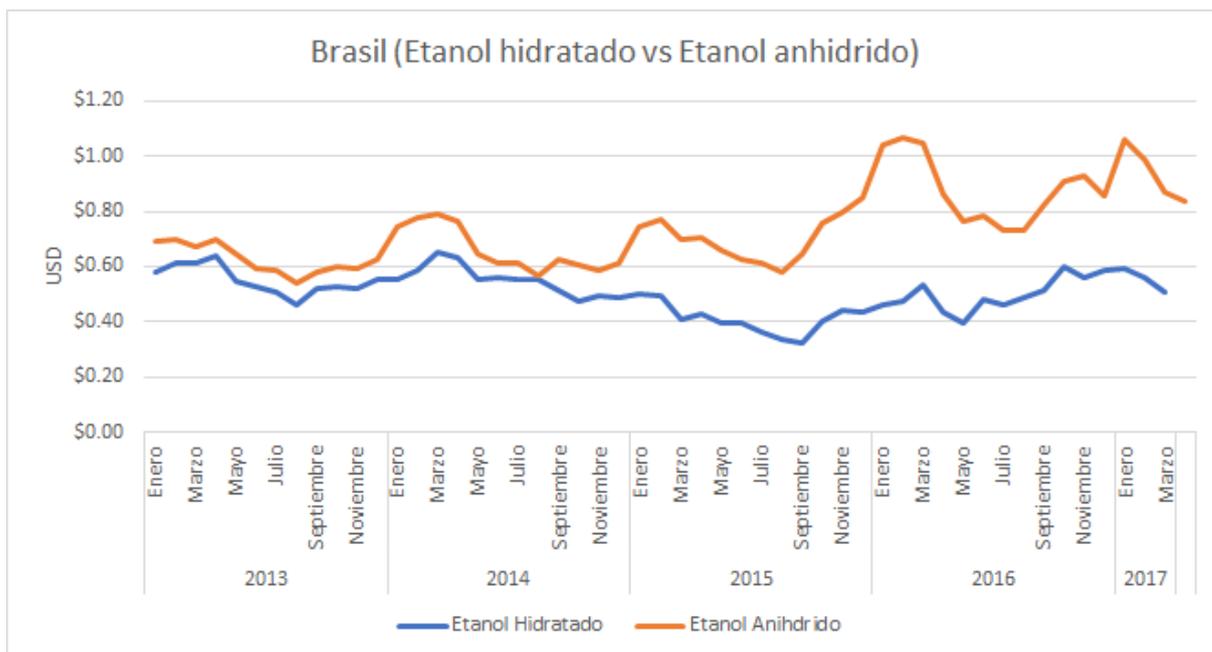


Fig. 4: evolución del precio del etanol anhidro y el hidratado desde enero de 2013 a marzo de 2017

Bioetanol en Argentina

La producción de bioetanol en Argentina está destinada totalmente a consumo interno, no habiéndose registrado exportaciones en 2016. El consumo de bioetanol en Argentina está ligado directamente al consumo de nafta, ya que el 90% del bioetanol se utiliza como combustible mezclado con la nafta. Desde el año 2008 se impuso un corte obligatorio que fue aumentando gradualmente hasta alcanzar 12% en 2016.

La demanda de bioetanol en Argentina está directamente relacionada a la evolución del corte obligatorio impuesto por el gobierno:

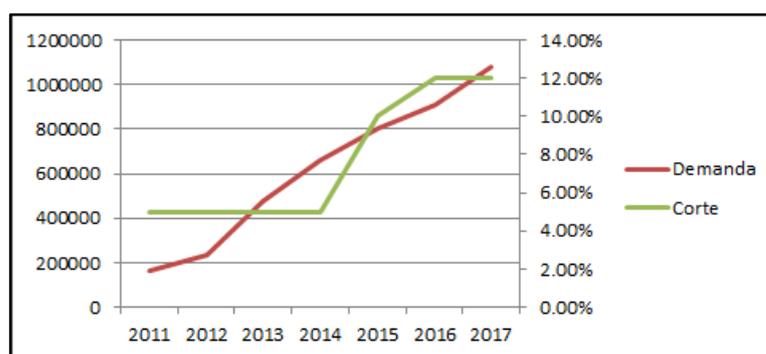


Fig. 5: Evolución de la demanda de bioetanol (eje principal) y del corte (eje secundario) desde 2011.

La venta de bioetanol para corte se realiza por cupos, es decir que el gobierno determina la cantidad de bioetanol que cada empresa puede vender para mezclar con combustibles. La producción se reparte aproximadamente en cantidades iguales entre bioetanol obtenido a partir de caña de azúcar y del maíz.

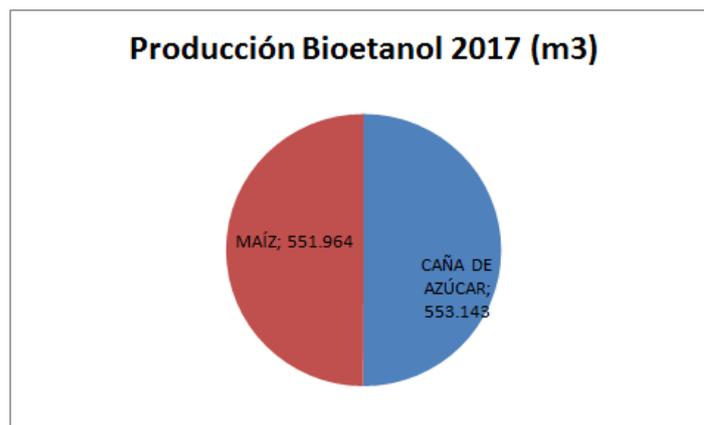


Fig. 6: producción de bioetanol de maíz y de caña de azúcar en Argentina en 2017⁹.

Durante el 2017 las empresas que vendieron bioetanol para corte fueron 19. De ellas, 14 lo produjeron a partir de caña de azúcar y 5 a partir de maíz.

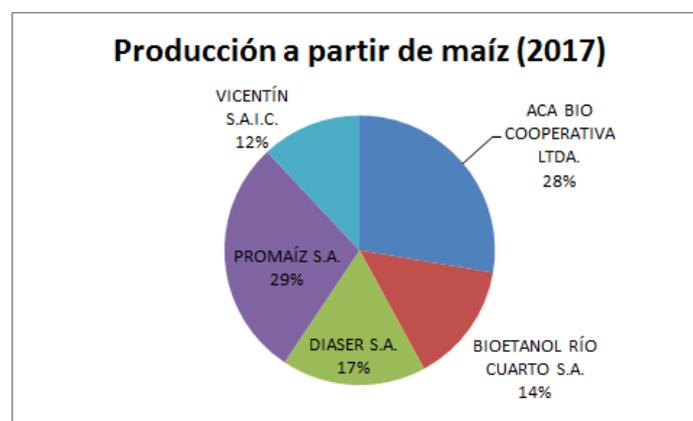


Fig. 7: producción de bioetanol de maíz para corte por empresa¹⁰.

Por otro lado, en Argentina también se producen 130.000 m³ de etanol para uso industrial y alimenticio en el mercado doméstico. En este mercado participan varias empresas que producen bioetanol.

Del total del maíz producido en el país, solo un 4% se utiliza para generar etanol¹¹, por lo que el potencial de crecimiento es muy importante. Es muy difícil incrementar la superficie destinada a la producción de azúcar¹², por lo que mientras que el maíz tiene un gran potencial de crecimiento, es posible que la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar quede estancada, en caso de que se liberaran los cupos.

⁹ Secretaría de Gobierno de Energía. (15/04/18). Estadísticas de Biodiesel y Bioetanol. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4008>

¹⁰ Idem.

¹¹ Calzada, J. y di Yenno, F. (18/04/18). Bolsa de Comercio de Rosario: Capacidad de producción de etanol de Argentina no llega al 2% de la de EEUU. https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pIDNoticia=664

¹² Fernández Palma, G. (18/04/18). Infocampo: El bioetanol en Argentina. Ayer y hoy. <http://www.infocampo.com.ar/el-bioetanol-en-argentina-ayer-y-hoy/>

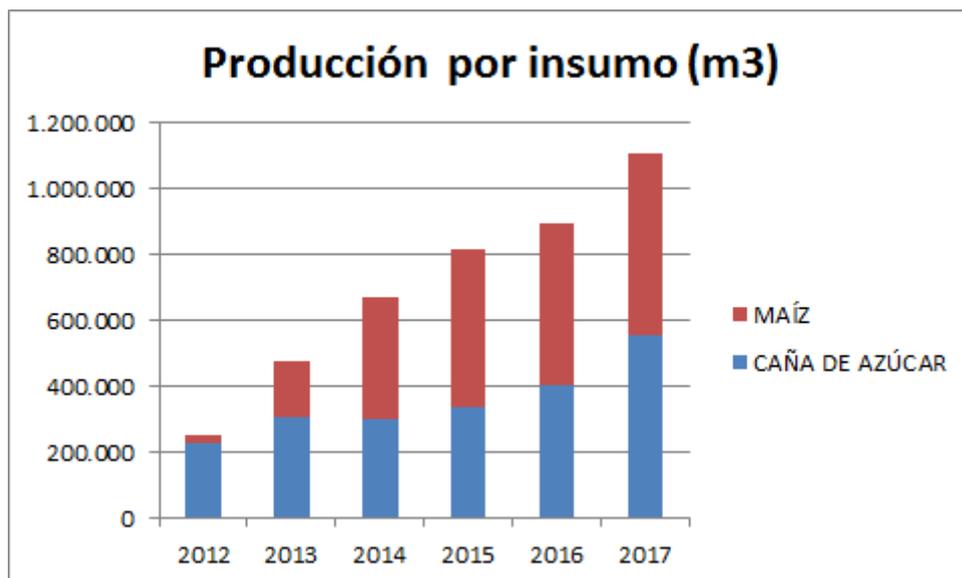


Fig. 8: producción de etanol, diferenciado por su origen (maíz o caña de azúcar)¹³.

Mercado

Mercado consumidor

Analizando el mercado consumidor, se llegó a la conclusión de que hay tres posibles clientes. La primera opción es vender el 100% de lo producido a Porta, ya que ofrece instalar la MiniDest y como medio de pago se vende el bioetanol para su planta. La segunda opción es vender lo producido a las refinerías (YPF, Shell, Axion, etc.) ya que con la ley 26.093 se ven obligadas a cortar las naftas con el 12% de bioetanol. Esta opción se analizará, aunque para poder hacerlo se requiere tener cupo, lo cual actualmente es muy difícil de conseguir. La tercera opción es mercado del alcohol para producción industrial.

Porta

Porta utiliza el bioetanol para la producción de diferentes productos derivados de éste. Entre las marcas pertenecientes a Porta Hnos. se encuentran¹⁴:

- Bialcohol (alcohol en gel)
- Casalta (acetos, vinagres, aceite)
- 1882 (fernet)
- Guindado
- Nikov (vodka)
- Jamaica (ron)

Actualmente, Porta Hnos. no tiene cupo que le permita comercializar el bioetanol en el mercado del biocombustible, por lo que no puede venderle a las refinerías y el bioetanol producido en la MiniDest estaría destinado exclusivamente al proceso de fabricación de estos productos.

¹³ Secretaría de Gobierno de Energía. (15/04/18). Estadísticas de Biodiesel y Bioetanol. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4008>

¹⁴ Portan Hnos: Nuestros productos. (05/03/18). <https://portahnos.com.ar/#nuestrosproductos>

Al venderle a Porta, la idea es formar una alianza estratégica o sociedad entre Productores+Porta. Algunas de las ventajas de esta sociedad son que la demanda del bioetanol producido en la MiniDest está 100% asegurada, que la sociedad se hace cargo de los costos logísticos y que Porta brinda servicio de operación y monitoreo remoto mediante el software ControlDest para asegurar la eficiencia de los procesos y la optimización del rendimiento de la planta.

Además, Porta espera poder comenzar a comercializar con refinerías para el negocio de biocombustibles en los próximos años, mediante cupo del gobierno o el comienzo del libre mercado en 2021, según espera el Presidente Mauricio Macri:

*"Lo vamos a hacer (acerca de la posibilidad de aumentar el corte de bioetanol en naftas), estamos trabajando con el Ministerio de Ambiente y las terminales automotrices y en el mediano plazo vamos a ir a un mecanismo de libre competencia en 2021"*¹⁵

Refinerías

Como se mencionó anteriormente, el combustible debe ser entregado al consumidor final con un corte de bioetanol dispuesto por el gobierno de la nación. El nivel de corte comenzó en el 2006 con 5%, hoy en día es del 12% y se proyecta que podría subir hasta 25% en los años siguientes según las expectativas del gobierno.

Para poder mezclar el bioetanol con los combustibles fósiles se tiene que alcanzar como mínimo un grado de pureza del bioetanol que va desde 99,5% a 99.9%, es decir, que contenga ese porcentaje de alcohol y el resto de agua. El grado varía dependiendo de la temperatura. Este bioetanol es del tipo anhídrido.

Las refinerías que mayor participación tienen en el mercado en orden descendente son YPF S.A., Shell Argentina C.A.P.S.A y Axion Energy Argentina S.A.

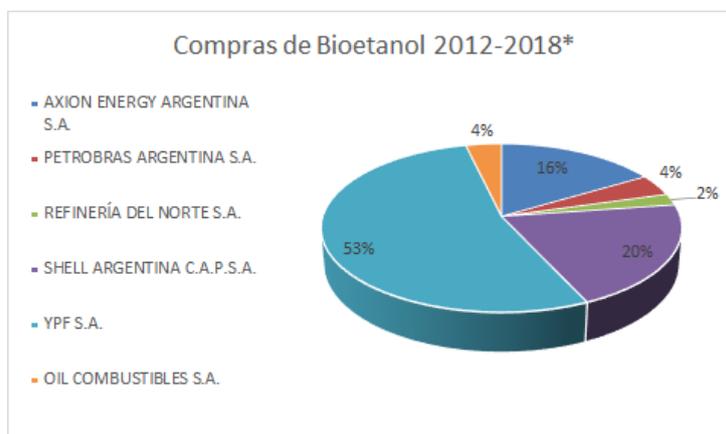


Fig. 9: porcentaje de compras de bioetanol por empresa¹⁶.

De los datos obtenidos de la página web del Ministerio de Energía (sección dataset) se desglosó la información en la figura 10 a continuación para entender la

¹⁵ Mira, C. (08/04/17). La Nación: Macri y Trump hablarán de biosiésel. <https://www.lanacion.com.ar/2006425-macri-y-trump-hablaran-de-biodiesel>

¹⁶ Secretaría de Gobierno de Energía. (15/04/18). Estadísticas de Biodiesel y Bioetanol. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4008>

representatividad de cada mezcladora y cómo fueron evolucionando a lo largo de los últimos 6 años.

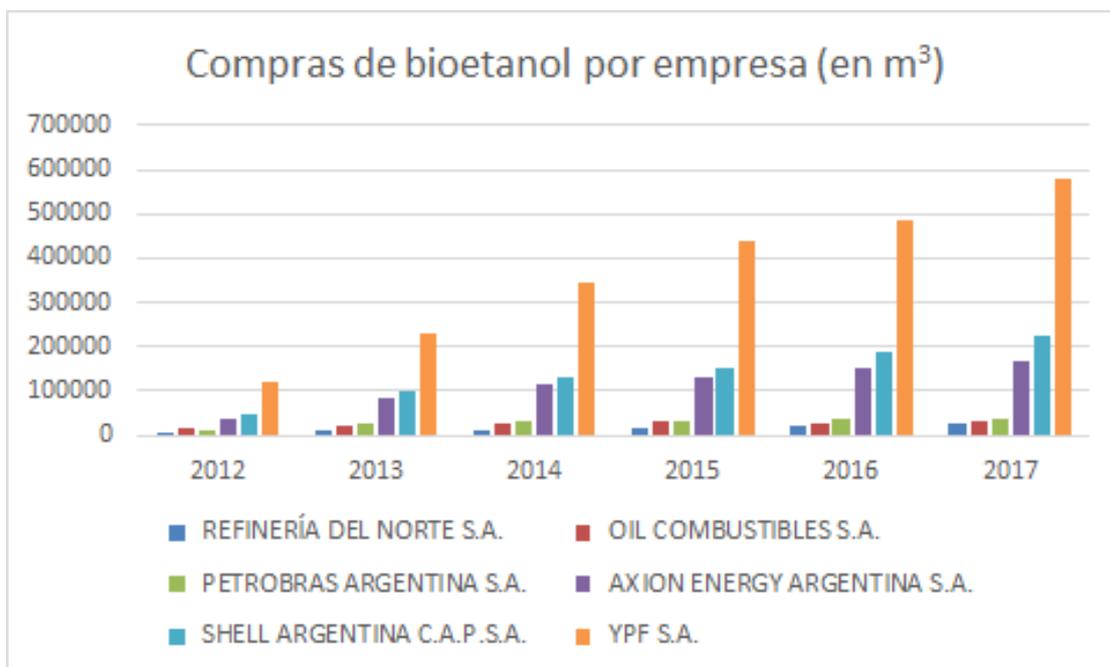


Fig. 10: evolución de las compras de bioetanol por destilería¹⁷.

Proveedores

Ya analizados los posibles consumidores se procede al estudio de los proveedores. En primer lugar se analizarán los proveedores potenciales de maíz, ya que es la materia prima base y el insumo fundamental en nuestro proyecto. El segundo insumo sumamente necesario es el que brinda la energía para garantizar que los procesos de la planta funcionen adecuadamente, es decir, el gas y la electricidad. Por último no hay que dejar de lado la instalación de la planta y los ingenieros a cargo, quienes serán provistos por Porta.

Maíz

La planta se instalaría en el pueblo de ceballos a 20 km de Intendente Alvear, departamento de Chapaleufu, lugar donde la producción de maíz es abundante.

La idea es utilizar la parte de la producción propia del Establecimiento San Antonio que se destina a la venta y comprar el maíz faltante para producir bioetanol a los productores cercanos. En la zona hay muchos campos, los cuales dedican en conjunto unas 40.000 has. a la producción de maíz, con lo cual hay oferta disponible y el precio sería competitivo debido a que hay un ahorro en flete importante, que de otra forma el productor debe pagar hasta Rosario. Otro punto a favor es que hoy en día no hay un efecto de estacionalidad en el abastecimiento gracias al almacenamiento en silo bolsas, utilizado por todos los productores locales.

¹⁷ Secretaría de Gobierno de Energía. (15/04/18). Estadísticas de Biodiesel y Bioetanol. <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4008>

El Establecimiento San Antonio dedica 700 has. a la producción de maíz. Como se mencionó anteriormente se estima un rendimiento promedio de 8 ton/ha. De estas, 425 se utilizan para alimentar al ganado. La inclusión de la burlanda en la dieta del ganado proporciona un ahorro del 40% del alimento. Por esta razón, al instalar la MiniDest se pasaría a dedicar 255 has. de maíz para el ganado y el resto se proveería de la burlanda. Esto hace que se tenga disponible en el campo 445 has. de maíz para alimentar la MiniDest. Esto equivale a 3560 toneladas. La planta funciona con 13500 toneladas anuales de maíz, por lo que se necesitaría comprar 9.040 toneladas a los productores de los alrededores.

Gas natural

Para el funcionamiento de la caldera se puede utilizar GLP, gas natural o BioGás. El principal proveedor de gas natural y GLP es YPF Gas. Lo más común es utilizar el gas natural. La caldera de la destilería requiere unos 100m³/h de gas natural.

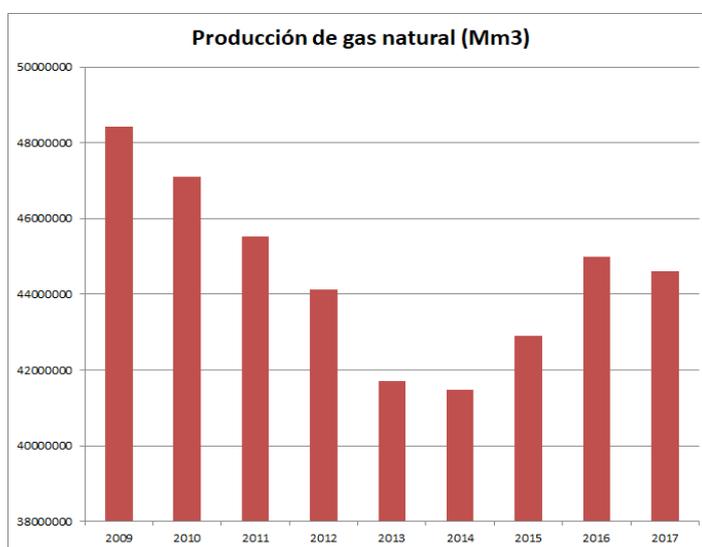


Fig. 11: evolución de la producción de gas natural en Argentina en miles de m³.

La producción de gas natural en Argentina fue cayendo en los últimos años debido a poca inversión producto de políticas públicas que no ayudaron y poca confianza de los inversores en el país. Esto produjo que Argentina comience a ser un país netamente importador de gas natural. En los años más recientes, se observa una recuperación del nivel de producción.

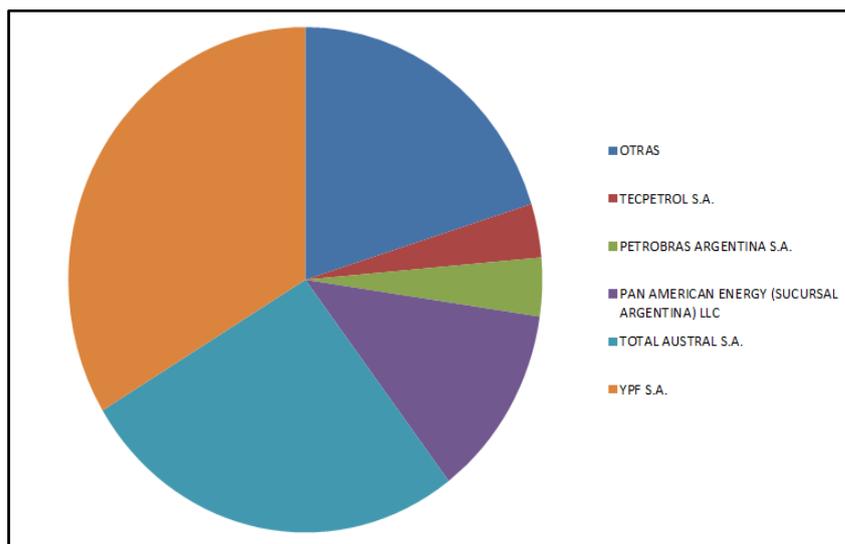


Fig. 12: Distribución de producción de gas natural por empresa (en %).

En cuanto al mercado, se ve que YPF S.A. ocupa más del 25%, seguido por Total Austral S.A. Esas dos empresas producen más del 50% del gas natural del país.

En concreto, el abastecimiento de gas para la destilería va a depender del contrato con el proveedor de gas natural, que es la forma más común y fácil de abastecerse de este recurso. Sin embargo es importante tener en cuenta los términos de contratación con el proveedor local, en este caso YPF. En época invernal, debido a la alta demanda de gas para calefacción es posible que se corte el suministro y en muchos contratos se estipula que el gas para esta industria es el primero que se corta en estos casos. El efecto de esto será que en esos períodos se dependerá de alguna fuente alternativa que probablemente sea más cara, lo cual tendrá cierto impacto en los costos de producción.

Agua

Una de las características atractivas de la MiniDest es el consumo de agua. Una MiniDest consume 120 m³ (120 mil litros) de agua por día en su proceso productivo. El agua utilizada sale casi en su totalidad en contenida en la burlanda y la vinaza, que luego serán destinadas para alimento y bebida de los animales. Por lo tanto el consumo de agua en la producción de etanol, al estar integrado a la cadena productiva del campo, es prácticamente neutro.

El campo cuenta con napas, aproximadamente a unos 12 metros de profundidad según perforaciones anteriores que se realizaron cerca del lugar.

Demanda

El análisis de la demanda de bioetanol se hará únicamente para el mercado del mismo destinado a biocombustibles, es decir, las ventas a las refinerías para mezcla con nafta. La demanda de bioetanol para los productos producidos por Porta (bebidas alcohólicas, productos farmacéuticos, etc.) es en Argentina aproximadamente de 130

millones de litros por año¹⁸. Según lo informado por José Porta en una entrevista, esta demanda es estable y el mercado ya se encuentra saturado, por lo que el análisis del mismo no es de interés para el estudio del proyecto.

El primer vehículo adaptado para funcionar con mezcla de etanol y nafta fue el Ford T en el año 1908. A partir de ahí se comenzó a aplicar el etanol como mezcla con los combustibles fósiles para alimentar los motores. Con el tiempo la tecnología fue avanzando y hoy existen autos capaces de funcionar con etanol al 100%.

En la República Argentina la aplicación del etanol en combustibles se demoró unos años y recién en el 2007 se lanzó la primera ley de corte para las naftas, la Ley 23.334. El primer corte impuesto por el gobierno fue de un 5% de etanol y un 95% de nafta. En ese entonces el consumo de naftas en Argentina era de 5.381.211 metros cúbicos, teniendo un corte del 5%, la cantidad de etanol necesario era de 269.060 metros cúbicos.

Hoy en día el corte en La Argentina se ubica en un 12% y el consumo de nafta del año pasado fue de 9.319.915 metros cúbicos por lo tanto la demanda de etanol en el mercado es 1.118.390 metros cúbicos.

Demanda de nafta

Se buscó un modelo que relacione el consumo de combustible con ciertas variables que se consideró que podían ser relevantes, para luego hacer una regresión para poder proyectar la demanda. Estas variables eran el PIB nacional per cápita, PIB nacional, la población, la cantidad de autos y precio de la nafta en dólares.

La primera medida fue descartar el precio de la nafta en dólares como variable explicativa, ya que la relación lógica obtenida no fue la esperada. Se utilizó el precio en dólares ya que esta moneda tiene una inflación menos relevante. No obstante, la regresión dio como resultado que a mayor precio, mayor consumo, con lo cual no se utilizó.

Consumo nafta vs precio de la nafta (USD)								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple		0,864910336						
Coefficiente de determinación R ²		0,748069889						
R ² ajustado		0,732324257						
Error típico		957412,3861						
Observaciones		18						
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	4,35492E+13	4,35492E+13	47,509677	3,61872E-06			
Residuos	16	1,46662E+13	9,16638E+11					
Total	17	5,82154E+13						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	uperior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	1620468,287	697961,5796	2,321715599	0,033770436	140855,8356	3100081	140855,8356	3100080,738
Variable X 1	5064299,787	734731,0055	6,892726384	3,61872E-06	3506739,635	6621860	3506739,635	6621859,939

Fig. 13: resultado de la regresión de la demanda de combustible en función del precio.

¹⁸Ken, J. (07/07/16). GAIN: Argentina, Biofuels Annual. https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Argentina_7-21-2016.pdf

Se recolectaron datos de las otras variables mencionadas, de distintas fuentes, y se obtuvo la siguiente tabla de valores:

Año	Consumo de Nafta [metros cúbicos]	PBI (\$)	Poblacion (M)	PIB per capita	Autos
2000	4722534	\$ 479,96	37057	13048,013	10,147,931
2001	4934725	\$ 458,80	37472	12347,772	10.354.261
2002	4442233	\$ 408,81	37889	10897,113	10.455.830
2003	3765373	\$ 444,94	38309	11749,205	10.601.276
2004	3817166	\$ 485,12	38729	12690,696	10.978.703
2005	4041471	\$ 528,06	39145	13682,988	11.372.487
2006	4630258	\$ 570,55	39559	14640,504	11.826.456
2007	5381211	\$ 621,94	39970	15802,837	12.399.887
2008	5794518	\$ 647,18	40382	16282,958	12.982.547
2009	5917395	\$ 608,87	40799	15170,838	13.499.531
2010	6247002	\$ 670,52	41224	16439,056	10.014.003
2011	6973401	\$ 710,78	41657	17226,271	10.815.732
2012	7519046	\$ 703,49	42097	16856,718	11.626.894
2013	8205291	\$ 720,41	42540	17070,071	12.539.370
2014	8110426	\$ 702,31	42982	16459,205	13.171.695
2015	8589137	\$ 721,49	43418	16727,435	13.773.058
2016	8701735	\$ 708,34	43847	16246,257	14.419.277
2017	9319915	\$ 728,62	44082	16528,768	15.264.625

Tabla 4: colección de datos de las distintas variables desde el año 2000 hasta 2017.

Estos datos se introdujeron en la macro descargada del campus en la sección econométrica y se obtuvieron los siguientes resultados.

Modelo	R ²	S ²	DET	$\Sigma \delta_i $	PRESS	p	C _p
X1 X2 X3 X4	0,980441	87585898442	0,000103	5360456,59	2,51891E+12	5	5
X1 X2 X4	0,968842	1,29563E+11	0,000326	6301672,25	3,13446E+12	4	10,70979
X2 X3 X4	0,927677	3,00737E+11	0,013845	7843007,79	6,19039E+12	4	38,07073
X2 X4	0,927669	2,80718E+11	0,033792	7539649,7	5,93838E+12	3	36,07597
X1 X3 X4	0,88058	4,96579E+11	0,042407	12000580,5	1,11917E+13	4	69,37479
X1 X4	0,880482	4,63852E+11	0,121414	11358562,6	1,04523E+13	3	67,43956
X1 X2 X3	0,879171	5,02438E+11	0,093011	11526995,5	1,10163E+13	4	70,31126
X1 X2	0,87917	4,68945E+11	0,260579	10971784,3	1,03853E+13	3	68,31172
X1 X3	0,879136	4,69078E+11	0,39104	10790214,1	1,00373E+13	3	68,33457
X1	0,879128	4,39787E+11	1	10317341,9	9,5442E+12	2	66,3394
X3 X4	0,83047	6,57952E+11	0,564081	13755538,9	1,34896E+13	3	100,6811
X4	0,79509	7,45558E+11	1	14743558,5	1,54145E+13	2	122,197
X2 X3	0,759077	9,35029E+11	0,667346	16697615,4	1,91478E+13	3	148,1334
X2	0,655369	1,25393E+12	1	18228404,4	2,52356E+13	2	215,0648
X3	0,53289	1,69956E+12	1	21887535,9	3,29419E+13	2	296,4726

Tabla 5: Resultado de las regresiones realizadas para intentar explicar la evolución de la demanda de nafta.

Y	Consumo de nafta
X1	Población Argentina
X2	PIB per cápita
X3	Cantidad de autos
X4	PBI

En primer lugar se descartaron las líneas resaltadas en rojo, que son los modelos que presentan alta correlación lineal entre las variables. Esto se debe a que son los modelos en los que se incluyen como variables explicativas la población y el PIB, que están directamente relacionadas, o el PIB y el PIB per cápita, que están relacionados a través de la población. En segundo lugar, se desestimaron las líneas resaltadas en amarillo, las cuales presentaban determinante o R^2 muy bajo (se consideró el límite de 0,9) como para ser representativas. Por lo tanto, quedaron dos opciones posibles: explicar la evolución del consumo de nafta a partir del PIB o de la población.

El ministerio de energía y minería realiza proyecciones de la demanda de energía y utiliza como variable explicativa el PBI nacional¹⁹. En base a esto, se realizó una regresión entre el PIB y el consumo de nafta para comprobar si el consumo está explicado por el PIB y poder proyectarlo luego.

Relacion entre el PIB y el consumo de nafta						
Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple		0,891678049				
Coefficiente de determinación R ²		0,795089743				
R ² ajustado		0,782282852				
Error típico		863457,2724				
Observaciones		18				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	4,62865E+13	4,62865E+13	62,0829628	6,751E-07	
Residuos	16	1,19289E+13	7,45558E+11			
Total	17	5,82154E+13				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-2788574,418	1155417,635	-2,41347746	0,028153331	-5237950,4	-339198
Variable X 1	14771,49085	1874,727338	7,879274256	6,75099E-07	10797,2464	18745,74
					10797,2	18745,73527

Fig. 14: Resultado de la regresión que analiza la correlación entre el PIB nacional y el consumo de nafta.

Como era de esperar luego de hacer la regresión pudimos ver que el modelo ajusta satisfactoriamente ya que el PIB explica en un 79% el consumo de naftas y posee un α^* menor a 0,05.

¹⁹ (15/03/18). Ministerio de Hacienda: Energía. www.argentina.gob.ar/energia

Según el análisis realizado cuando el PIB se incrementa en un millón de pesos (base 2004) el consumo de nafta debería aumentar 14,771 mil metros cúbicos aproximadamente. Si representamos este razonamiento en un gráfico de dispersión podemos ver que es consistente con lo planteado. La dispersión de los puntos entre el consumo y el PIB representado en la figura 15 y la función de regresión quedará planteada de la siguiente forma:

$$\text{Consumo de nafta}[m^3] = (-2788.574) + 14.771 \times \text{PIB}[\text{millones de pesos}](1)$$

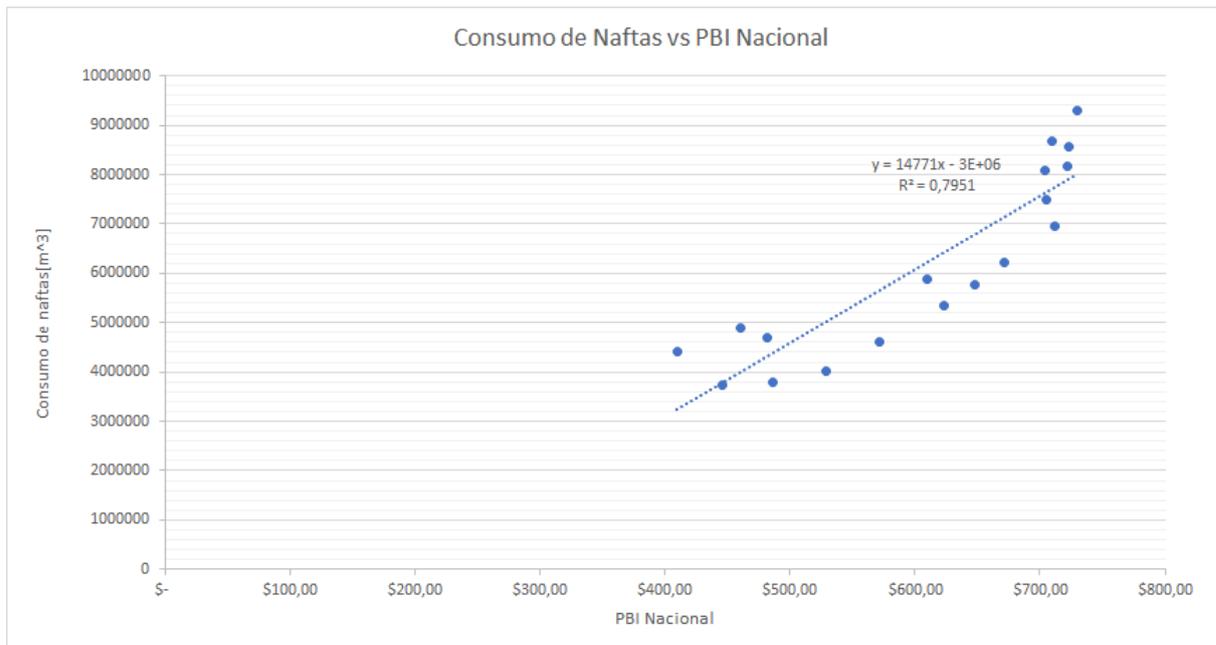


Fig. 15: relación entre PBI nacional y consumo de naftas.

Se tomaron datos del FMI para proyectar el PIB de Argentina. Este se toma en moneda corriente ajustada al 2004 y la proyección realizada por este sitio es de un crecimiento del 3% anual hasta 2023 por lo que se tomó ese incremento para proyectar hasta el año 2028.



Fig. 16: Evolución del PIB hasta 2017 y proyección hasta 2018.

A partir de la proyección del PIB y con la fórmula que relaciona este con el consumo de nafta se obtuvo la proyección de la misma.

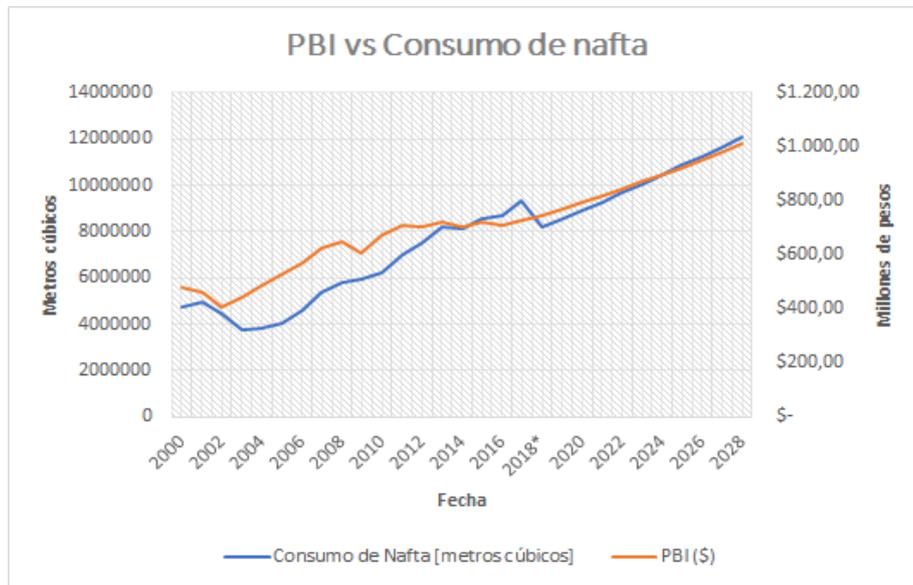


Fig. 17: Evolución de la demanda de nafta (eje principal) y del PIB (eje secundario) hasta 2018 y su proyección hasta 2028.

De igual manera se realizó el análisis de la variable población con el consumo de nafta. Según la selección de modelos esta variable tiene alto R^2 y explicaría con gran nivel de significación el consumo de nafta. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,937618394
Coefficiente de determinación R^2	0,879128252
R^2 ajustado	0,871573768
Error típico	663164,7044
Observaciones	18

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	5,11788E+13	5,11788E+13	116,3717102	9,47126E-09
Residuos	16	7,0366E+12	4,39787E+11		
Total	17	5,82154E+13			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	uperior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-25180559,23	2910646,058	-8,65119246	1,98044E-07	-31350853,24	-1,9E+07	-31350853,24	-19010265,23
Variable X1	771,8744416	71,55219356	10,78757203	9,47126E-09	620,1905673	923,5583	620,1905673	923,5583159

Fig. 18: Resultado de la regresión entre la población y el consumo de naftas.

$$C_{nafta}[m^3] = (-25180559,23) + 771,87 \times \text{Población [millones de Habitantes]}(2)$$

En la figura 19 se observa el gráfico de dispersión, dónde se puede ver una tendencia de aumento año a año y la estrecha relación que hay entre ambas variables.

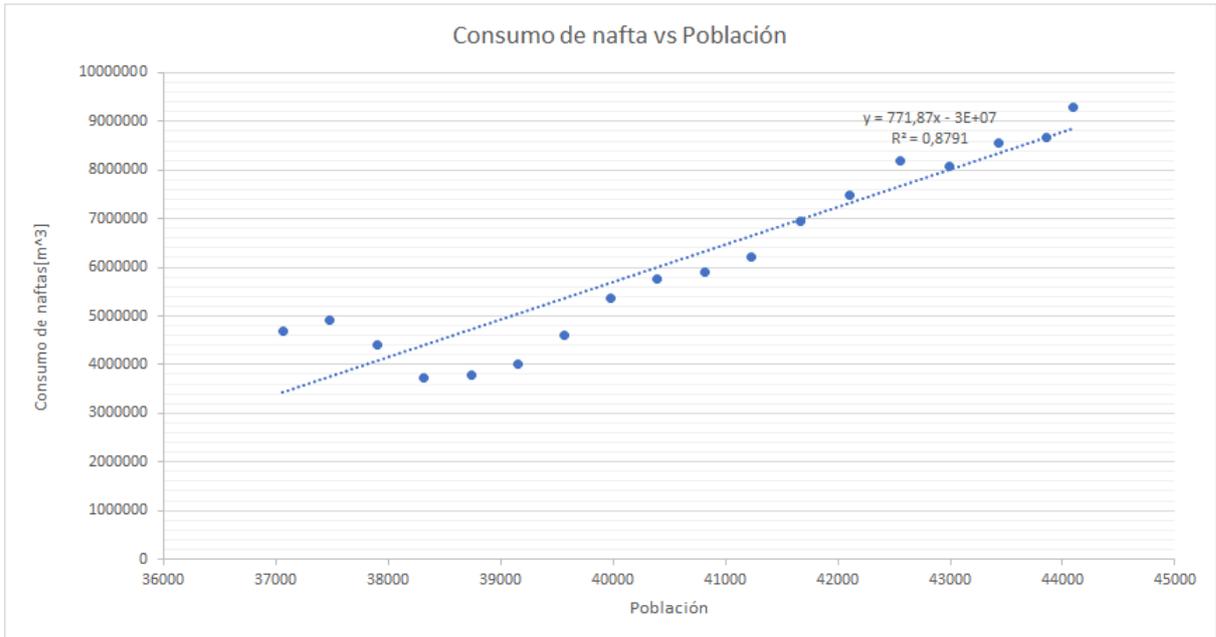


Fig. 19: Relación lineal entre población y consumo de nafta.

Al igual que para la proyección del PIB, se utilizaron datos del FMI para realizar la proyección de la población. Se obtuvo un aumento del 1% anual.



Fig. 20: Evolución de la población Argentina hasta 2018, y proyección hasta 2028.

Una vez obtenida la proyección de la variable explicativa y utilizando la fórmula del modelo planteado se proyecta el consumo de nafta. La siguiente figura representa la variación del consumo y la población hasta el 2018 y luego se ven los datos proyectados.

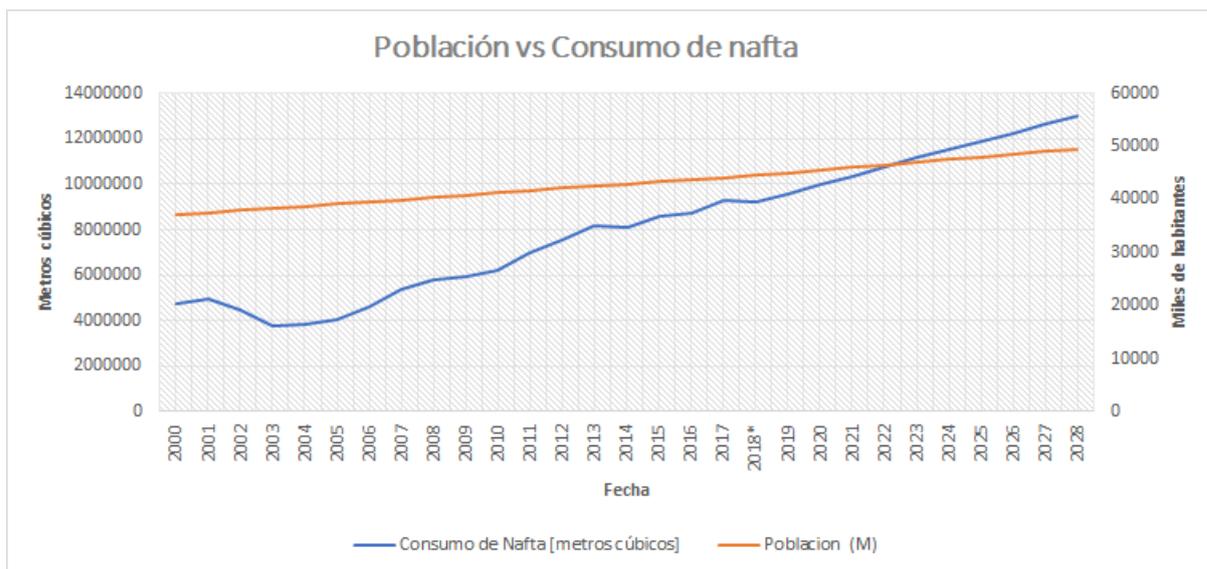


Fig. 21: Evolución del consumo de nafta (eje principal) y población argentina (eje secundario) hasta 2018 y proyección hasta 2028.

Demanda del Bioetanol

Teniendo la proyección del consumo de nafta, construida a partir de la cantidad de habitantes y el PIB nacional, se procedió al cálculo final de demanda de bioetanol durante los próximos 10 años.

Para estimar cuál va a ser el corte de bioetanol en los próximos años, se plantearon dos escenarios posibles según lo que se ha analizado tanto de distintas versiones propuestas por el gobierno y especialistas. Algunos funcionarios del actual gobierno declararon que la intención es llegar al modelo de corte establecido por Brasil (25%)²⁰. Sin embargo, otros especialistas no ven viable esto, principalmente debido a la poca competitividad que tiene el bioetanol actualmente respecto de la nafta, con lo cual aumentar el corte de bioetanol significaría aumentar los subsidios del gobierno a esta industria. Hay que tener en cuenta que actualmente la ley de corte presenta una pérdida para la economía. Por lo tanto, otro escenario sería que el corte se mantenga en 12% como máximo.

El primer escenario que se analizó fue el de un corte constante de 12%, la tabla 6 indica cuál debería ser la demanda de bioetanol destinada a combustibles en ese caso.

²⁰Mesquida, F. (15/04/18). Infocampo: Roulet Aseguró que planean llevar a 25% de bioetanol el corte obligatorio de combustible. <http://www.infocampo.com.ar/roulet-aseguro-que-planean-llevar-el-corte-de-nafta-con-etanol-al-25/>

Escenario 12%					
Año	Consumo de nafta proyectado con PIB	Demanda PIB [m ³]	Corte	Consumo de nafta proyectado con poblacion	Demanda Población [m ³]
2018	8184383	982126		9221885	1106626
2019	8537422	1024491		9601647	1152198
2020	8890963	1066916		9986812	1198417
2021	9263869	1111664		10375837	1245100
2022	9656288	1158755		10768721	1292247
2023	10066936	1208032		11166236	1339948
2024	10452601	1254312		11529704	1383565
2025	10849836	1301980		11896807	1427617
2026	11258989	1351079		12267581	1472110
2027	11680416	1401650		12642062	1517047
2028	12114485	1453738		13020288	1562435

Tabla 6: Proyección de demanda de bioetanol en función de las regresiones con población y demanda, asumiendo un corte del 12%.

Los valores de la demanda oscilan entre 1.56 millones y 1.45 millones de metros cúbicos para el 2028 dependiendo el criterio de proyección que se utilice.

El siguiente escenario es el de un aumento del corte hasta llegar al modelo de Brasil, 25%. EL corte se supone que va a ir incrementando 2% cada año hasta alcanzar el 25% y luego se mantiene constante.

Escenario 25%					
Año	Consumo de nafta proyectado con PIB	Demanda PIB [m ³]	Corte	Consumo de nafta proyectado con poblacion	Demanda Población [m ³]
2018	8184383	982126	12%	9221885	1106626
2019	8537422	1195239	14%	9601647	1344231
2020	8890963	1422554	16%	9986812	1597890
2021	9263869	1667496	18%	10375837	1867651
2022	9656288	1931258	20%	10768721	2153744
2023	10066936	2214726	22%	11166236	2456572
2024	10452601	2508624	24%	11529704	2767129
2025	10849836	2712459	25%	11896807	2974202
2026	11258989	2814747	25%	12267581	3066895
2027	11680416	2920104	25%	12642062	3160515
2028	12114485	3028621	25%	13020288	3255072

Tabla 7: Proyección de demanda de bioetanol en función de las regresiones con población y demanda, asumiendo un corte con aumento progresivo hasta el 25%.

En este caso al igual que el anterior se reflejan los dos criterios que se utilizaron para proyectar y la diferencia para la demanda en el 2028 no varía significativamente, los valores van entre 3.25 y 3.03 millones de metros cúbicos de bioetanol.

Para entender mejor los procedimientos realizados se reflejan todos los resultados obtenidos en la figura 22 a modo comparativo.

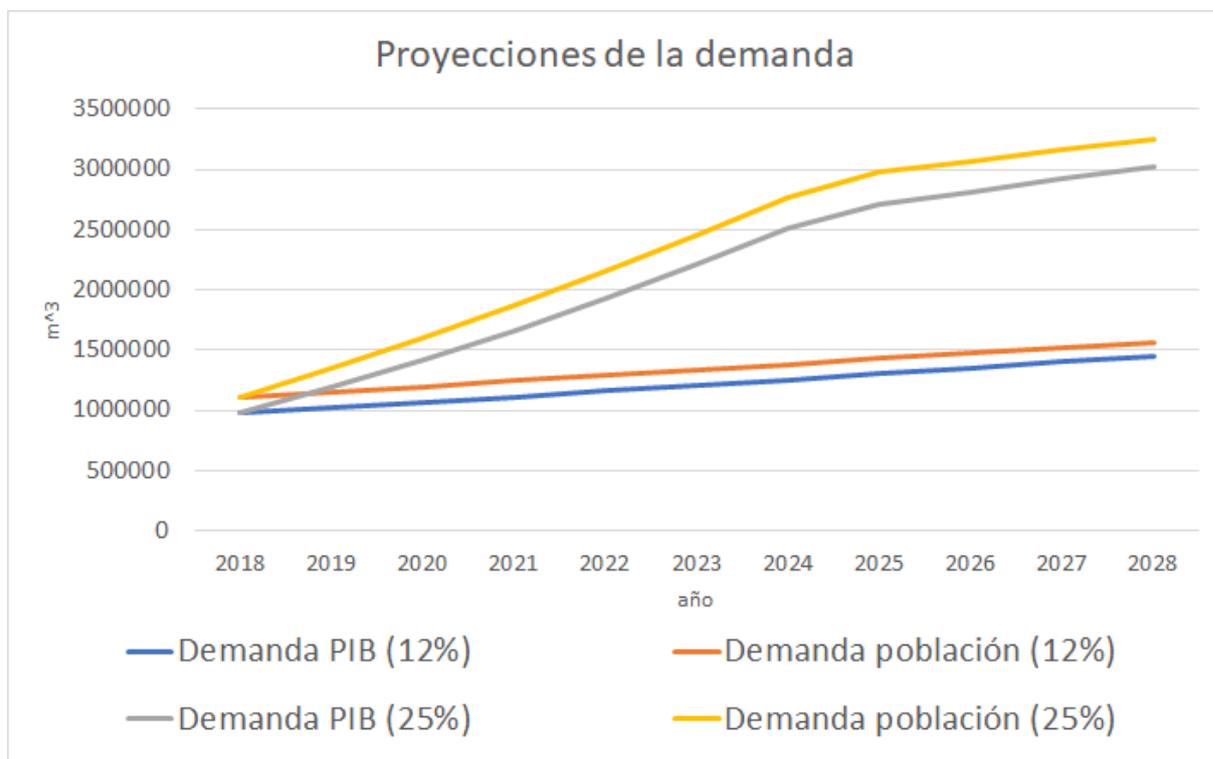


Fig. 22: Proyecciones de demanda del bioetanol según los distintos criterios utilizados y los escenarios considerados.

Mirando la figura 22 estimamos que para el 2028 la demanda estará entre 3.25 y 1.45 millones de m³, dependiendo el criterio utilizado y el corte que se establezca en esos años. Se puede apreciar claramente la incidencia que tendrán las decisiones tomadas por el poder político respecto del corte en los próximos años en el atractivo del negocio a futuro.

Precio

El precio de venta del Bioetanol está regulado en Argentina por la Resolución 415-E/2017²¹. La misma establece que el precio del Bioetanol viene dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula de precio} = (\text{COSTO DEL MAÍZ} + \text{COSTO DE MANO DE OBRA} + \text{COSTO DE COMBUSTIBLES} + \text{COSTO DE ELECTRICIDAD} + \text{OTROS CONCEPTOS})$$

El detalle de los componentes de la fórmula es el siguiente:

²¹ Ministerio de Energía y Minería. (01/11/17). Boletín Oficial: Resolución 415-E/2017. <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/anexos/174001/20171101>

- Costo del Maíz: precio FAS teórico promedio del mes anterior a la publicación del precio del bioetanol, para la tonelada de maíz que surja de la página web www.agroindustria.gob.ar del MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA, multiplicado por un consumo específico de maíz establecido en CERO CON VEINTIÚN DIEZ MILÉSIMAS (0,0021 ton). Dicho consumo específico contempla el aporte de los subproductos derivados del proceso productivo.
- Costo de Mano de Obra: PESOS CERO CON CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MILÉSIMAS (\$ 0,499) correspondiente al mes de Octubre de 2017, actualizable de acuerdo al promedio de la variación del salario remunerativo establecido en los Convenios Colectivos de Trabajo en los cuales se encuadren las plantas que producen Bioetanol a partir de maíz y/o a la documentación que requiera el MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA a los efectos de verificar dicho valor.
- Costo del Combustible: el promedio simple de las tarifas finales correspondientes a las provincias de Córdoba, La Rioja y Catamarca para usuarios del SERVICIO GENERAL P3 de más de 9.000 m³/día según el anexo II-1 de la Resolución N° 4.359 de fecha 30 de marzo de 2017 del ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS (ENARGAS) o el que en el futuro lo modifique o sustituya; multiplicado por un consumo específico de gas natural establecido en CERO CON DOSCIENTOS TREINTA Y UN METROS CÚBICOS (0,231 m³); y multiplicado a su vez por el factor de uso de otros combustibles establecido en UNO CON TREINTA Y SEIS (1,36)
- Costo de Electricidad: último Precio Monómico Medio Mensual publicado por el ORGANISMO ENCARGADO DEL DESPACHO (OED) en su página web, multiplicado por un consumo establecido en CERO CON TREINTA Y UN KILOVATIOS HORA (0,31 KWh).
- Otros conceptos: PESOS TRES CON NOVECIENTOS SESENTA Y TRES MILÉSIMAS (\$ 3,963) 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 HACIENDA en concepto del resto de costos, el recupero de la inversión, el pago de los impuestos correspondientes y la rentabilidad considerada. Para ello se ha establecido como base el correspondiente al mes de agosto de 2017.

Para lograr una mejor comprensión de la influencia de los distintos factores en el precio final del bioetanol, se realizó la figura 23. Para ello se utilizaron los valores indicados en la Resolución 415-E/2017, tomando el último precio de maíz disponible.

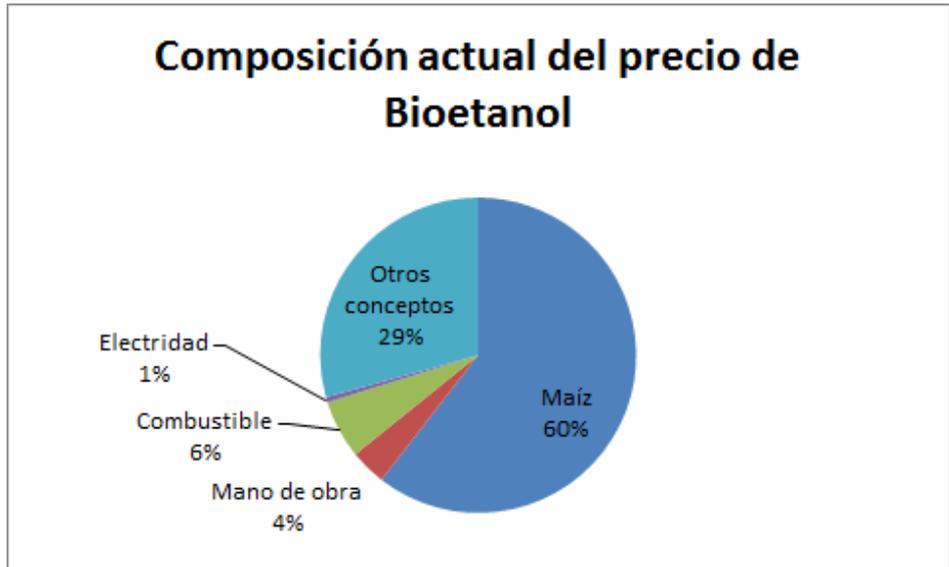


Fig. 23: Composición del precio del bioetanol en 2018.

El principal componente del precio del bioetanol es el precio FAS del maíz, con un 60% del total. Luego, el componente “otros conceptos”, un monto fijo actualizable con el IPIM, es un 30% del precio. Por último, los otros 3 componentes apenas superan el 10% del total.

Para realizar las proyecciones del precio del bioetanol, se proyectó en primer lugar el precio del maíz, su principal componente. Al ser este un commodity lo primero que se hará es validar la regla de “Random Walk”.

Random Walk

Supuesto: El valor de la variable en t es función del valor de la variable en t-1 más un error.

- Modelo Random Walk:
 - $Y_t = Y_{t-1} + E_t$
 - Y_t : Valor en t
 - E_t : Error aleatorio en t
- Validación de regla “Random Walk”
 - La correlación entre el E_t y E_{t-k} debe tender a 0. Valores aceptables están entre -0,25 y 0,25 con un nivel de confianza del 68%.

	E1/E2	E2/E3	E3/E4
Correlación	0,109743477	0,109394872	-0,003647488

Tabla 8: correlación de los errores.

De la tabla 8 se puede observar que la correlación entre los errores tiende a cero, por lo que se cumple el primer supuesto.

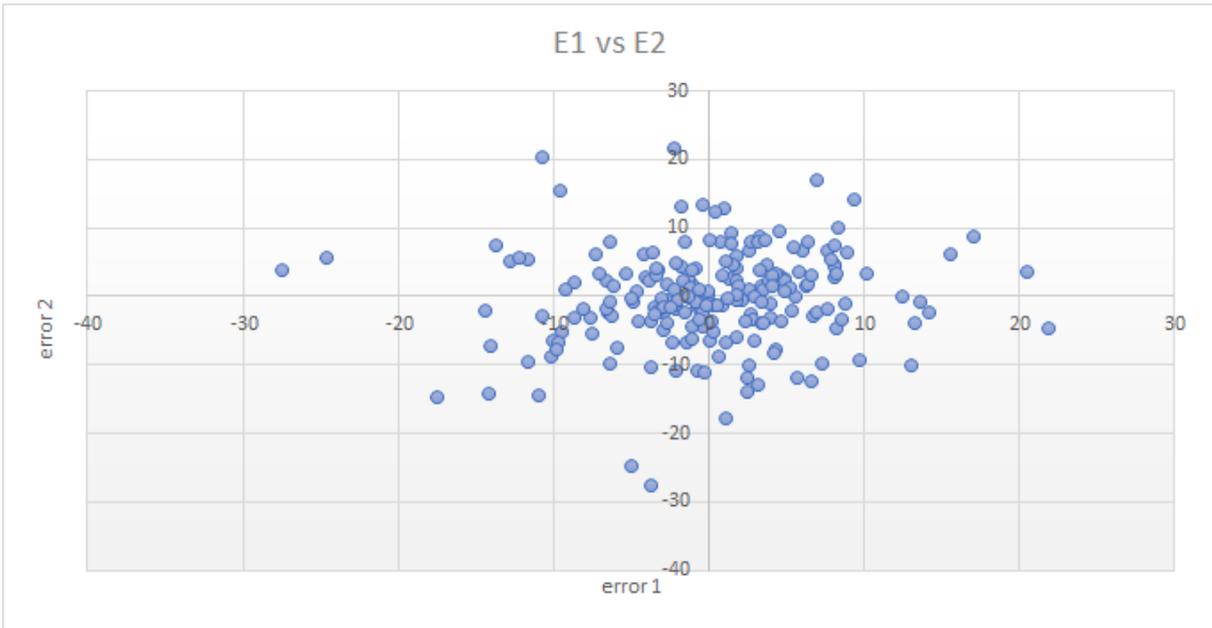


Fig. 24: dispersión de los errores E1 y E2.

La figura 24 representa la manera en que se correlacionan los errores E1 y E2. No se observa ningún tipo de correlación entre los mismos.

- Alta correlación entre Y_t e Y_{t-1} .

	t/t-1	t-1/t-2	t-2/t-3
Correlación	0,9721275	0,972276723	0,972266826

Tabla 9: correlación entre los Y_t

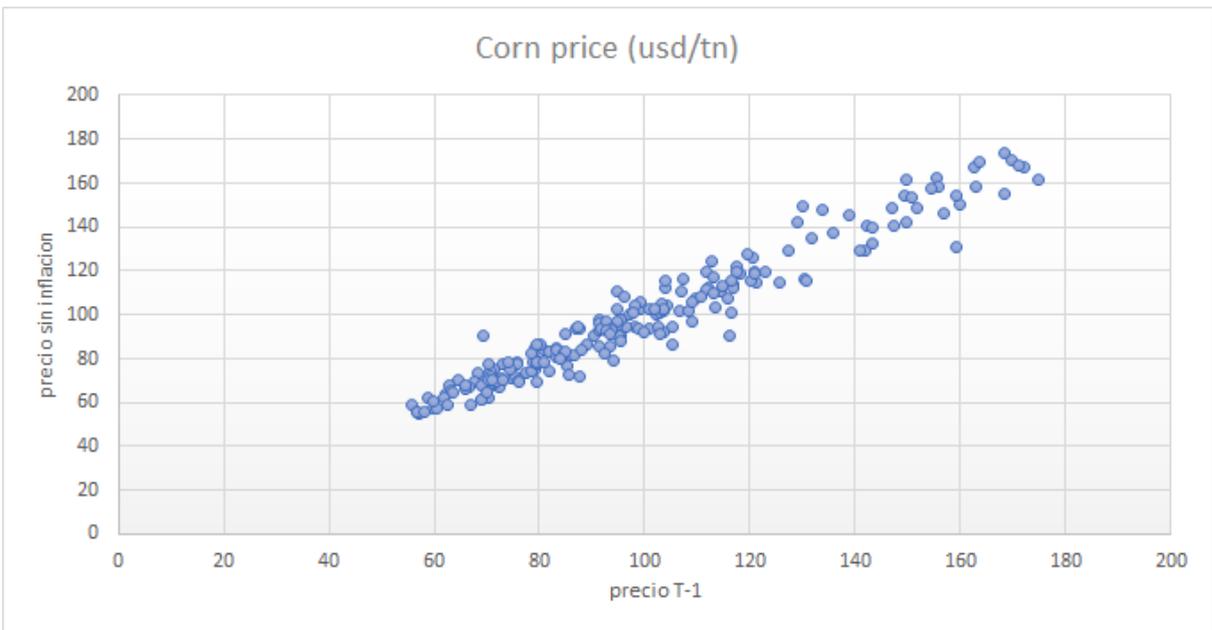


Fig. 25: dispersión del precio del maíz relacionado al mismo en el período anterior.

Asimismo, de la tabla 9 y la figura 25 se puede ver la alta correlación que hay entre el precio de un período con el anterior.

El segundo supuesto para validar la regla de Random Walk es que la distribución de los errores sea normal con media igual a 0.

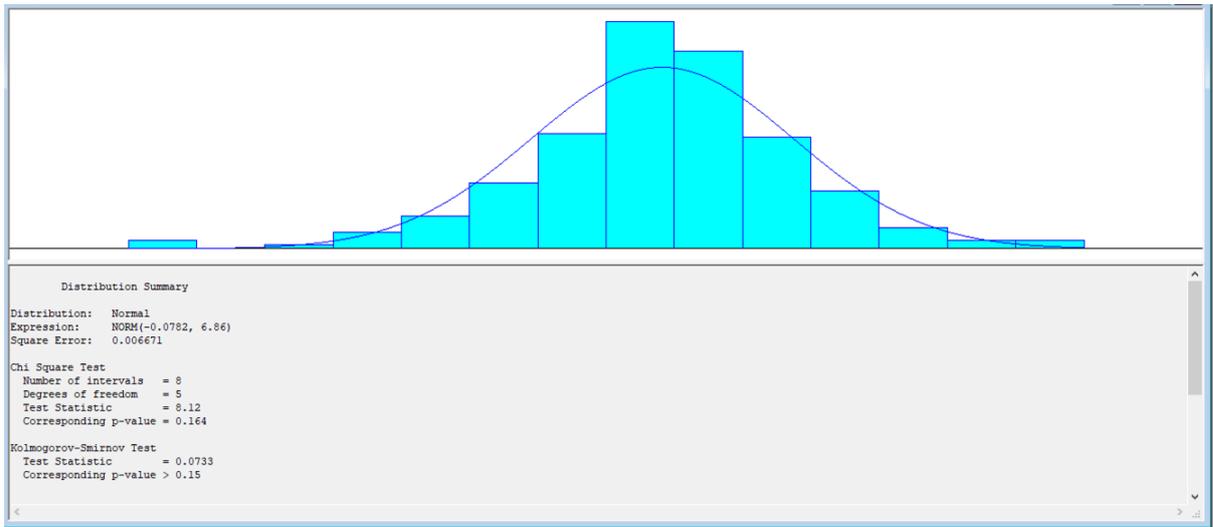


Fig. 26: output del análisis de los errores con el programa input analyzer.

Con el software Input Analyzer se comprobó que los errores se ajustan a una normal: $N(-0,0782; 6,86)$, con un error mucho menor a 0,05.

Ya habiendo comprobado que se cumplen todos los supuestos de Random Walk, se procede a graficar. Para esto se calcularon los ± 3 sigmas de la campana para conocer el rango de valores posibles del precio. El resultado fue el siguiente:

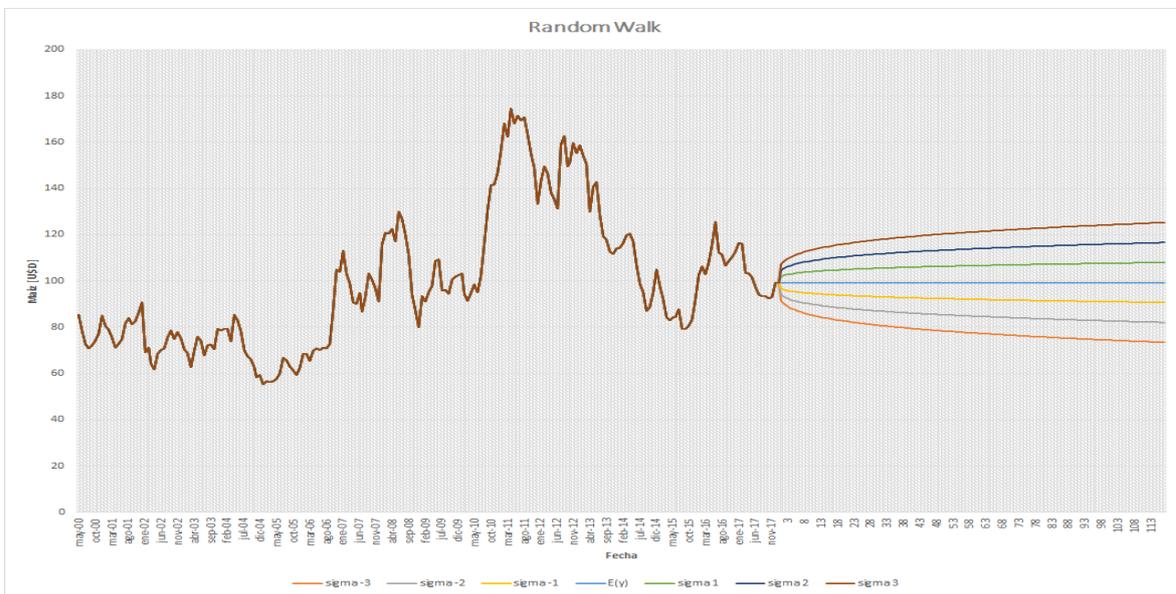


Fig. 27: resultado del Random Walk para los precios del maíz.

Mean Reversion

Para aplicar el modelo de Mean Reversion, en primer lugar se calcula la recta de regresión:

$$Y_t - Y_{t-1} = a + b.Y_{t-1} + e_t$$

Para esto se calculan las siguientes variables:

- $n = -\ln(1 + b)$
- $\sigma = \sigma\varepsilon$ (Desvío std. del error)
- $M \pm \sigma$
- $M \pm 2\sigma$

Los resultados de la regresión son los siguientes:

Relacion entre $Y(T)-Y(T-1)$ y $Y(T-1)$									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0,121090774								
Coefficiente de determinación R ²	0,014662976								
R ² ajustado	0,009970895								
Error típico	6,846152825								
Observaciones	212								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F				
Regresión	1	146,4703716	146,4703716	3,125047367	0,078549779				
Residuos	210	9842,659785	46,8698085						
Total	211	9989,130156							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción		2,904543066	1,66653604	1,742862439	0,082821392	-0,380740748	6,18982688	-0,380740748	6,18982688
Variable X 1		-0,028579725	0,016167011	-1,76778035	0,078549779	-0,060450155	0,003290705	-0,060450155	0,003290705

Fig. 28: Resultado de la regresión Mean Reversion.

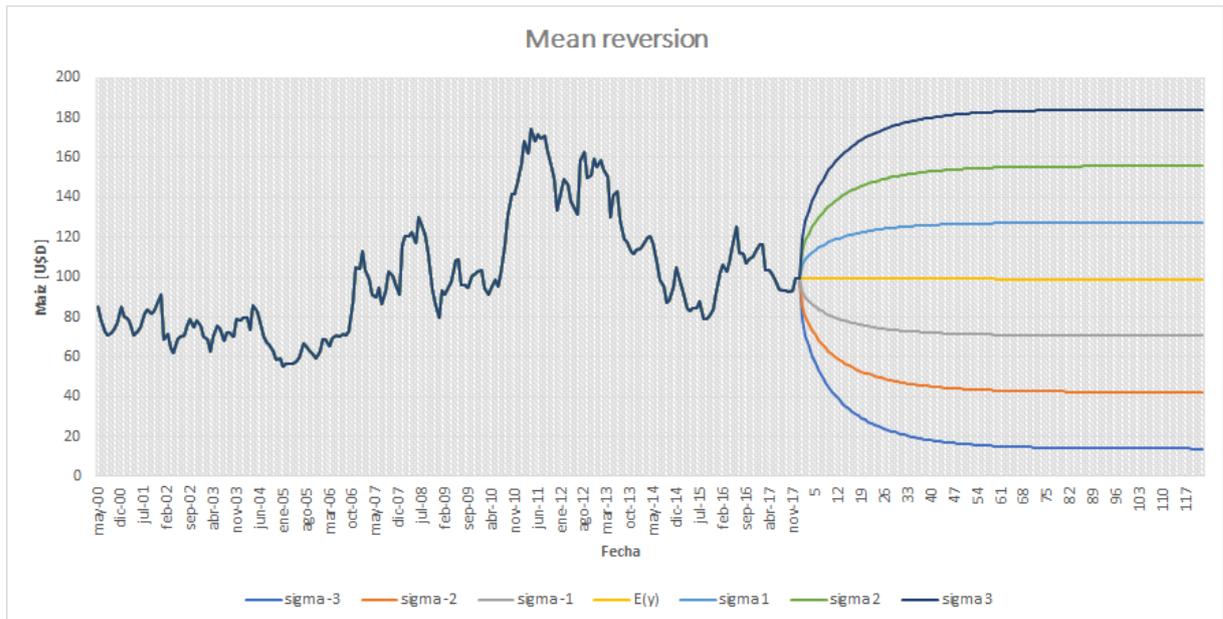


Fig. 29: Output gráfico Mean Reversion.

Teniendo en cuenta que el precio del maíz se proyectó en dólares del año 2000 se le aplicó la inflación del dólar hasta 2018. Luego, para proyectar el precio del maíz en pesos se lo multiplicó por el tipo de cambio proyectado. Este se obtuvo del informe de Relevamiento de Expectativas de Mercado del BCRA de abril de 2018²². Para proyectar el tipo de cambio a partir de 2020 se utilizan los datos de inflación obtenidos de Statista²³.

²²BCRA (Abril 2018). BCRA: Resultado del Relevamiento de expectativas de mercado. <http://www.bcr.gov.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/REM180427%20Resultados%20web.pdf>

²³ Statista: Argentina inflation Rate from 2012 to 2022. (06/04/18). <https://www.statista.com/statistics/316750/inflation-rate-in-argentina/>

Por otro lado, el resto de los factores del precio del bioetanol se proyectaron con la inflación. De esta manera, el precio del bioetanol queda de la siguiente manera:

Año	Inflación	Tipo de cambio	Precio maíz (\$)	Otros factores (\$)	Precio Bioetanol (\$)
2018	25,68%	23,00	3335,00	4,88	12,19
2019	22,68%	25,40	3683,00	5,98	13,72
2020	15,41%	29,31	4250,55	6,90	15,83
2021	12,32%	32,93	4774,22	7,75	17,78
2022	10,52%	36,39	5276,47	8,57	19,65
2023	9,18%	39,73	5760,85	9,36	21,45
2024	5%	41,72	6048,89	9,82	22,53
2025	5%	43,80	6351,33	10,32	23,65
2026	5%	45,99	6668,90	10,83	24,84
2027	5%	48,29	7002,34	11,37	26,08

Tabla 10: Resultado de las proyecciones del precio de los factores que componen el precio del bioetanol, junto con la estimación final del precio del mismo.

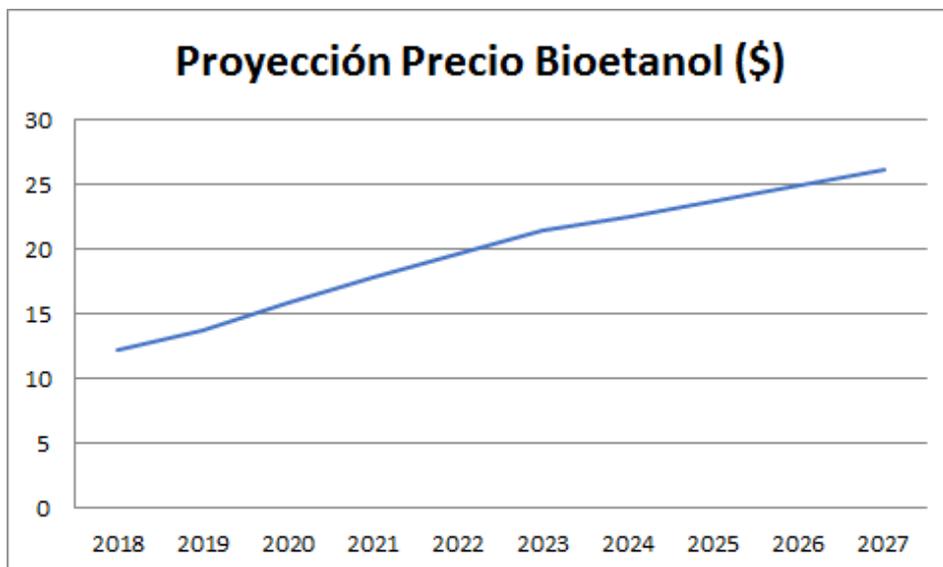


Fig. 30: Gráfico de la proyección del precio del bioetanol hasta 2027 en pesos argentinos.

En la entrevista que se realizó con José Porta se mencionó la posibilidad de que se libere el mercado en 2021. En ese caso habría dos escenarios posibles: que se liberen los cupos y el precio del bioetanol permitiendo importaciones, o que se libere el precio y los cupos sin permitir importaciones. En el contexto de las importaciones, se podría asumir que los precios se igualarían al precio internacional, ya que si el precio interno fuera mayor que el precio externo se reemplazaría la producción con importaciones.

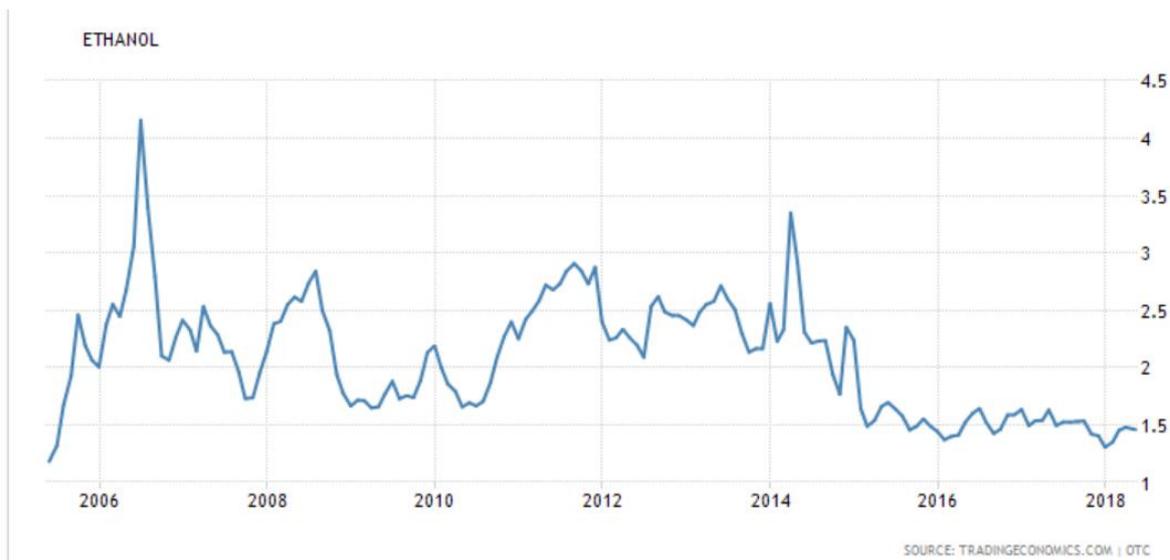


Fig. 31: evolución del precio internacional del etanol desde 2006 hasta la actualidad²⁴.

Se tomó como precio de referencia el de Estados Unidos ya que es el principal productor y exportador del mundo del bioetanol de maíz, como se pudo ver en la fig. 2 al principio del trabajo.

Si el precio en EEUU se mantiene en los valores actuales, y ocurre el escenario de libre mercado, el precio en \$/litro en Argentina sería el siguiente:

Año	Inflación	Tipo de cambio	Precio Internacional	Precio
			Bioetanol (USD/gallon)	Bioetanol Argentina (\$)
2018	25,68%	23,00	1,46	12,19
2019	22,68%	25,40	1,46	13,72
2020	15,41%	29,31	1,46	15,83
2021	12,32%	32,93	1,46	17,78
2022	10,52%	36,39	1,46	13,71
2023	9,18%	39,73	1,46	14,97
2024	5%	41,72	1,46	15,72
2025	5%	43,80	1,46	16,50
2026	5%	45,99	1,46	17,33
2027	5%	48,29	1,46	18,20

Tabla 11: Proyección del precio del bioetanol en Argentina en caso de que se liberen la importaciones.

²⁴ Trading Economics. (05/04/18). Trading Economics: Denatured fuel ethanol futures. <https://tradingeconomics.com/commodity/ethanol>

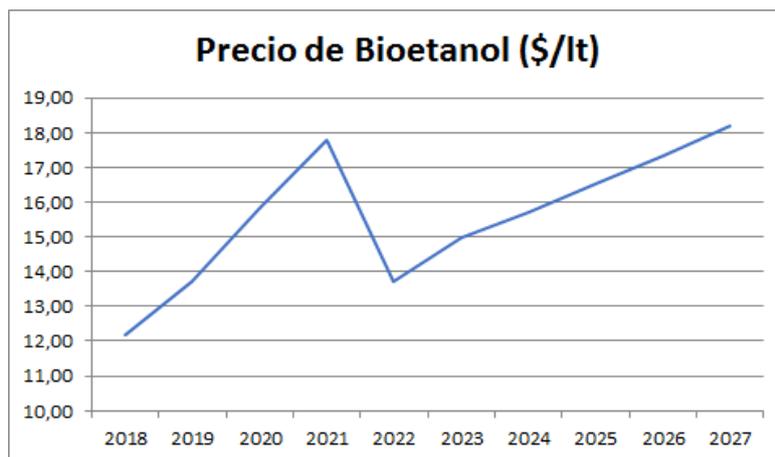


Fig. 32: proyección del precio del bioetanol en argentina asumiendo que se liberan las importaciones en 2021.

Bioetanol de maíz vs. de caña de azúcar

Para analizar cuál sería la situación de competitividad entre el bioetanol a base de caña de azúcar y el bioetanol a base de maíz en caso de que se libere el mercado, se realizó una comparación de la evolución de sus precios:

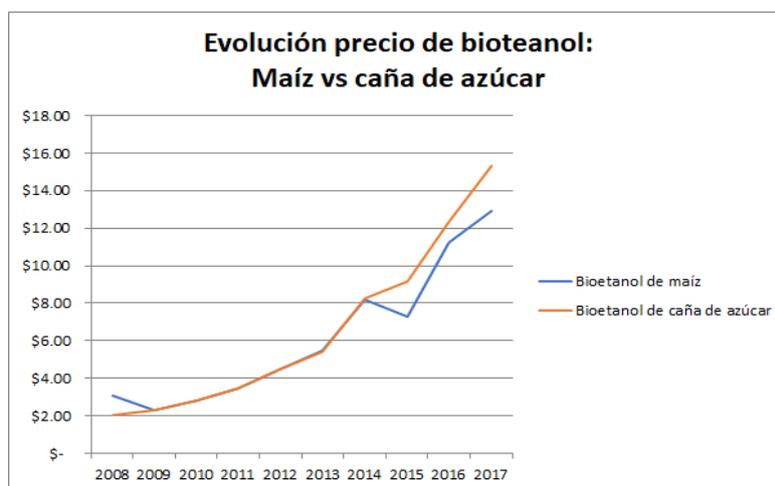


Fig. 33: Evolución de los precios del bioetanol de caña de azúcar y maíz desde 2008.

Se puede observar que el precio de bioetanol de caña de azúcar se despegó del de maíz a partir del año 2014. A pesar de que este precio es regulado por el Gobierno, se estima que guarda cierta relación con los costos de producción de cada uno. Sin embargo, según Daniel Ploper, Director Técnico de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), el precio actual del bioetanol de caña no cubre los costos de producción²⁵. Esto lleva a concluir, sin haber realizado un análisis exhaustivo de los costos implicados en cada uno de los procesos, que el bioetanol de maíz es más competitivo que el bioetanol de caña de azúcar.

²⁵Portal Caña. (11/04/18). Centroazucarero: El precio Actual del etanol de caña no cubre los costos de producción, según el EEAOC. <http://centroazucarero.com.ar/precio-actual-del-etanol-de-cana-no-cubre-los-costos-de-produccion-segun-el-eeaac/>

Por lo tanto, si bien habría que analizar los costos para poder decir si sería rentable la producción de bioetanol de maíz con precios internacionales, sí se podría asumir que las plantas de bioetanol de caña no serían rentables ya que actualmente necesitan un precio bastante mayor y aún así no cubren sus costos. El escenario indicaría que casi la totalidad de la oferta de bioetanol en este caso sería de bioetanol de maíz, a excepción de aquellas refinerías en el norte que, debido a costos logísticos posiblemente continuarían comprando bioetanol de caña de azúcar. Esto implicaría el cierre de por lo menos 10 empresas productoras de bioetanol de caña. Por esta razón, se podría decir que no sería políticamente viable que permitan las importaciones libres de bioetanol.

Quedaría por estudiar el escenario en el que se libere el mercado pero sin permitir importaciones. En ese caso se puede asumir que habría un período de transición en el que aumentaría la demanda de bioetanol de maíz debido a que su precio es inferior al de caña. En ese momento el bioetanol de maíz aumentaría su producción hasta llegar al 100% de su capacidad instalada. Sin embargo la demanda superaría ampliamente la capacidad instalada de bioetanol de maíz, con lo cual se puede esperar que el precio aumente hasta que alcance un valor rentable para el bioetanol de caña. A su vez, también sería esperable que paulatinamente se vaya aumentando la capacidad instalada de bioetanol de maíz, que es más competitivo, hasta que en determinado momento el bioetanol de caña se quede solamente con el mercado del norte del país, donde es más rentable por razones logísticas.

Análisis de subproductos

Como se mencionó anteriormente, hay dos principales subproductos en la producción de bioetanol de maíz: Burlanda húmeda (WDGS, 30% de materia seca) y burlanda líquida o vinaza liviana (4-6% materia seca). En esta sección se analizarán los posibles usos para cada una.

Burlanda húmeda

En cuanto a la burlanda húmeda, se tienen dos opciones: venderla y utilizarla para el ganado propio. La cantidad de cabezas de ganado que se necesitan para consumir toda la burlanda húmeda generada en la MiniDest es de 4.000 cabezas permanentes.

Según un estudio realizado por el INTA, al realizar el análisis del efecto de la inclusión de la burlanda húmeda en la dieta de las cabezas de ganado, el resultado óptimo se obtiene al incorporar un 30% de WDGS en la misma. Sin embargo, los productores reemplazan con burlanda hasta un 40% de la dieta.

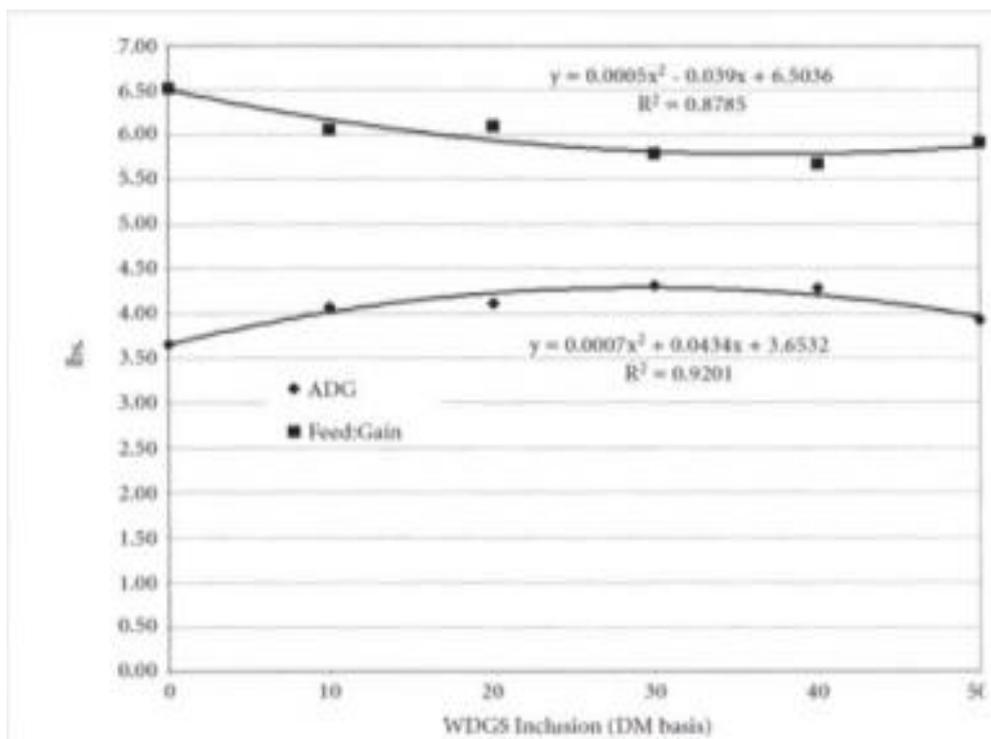


Fig. 34: resultados del estudio de INTA sobre el efecto de reemplazar distintas cantidades de alimento con burlanda para el ganado bovino²⁶.

El reemplazo de WDG5 en la dieta permite reducir la cantidad de espacio destinado a la producción de maíz de silo para cabezas de ganado, aumentando la cantidad de terreno disponible para otros usos de mejor rentabilidad. Este beneficio aplica tanto para el establecimiento propio como para los establecimientos cercanos que utilicen burlanda húmeda para alimentar sus cabezas de ganado. La compra de burlanda húmeda se justifica siempre y cuando le distancia entre ambos establecimientos sea chica (menor a 100 km) por el alto costo logístico, al estar transportando producto que contiene agua.

En el departamento de Chapaleufú, donde potencialmente se podría establecer la planta, había, en el año 2004, 196.000 cabezas de ganado²⁷. Si bien el dato está desactualizado, usando datos históricos se considera que en el departamento de Chapaleufú se cría el 5% del ganado bovino de la provincia. En 2013 había 2.814.256 cabezas de ganado en La Pampa. Si se considera que el 5% de estos se encuentran en Chapaleufú, se puede decir que en el departamento mencionado hay unas 140.000 cabezas de ganado bovino. Se asume que esta cantidad se habrá mantenido alrededor de esas mismas cifras.

El establecimiento San Antonio queda en Intendente Alvear, el cual está ubicado aproximadamente en el centro del departamento. La superficie del departamento se puede describir como un cuadrado de 50 km de lado. Se puede asumir, por lo tanto, que dentro del departamento habrá suficiente demanda para la burlanda húmeda como para que se

²⁶Echeverría, A. (03/10/16). Engormix: análisis económico de la utilización de burlanda húmeda de maíz almacenada, en dietas de engorde a corral. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/analisis-economico-utilizacion-burlanda-t39415.htm>

²⁷Iturrioz, G. M. (Julio 2005). Inta: La pampa en cifras: Datos básicos del sistema agroalimentario provincial. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-lapampa.pdf>

venda y que todo el negocio resulte rentable. Como se mencionó anteriormente, la producción de burlanda húmeda es suficiente para alimentar 4000 cabezas de ganado. Dentro del propio establecimiento se cuenta con unas 2000 a 2500. Por lo tanto se tendría para vender burlanda para unas 1500 a 2000 cabezas de ganado. Siendo el mercado potencial de la burlanda húmeda tan grande, se considera que hay suficiente mercado para vender toda la burlanda húmeda restante.

El precio de cotización de la burlanda húmeda se calcula como el 30% del precio de pizarra del maíz. En la destilería se producen 40 toneladas diarias de burlanda húmeda, equivalente a 13500 toneladas por año. Se considera la proyección del precio de maíz realizada anteriormente para establecer el valor que tendrá la burlanda húmeda para el proyecto. Se toma como dato general este valor tanto para cuando la burlanda se consume de forma local como cuando se venda. En caso de venderse representará un ingreso, mientras que en caso de consumirse se considerará un ahorro.

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Precio maíz	\$3.335	\$3.683	\$4.250	\$4.774	\$5.276	\$5.760	\$6.048	\$6.351	\$6.668	\$7.002
Precio burlanda	\$1.000	\$1.104	\$1.275	\$1.432	\$1.582	\$1.728	\$1.814	\$1.905	\$2.000	\$2.100
Ingresos por burlanda	\$40.020	\$44.196	\$51.000	\$57.288	\$63.312	\$69.120	\$72.576	\$76.212	\$80.016	\$84.024

Tabla 12: proyección de los precios de maíz y burlanda, y ganancia/ahorro por la burlanda en pesos argentinos.

Otra decisión que se debe analizar es el tiempo en que se vende la burlanda. Ya que el precio de la burlanda es directamente proporcional al precio del maíz, ésta también posee estacionalidad, por lo que cabría plantear la posibilidad de almacenar la burlanda generada en los meses de baja cotización y venderla en los meses de alta cotización. Ésto trae aparejado un problema, que es el del almacenamiento de la burlanda húmeda. Debido a su alto porcentaje de humedad, este producto se deteriora rápidamente (3-4 días en verano, 14-15 días en invierno) al entrar en contacto con oxígeno. En los últimos tiempos se desarrolló una técnica para almacenar la burlanda húmeda mezclada con alimentos fibrosos como heno de alfalfa o paja de trigo en silos bolsa y de esta manera poder guardarla durante meses, pero aumentando los costos.

Vinaza

Se producen 70.000 lts/día. No es comercializable, no hay mercado para este producto y su valor es muy bajo en comparación a los costos que implicaría. Por lo tanto, la aplicación que se le daría es como reemplazo al agua de los bebederos del ganado. La vinaza producida alcanza para aproximadamente 2000-2500 cabezas de ganado, que es con lo que actualmente se cuenta en el establecimiento.

El impacto que tiene en el ganado la sustitución de agua por vinaza no es significativa para el proyecto, por lo que para lo único que se considera en el análisis es para el balance de masa del agua que, como se mencionó anteriormente, resulta en un consumo de agua aproximadamente neutro por parte de la MiniDest.

Cinco fuerzas de porter

Competidores

El mercado de bioetanol en Argentina está compuesto por 19 empresas productoras. Las cantidades vendidas son determinadas por un cupo que define el Ministerio de Energía.

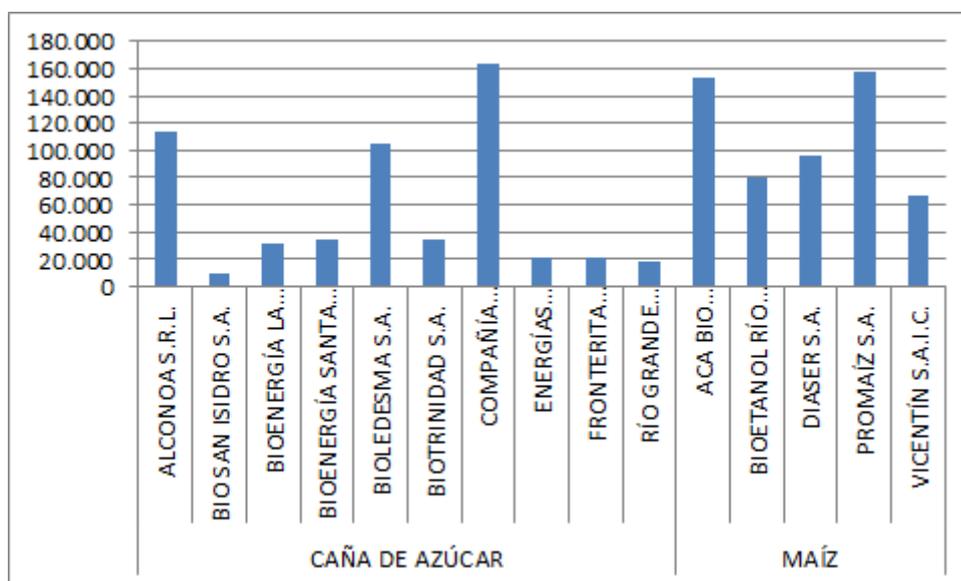


Fig. 35: Ventas de bioetanol por empresa.

Como se observa en la figura 35, la producción de bioetanol de maíz, a pesar de ser del mismo volumen que el de caña de azúcar, se encuentra repartida solo entre 5 empresas. Al ser un mercado regulado, no se observa una competencia tan grande, ya que las cantidades y los precios están definidos.

Proveedores

Los principales insumos del proceso son energía eléctrica y maíz. Con respecto a la energía eléctrica, al estar los precios regulados por el gobierno, ninguna de las dos partes tiene poder de negociación.

En cuanto al maíz, los proveedores tienen un poder de negociación bastante bajo. Esto se debe principalmente a que existen numerosos establecimientos agropecuarios que se dedican a la producción de maíz por la zona. Asimismo, como el maíz es un commodity el precio está regulado. Además, el puerto más cercano es el de Rosario, que queda a 450 km. Esto implica que a los productores les conviene venderle a un comprador que esté más cerca, ya que los costos logísticos son mucho menores, y al implicar un ahorro en flete sería posible negociar un precio más bajo.

Porta es el proveedor de la MiniDest y de ControlDest, el sistema de control a distancia de la MiniDest. Tiene un gran poder de negociación ya que también es quien une a todos los pequeños productores con su MiniDest instalada y logra que juntos produzcan suficiente como para tener un peso más significativo en el mercado.

Compradores

- Bioetanol

El principal producto obtenido por la planta es el bioetanol E95. Este puede ser vendido directamente a Porta Hnos o a compañías mezcladoras, para lo cual sería necesario deshidratarlo antes. El poder de negociación de Porta es muy grande ya que al mismo tiempo es la proveedora de la tecnología y los softwares que permiten que la planta funcione de manera correcta. El poder de negociación de las refinerías no es muy grande ya que el precio se encuentra regulado por el estado actualmente. Cuando se libere el precio en 2021 probablemente adquieran un mayor poder de negociación, aunque al ser más competitivo el bioetanol de maíz que el de caña de azúcar, la empresa tendría una pequeña ventaja.

- Burlanda

Se puede destinar a consumo en feedlots propios o para establecimientos en los alrededores. El poder de negociación de los campos vecinos es bajo debido que son muchos compradores y un sólo vendedor.

Productos sustitutos

- Autos eléctricos

En el país aún no hay autos eléctricos aunque pronto comenzarán a venderse. Según anunció Nissan, en 2019 comenzará a comercializar su modelo Leaf en el país²⁸. Esto es importante para el proyecto ya que el bioetanol se utiliza principalmente para cortar el combustible. Al existir una nueva fuente de energía para los autos, esta puede sustituir a la nafta y reducir fuertemente el mercado potencial.

Actualmente la tecnología de los autos eléctricos no se encuentra completamente desarrollada y los mismos no tienen una autonomía comparable a la de los autos que funcionan con combustible. El Nissan Leaf tarda media hora en cargarse y posee una autonomía de 240 km. Sin embargo es importante tener en cuenta a este sustituto ya que en el futuro ésta tecnología tiene potencial de mejorar y tener mayor poder en el rubro.

- Biodiesel

El Biodiesel es otro combustible ecológico para los automóviles. Podría pasar que se comiencen a fabricar más autos que lo utilicen en lugar de la nafta lo cual haría que el mercado potencial se achicara.

Nuevos Competidores

La principal barrera de entrada que tiene el negocio son los cupos otorgados por el gobierno para el corte con la nafta. Hoy en día ésta es la principal limitación ya que no se están entregando nuevos cupos. Existen dos formas de que esto cambie, que se liberen los cupos o que aumente el corte. En caso de que aumente el corte es posible que el gobierno decidiera darle prioridad a aquellas empresas que ya tienen cupo para que

²⁸ Diamante, S. (09/03/18). La Nación: El auto eléctrico más vendido del mundo llega a la Argentina. <https://www.lanacion.com.ar/2115508-nissan-leaf-el-auto-electrico-mas-vendido-del-mundo-llega-a-la-argentina>

produzcan más. Si se liberara el cupo sería más fácil ingresar al negocio y se podría considerar que las plantas más eficientes serían las más competitivas en ese caso.

Por otro lado, para ingresar en este negocio, es necesario acumular una suma de capital importante para poder instalar una planta. Una planta grande requiere una inversión de U\$S 50.000.000, mientras que la instalación de una MiniDest cuesta U\$D 4.000.000. Por otro lado, también es necesario contar con una cierta producción de maíz y de cabezas de ganado, para no depender exclusivamente de proveedores y clientes para hacer funcionar la planta.

Análisis FODA

Fortalezas

- Una de las principales fortalezas con las que se cuenta es el hecho de contar con un establecimiento agropecuario en funcionamiento, cuyas características se amoldan al modelo de negocio propuesto por Porta al instalar una MiniDest. Esto reduce la inversión inicial necesaria, acelerando el tiempo de repago. Además, gran parte de la materia prima es de producción propia y los subproductos son utilizados internamente, disminuyendo el riesgo del proyecto.
- Otro aspecto importante es la posibilidad de formar una alianza estratégica con una empresa importante en el mercado como Porta, que reduce los riesgos presentados por el mercado al asegurar la compra del 100% de la producción y disminuye costos logísticos.
- Otra fortaleza es el hecho de estar ubicados lejos de los puertos. El costo logístico que implica trasladar el maíz hasta Rosario es alto en relación al precio del mismo. Esto por un lado hace muy atractiva para los establecimientos vecinos que comercializan maíz la posibilidad de vendernos a nosotros, ahorrando este costo. Por otro, le da un valor agregado en origen a la producción propia de maíz, haciendo que el costo logístico se diluya.

Oportunidades

Las oportunidades presentadas por el mercado son muy atractivas actualmente, ya que las señales del gobierno indican un futuro muy prometedor para el mercado del bioetanol.

- Primero, se encuentra la posibilidad de que el corte obligatorio, actualmente de 12,5%, aumente a hasta 25%, llegando a un modelo como el brasileño en el que siendo el bioetanol competitivo frente a la nafta se usa gran porcentaje del primero como combustible. De esta manera se expandiría en gran medida el tamaño del mercado. Cabe mencionar que a partir de que el porcentaje de bioetanol en el combustible supera aproximadamente el 25%, los motores convencionales se arruinan y hay que utilizar motores diseñados para su uso con bioetanol.
- El Gobierno también anunció su intención de establecer el libre mercado para el 2021, liberando tanto cupos como precios (actualmente ambos están regulados). Esto aumentaría potencialmente el precio y también permitiría aumentar el tamaño de mercado para el bioetanol de maíz, siendo este más competitivo que el bioetanol de caña de azúcar.

- Hay una tendencia mundial hacia el cuidado del medio ambiente y la reducción de emisión de gases del efecto invernadero. Para esto el bioetanol está muy bien posicionado ya que es una fuente de energía renovable que ayuda a captar las emisiones de CO₂ durante el crecimiento del maíz y emite menos gases de efecto invernadero durante su combustión que los combustibles tradicionales.

Debilidades

- Una de las debilidades del modelo de negocio planteado es el tamaño chico de la planta. Esto hace que se dependa de Porta para comercializar el bioetanol con las mezcladoras, ya que éstas eligen comprarle a grandes productores para disminuir sus costos.
- En segundo lugar, en La Pampa no se encuentra ninguna refinería, por lo que en el caso de comercializar con alguna implicaría gastos logísticos grandes que harían perder competitividad frente a otros productores mejor ubicados.

Distancias de destilerías a refinерías en km	Shell - Dock Sud	Oil - San Lorenzo	YPF - Lujan del Cuyo	YPF - Plaza Huincul	YPF - La Plata	Axion - Campana	Petrobras - Bahia Blanca	Porta
Bio4	627	423	501	992	677	556	721	
AcaBio	566	269	656	1148	616	479	840	
Diaser			382	886	811			
ProMaiz	567	384	578	1070	617	496	750	
Vicentín	336	2	947	1280	386	249	784	
Chapaleufu	552	468	701	819	602	516	490	503
Porta	707	410	691	1204	757	620	932	

Tabla 13: distancias en km desde cada destilería hasta cada refinерía con las que comercializa.

En la tabla 13 se utilizó una escala de colores para identificar fácilmente qué destilerías se encuentran más cerca o más lejos de cada refinерía. En el caso de Diaser solamente le vende a YPF.

Como se puede observar, el establecimiento de Chapaleufú solamente posee una ventaja comparativa en distancia a la hora de vender a las refinерías de YPF Plaza Huincul y Petrobras Bahía Blanca. La refinерía YPF Plaza Huincul es la menos importante de las 3 que posee ya que su capacidad de procesamiento es menos del 25% de la capacidad de cualquiera de las otras dos plantas. Se puede observar también que porta figura en la mayoría de los casos entre las distancias más grandes. En función de esta información se puede deducir que en términos de distancias, al establecimiento le convendría deshidratar el bioetanol en la misma MiniDest y venderla directamente a las refinерías, ya que se ahorraría el flete hasta Porta y luego la distribución que en casi todos los casos es mayor la distancia que desde el establecimiento.

Amenazas

Las amenazas del proyecto son tanto políticas como económicas. Actualmente, el bioetanol no es competitivo frente a la nafta pura por su precio y costos productivos. Por esta razón, si el Gobierno eliminara el corte obligatorio y dejara de subsidiar el mercado del bioetanol para combustibles, éste dejaría de existir ya que las refinерías elegirían comercializar E0. Tampoco se puede asegurar que el Gobierno libere los cupos, o que Porta consiga un cupo en el corto plazo. Esto reduce mucho el tamaño de mercado potencial.

Áreas de avance

En función del análisis realizado, se puede observar que la instalación de una MiniDest en el Establecimiento San Antonio traería grandes beneficios para el mismo. El potencial de entrar en un mercado con grandes posibilidades de crecimiento es muy atractivo, y aumenta al considerar los beneficios de poder obtener materia prima cerca de la planta y a un precio conveniente, y de vender el subproducto también de manera local. Para maximizar los beneficios es importante establecer un acuerdo con Porta, de forma tal de poder formar parte de una sociedad productora más grande y tener mayor poder de negociación con las refinerías cuando el mercado se libere.

Área de defensa

Como es sabido, los costos de flete tienen un gran impacto en el precio del producto. Una de las principales debilidades a tener en cuenta es que en promedio, la ubicación del establecimiento se encuentra más lejos de las refinerías que el resto de las destilerías. Asimismo, Porta se encuentra en promedio aún más lejos, por lo que a pesar de los beneficios de asociarse a ellos para tener mayor poder de negociación, transportar el bioetanol a esa planta para deshidratarlo aumentaría mucho los costos del producto. Por esta razón sería muy importante instalar en la destilería el módulo que ofrece porta para deshidratar el bioetanol en la MiniDest y poder transportarlo directo a la refinería, siendo más competitivos.

El principal atractivo del negocio es la liberación del mercado del Bioetanol en el país. Si bien se viene anunciando la posibilidad del aumento del corte, y en 2021 la finalización de la regulación de cupos y de precio, esto aún es incierto. Asimismo, en caso de que se liberen, Porta es una empresa que hoy en día no tiene cupo, con lo cual ingresaría al mercado como un nuevo competidor. El estar asociados a Porta le da al proyecto mayor poder de negociación a la hora de ingresar a este mercado, mientras que en caso de entrar por nuestra cuenta tendríamos un poder de negociación cercano a nulo. Esto hace que la importancia de estar asociados a Porta al establecer el proyecto cobre mucha más importancia.

Análisis de competitividad de bioetanol

El objetivo del siguiente análisis es determinar el precio del barril de petróleo para el cual el bioetanol es competitivo con la nafta. Para esto se estudiaron las relaciones entre los precios de ambos combustibles con el precio del barril de petróleo.

Año	Precio internacional del barril (usd)	Precio del maíz
2000	\$ 28,27	81,54
2001	\$ 24,42	84,00
2002	\$ 24,97	76,24
2003	\$ 29,03	78,32
2004	\$ 39,39	80,44
2005	\$ 55,36	69,61
2006	\$ 65,39	92,01
2007	\$ 72,70	118,95
2008	\$ 97,64	143,28
2009	\$ 61,86	125,70
2010	\$ 79,64	146,07
2011	\$ 110,94	215,58
2012	\$ 111,97	201,91
2013	\$ 108,86	181,72
2014	\$ 98,94	147,84
2015	\$ 52,37	120,30
2016	\$ 44,05	156,80
2017	\$ 54,39	145,69
2018*	\$ 66,95	162,44

Tabla 14: evolución de los precios del barril de crudo y del maíz.

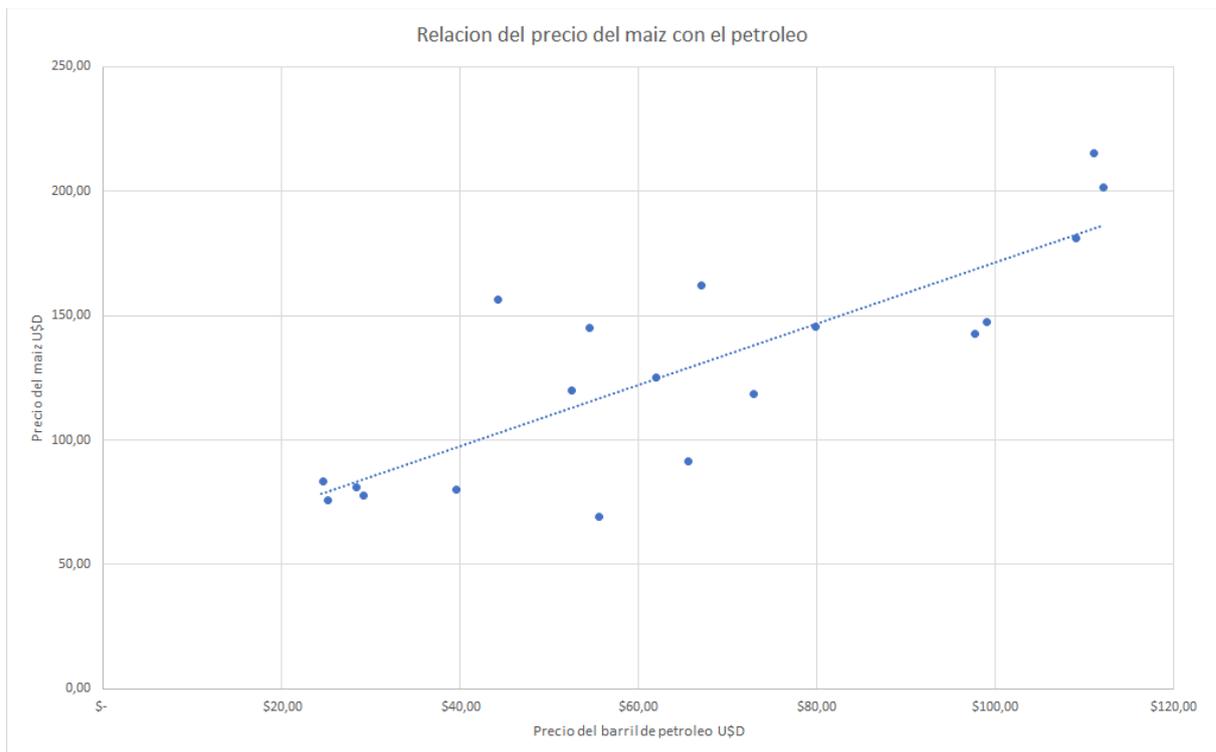


Fig. 36: gráfico de dispersión que muestra la relación entre el precio internacional del crudo (eje x) y el precio del maíz (eje y).

Los resultados obtenidos fueron los esperados al ser los dos un commodity se mueven bajo factores muy similares. Para confirmar la relación se procedió a hacer una regresión entre las dos variables y analizar si los parámetros son suficientemente significativos como para decir que existe dicha relación.

Maiz vs barril de petroleo								
Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correlación múltiple		0,834504881						
Coefficiente de determinación R^2		0,696398397						
R^2 ajustado		0,677423297						
Error típico		25,54507601						
Observaciones		18						
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	23949,0386	23949,0386	36,70064404	1,65996E-05			
Residuos	16	10440,81453	652,5509084					
Total	17	34389,85314						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	uperior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	47,24323216	14,31014182	3,301381129	0,004506173	16,90708668	77,57938	16,90708668	77,57937764
Variable X 1	1,220168747	0,201410939	6,058105647	1,65996E-05	0,79319663	1,647141	0,79319663	1,647140864

Fig. 37: resultado de la regresión que relaciona el precio del petroleo con el del maíz.

La ecuación resultante tiene la siguiente forma:

$$P_{\text{Maiz}}[\text{USD}/\text{Ton}] = 47.243 + 1.22 \times P_{\text{petróleo}}[\text{USD}/\text{Barril}](3)$$

La siguiente relación que se estudió es la del precio de la nafta con el precio del petróleo para poder determinar el precio de la nafta en función del precio del barril de petróleo.

En primera instancia se hizo se trató de encontrar una relación directa entre el precio del petróleo y el precio de la nafta haciendo una regresión con datos de los últimos 17 años. Para esto se determinó el precio de la nafta pura sin tener en cuenta el porcentaje de bioetanol que tiene mezclado.

La fórmula utilizada para calcular el precio de la nafta pura fue:

$$P_{\text{mezcla}} = P_{\text{nafta}} \times a + P_{\text{becaña}} \times b + P_{\text{bemaíz}} \times c \quad (4)$$

Siendo a el porcentaje de nafta, b el porcentaje de bioetanol de caña, c el porcentaje de bioetanol de maíz, P_{nafta} el precio de la nafta pura, $P_{\text{becaña}}$ el precio del bioetanol de caña y $P_{\text{bemaíz}}$ el precio de bioetanol de maíz.

Como indica la fórmula necesitamos saber el corte de bioetanol a base de maíz y el corte de bioetanol a base de caña. Para determinar el corte real de bioetanol de caña y de maíz, se comparó las ventas de cada año de estos insumos con las ventas de nafta totales en el país. Teniendo estos datos se determinó para cada año el precio de la nafta sin bioetanol.

Año	Precio nafta super/comun	Precio del bioetanol (maíz)	Precio del bioetanol (caña)	corte de bioetanol real	Corte de bioetanol de maíz	Ventas de bioetanol de caña [metros cúbicos]	Corte de bioetanol de caña	Precio puro de la nafta sin bioetanol [pesos argentinos]	Precio nafta s impuestos [u\$]	TC
2000	\$ 0,94	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 0,94	\$ 0,59	1,00
2001	\$ 0,99	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 0,99	\$ 0,62	1,00
2002	\$ 1,10	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,10	\$ 0,22	3,12
2003	\$ 1,89	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,89	\$ 0,40	2,96
2004	\$ 1,20	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,20	\$ 0,25	2,95
2005	\$ 1,86	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,86	\$ 0,40	2,93
2006	\$ 1,89	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,89	\$ 0,38	3,09
2007	\$ 1,89	\$ -	\$ -	0%	0%	0,00	0%	\$ 1,89	\$ 0,38	3,12
2008	\$ 2,34	\$ 3,06	\$ 2,06	0%	0%	0,00	0%	\$ 2,34	\$ 0,46	3,16
2009	\$ 2,92	\$ 2,29	\$ 2,27	0%	0%	0,00	0%	\$ 2,92	\$ 0,49	3,73
2010	\$ 3,57	\$ 2,79	\$ 2,80	0%	0%	0,00	0%	\$ 3,57	\$ 0,57	3,92
2011	\$ 4,43	\$ 3,45	\$ 3,45	0%	0%	0,00	0%	\$ 4,43	\$ 0,67	4,13
2012	\$ 5,57	\$ 4,48	\$ 4,48	3,1%	0,2%	218976,00	2,8%	\$ 5,60	\$ 0,77	4,55
2013	\$ 7,17	\$ 5,44	\$ 5,44	5,5%	2,0%	307080,00	3,6%	\$ 7,26	\$ 0,83	5,46
2014	\$ 10,97	\$ 8,20	\$ 8,23	7,6%	4,3%	298203,00	3,5%	\$ 11,17	\$ 0,86	8,11
2015	\$ 12,09	\$ 7,29	\$ 9,18	8,6%	5,2%	328069,00	3,7%	\$ 12,44	\$ 0,84	9,25
2016	\$ 16,20	\$ 11,24	\$ 12,32	9,5%	5,3%	420366,00	4,6%	\$ 16,61	\$ 0,70	14,75
2017	\$ 19,74	\$ 12,94	\$ 15,30	10,4%	5,6%	526131,00	5,3%	\$ 20,31	\$ 0,77	16,55

Tabla 15: análisis de la composición de precio de la nafta y el precio de la nafta pura.

Con esta información se hizo un gráfico de dispersión para estudiar la relación entre ambos. Sin embargo como se muestra en la figura 38, no se puede ver una correlación clara entre ambas variables.

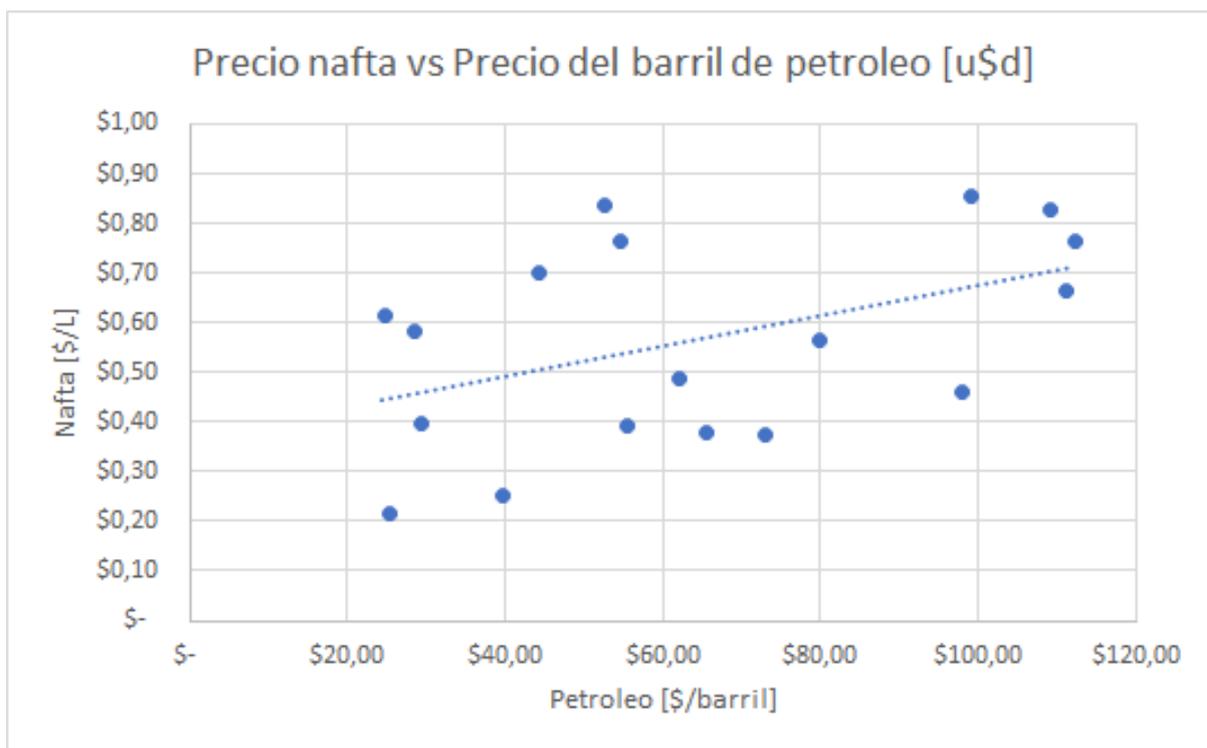


Fig. 38: gráfico de dispersión para estudiar la relación entre el precio del barril de petróleo y el precio de la nafta.

La regresión, devolvió valores muy bajos de R^2 y se encontró que el precio de la nafta en Argentina en los últimos años no se puede explicar con el precio internacional del barril de petróleo.

Precio del petroleo con precio de la nafta en dolares sin impuesto (17 años)						
Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,465434911					
Coefficiente de determinación R ²	0,216629656					
R ² ajustado	0,16766901					
Error típico	0,185720031					
Observaciones	18					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	0,152611851	0,152611851	4,424566911	0,05159784	
Residuos	16	0,551870876	0,03449193			
Total	17	0,704482728				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0,368430442	0,104038836	3,541278001	0,002716097	0,14787796	0,589 0,14788 0,588982922
Variable X 1	0,003080137	0,001464315	2,103465453	0,051597838	-2,407E-05	0,006 -2E-05 0,006184346

Fig. 39: Resultado del análisis de regresión de la relación entre el precio del petróleo y el de la nafta.

Esto puede explicarse por las regulaciones por parte del estado sobre el precio de la nafta, sucesivas devaluaciones y diversos desequilibrios macroeconómicos. Por lo tanto, se repitió el análisis pero teniendo en cuenta los promedios mensuales de ambas variables durante los últimos 24 meses, cuando se liberó el precio de la nafta.

año	Precio del barril de petroleo [USD]	Precio de la nafta [USD]	corte maiz	corte caña	corte nafta	Precio del bioetanol de maiz en [USD]	Precio del bioetanol de caña en pesos [USD]	Precio de la nafta pura [USD]
ene-16	30,8	1,01	5%	4%	91%	0,76	0,59	0,59
feb-16	33,2	0,93	5%	4%	92%	0,72	0,57	0,55
mar-16	39,07	0,98	5%	4%	91%	0,73	0,63	0,57
abr-16	42,25	1,08	6%	4%	91%	0,77	0,72	0,63
may-16	47,13	1,21	5%	4%	91%	0,88	0,80	0,71
jun-16	48,48	1,23	5%	5%	91%	0,92	0,85	0,71
jul-16	45,07	1,15	5%	5%	91%	0,88	0,84	0,66
ago-16	46,14	1,15	6%	5%	90%	0,90	0,85	0,66
sep-16	46,19	1,13	6%	6%	89%	0,89	0,84	0,64
oct-16	49,73	1,12	6%	5%	90%	0,87	0,82	0,64
nov-16	46,44	1,11	6%	6%	89%	0,86	0,82	0,63
dic-16	54,07	1,07	5%	5%	90%	0,84	0,80	0,61
ene-17	54,89	1,16	5%	5%	90%	0,84	0,83	0,67
feb-17	55,49	1,18	6%	5%	90%	0,86	0,87	0,68
mar-17	51,97	1,19	5%	5%	90%	0,91	0,87	0,68
abr-17	52,98	1,20	6%	6%	89%	0,95	0,84	0,69
may-17	50,87	1,17	6%	5%	90%	0,97	0,82	0,67
jun-17	46,89	1,23	6%	6%	89%	1,00	0,80	0,70
jul-17	48,69	1,15	5%	5%	90%	0,96	0,75	0,66
ago-17	51,37	1,13	5%	5%	90%	0,95	0,77	0,65
sep-17	55,16	1,15	5%	5%	90%	0,98	0,79	0,65
oct-17	57,62	1,24	5%	5%	90%	0,96	0,78	0,71
nov-17	62,57	1,22	6%	5%	89%	0,82	0,61	0,71
dic-17	64,21	1,28	6%	5%	90%	0,88	0,69	0,74

Tabla 16: datos mensuales de los precios y cortes desde la liberación de precios.

Al igual que los análisis anteriores se realizó un gráfico de dispersión para tener una primera aproximación y confirmar la posibilidad de relación directa entre variables.

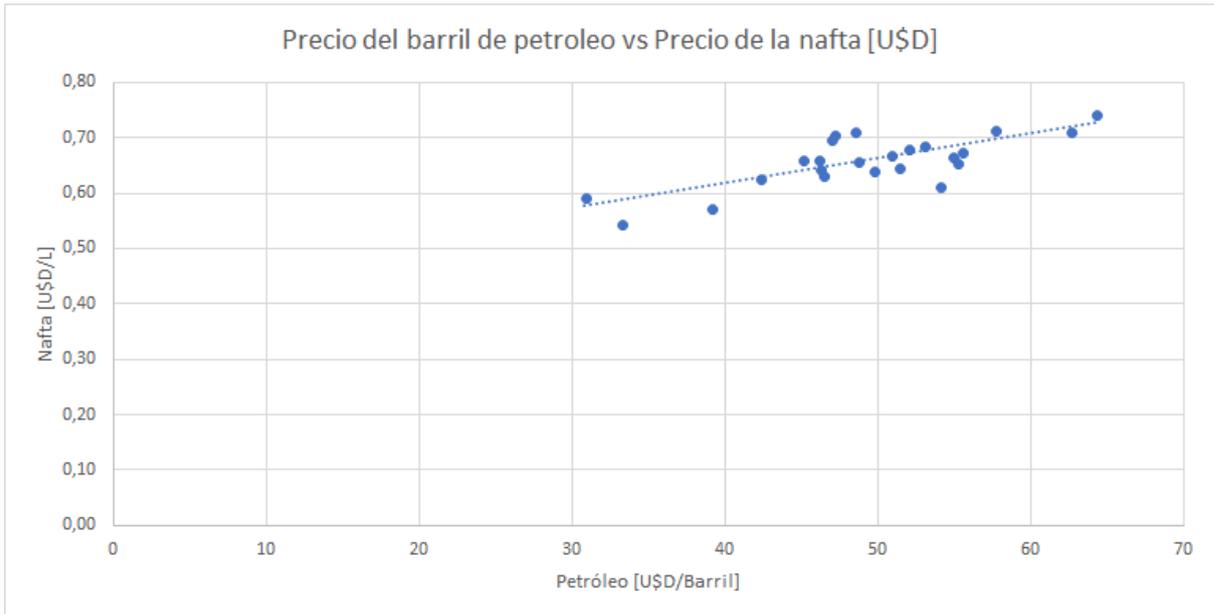


Fig. 40: gráfico de dispersión que relaciona los datos más recientes entre el precio del petróleo y el de la nafta.

Los resultados se aproximaban bastante a lo imaginado, se puede ver una relación entre ellas, para validar la relación se hizo la regresión para analizar los parámetros en detalle.

Relacion entre el precio del petroleo y el precio de la nafta pura en los ultimos 24 meses						
Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,761203729					
Coefficiente de determinación R ²	0,579431117					
R ² ajustado	0,56031435					
Error típico	5,237317528					
Observaciones	24					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	831,3907124	831,3907124	30,31009924	1,5638E-05	
Residuos	22	603,4488876	27,42949489			
Total	23	1434,8396				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-35,5115917	15,42754833	-2,301829879	0,03118777	-67,506369	-3,52 -67,506 -3,516814714
Variable X 1	128,5594541	23,35126113	5,505460857	1,56377E-05	80,1319026	177 80,1319 176,9870057

Fig. 41: Resultado de la regresión realizada con los datos más recientes.

El valor de R² no fue lo suficientemente grande como para validar el modelo, ya que es menor al mínimo aceptable de 0,6 para variables econométricas. Como no se logró encontrar una relación estadística entre ambas variables, lo que se hizo fue tomar la siguiente relación, que tiene en cuenta los costos de transformar un barril de petróleo en nafta.

$$P_{nafta}[U\$D/Litro] = P_{petróleo}[U\$D/Barril] \div (0.8 \times 159[Litro/Barril]) \quad (5)$$

La relación entre el precio del bioetanol y el precio del maíz viene dada por la fórmula establecida por el gobierno en la Resolución 415-E/2017. Suponiendo que todos los factores que componen el precio del bioetanol aparte del maíz quedan fijos, la fórmula sería la siguiente:

$$PBioetanol[USD/Litro] = Pmaíz[USD/Ton] \times 0,0021[Ton/Litro] + B[USD/Litro](6)$$

Siendo $P_{Bioetanol}$ el precio del bioetanol de maíz, $P_{maíz}$ el precio de la tonelada de maíz y B la parte del precio que representa al resto de los factores que afectan al precio del bioetanol (fijo). Actualmente el valor de B es aproximadamente 0,202 USD/L. El tipo de cambio tenido en cuenta es 24 \$/USD

Para evaluar la competitividad del bioetanol, es necesario tener en cuenta que el etanol posee un 30% menos de densidad de energía que la nafta, lo que exige un consumo mayor de combustible. La nafta provee 42 Mjoul/kg, mientras que el etanol sólo 29 Mjoul/kg. Energéticamente, un litro de nafta equivale a 1.5 litros de etanol²⁹.

Conclusión

Teniendo en cuenta las relaciones encontradas (4), (5) y (6) e igualando el precio de 1 litro de nafta al de 1,5 litros de bioetanol, se procede a realizar el cálculo.

Igualamos

$$P_{nafta} = P_{Bioetanol}$$

$$P_{petróleo} \div (0.8 \times 159) = 1.5 \times (P_{maíz} \times 0,0021 + B) \quad (7)$$

Reemplazando (1) en (7)

$$P_{petróleo} \div (0.8 \times 159) = 1.5 \times ((47.243 + 1.22 \times P_{petróleo}) \times 0,0021 + B)$$

$$P_{petróleo} \div (0.8 \times 159) = 1.5 \times ((47.243 + 1.22 \times P_{petróleo}) \times 0,0021 + 0.202)$$

$$P_{petróleo} \div (0.8 \times 159) = 0.00315 \times (47.243 + 1.22 \times P_{petróleo}) + 0.303$$

$$P_{petróleo} = 0.4 \times (47.243 + 1.22 \times P_{petróleo}) + 38.5416$$

$$P_{petróleo} = 18.8972 + 0.488 \times P_{petróleo} + 38.5416$$

$$P_{petróleo} = 57.4388 \div 0.512$$

$$P_{petróleo} = 112.18 \text{ USD}$$

Se obtuvo que el precio del barril de petróleo para el cual el bioetanol es competitivo con la nafta es de aproximadamente 112.18 (USD/barril).

²⁹ http://repositorioubasib.uba.ar/gsd/collect/encruc/index/assoc/HWA_280.dir/280.PDF

Estrategia Comercial

A partir de todo el análisis realizado, se definió la estrategia comercial para la instalación de la mini destilería de bioetanol en el establecimiento San Antonio.

Se instalará la destilería en el establecimiento. Los primeros años, hasta la liberación del mercado del bioetanol, se venderá la producción de etanol hidratado a Porta, para su producción industrial. Si bien en la entrevista con Porta no se nos informó el precio al cual se compra el bioetanol a los productores con una MiniDest instalada, se calculó este precio como un 95% del precio regulado del bioetanol anhidro, ya que el hidratado tiene menor pureza. Es posible que el precio sea un poco menor que eso pero probablemente no baje más que 90%

Una vez que se libere el mercado se formará parte de la sociedad Porta + productores para vender bioetanol de corte. En este momento se instalará el deshidratador para poder sacar directamente producto terminado de la planta por los ahorros logísticos en no tener que transportar el bioetanol a la planta de Porta en Córdoba. Debido a que la demanda de bioetanol va a ir en aumento, y no hay muchas plantas de bioetanol instalándose debido a las regulaciones del mercado, la producción del establecimiento será de las primeras en estar listas cuando se libere el mercado, y se supone que habrá suficiente demanda para poder vender todo el producto.

Año	Cantidad (m3)	Precio bioetanol (\$/l)	Precio (\$/l)	Ventas (\$)
2018	5000	\$ 12,19	\$ 11,58	\$ 57.902.500
2019	5000	\$ 13,72	\$ 13,03	\$ 65.170.000
2020	5000	\$ 15,83	\$ 15,04	\$ 75.192.500
2021	5000	\$ 17,78	\$ 17,78	\$ 88.900.000
2022	5000	\$ 19,65	\$ 19,65	\$ 98.250.000
2023	5000	\$ 21,45	\$ 21,45	\$ 107.250.000
2024	5000	\$ 22,53	\$ 22,53	\$ 112.650.000
2025	5000	\$ 23,65	\$ 23,65	\$ 118.250.000
2026	5000	\$ 24,84	\$ 24,84	\$ 124.200.000
2027	5000	\$ 26,08	\$ 26,08	\$ 130.400.000

Tabla 17: proyección de las ventas y precios estimados para los próximos 10 años.

Se incluye también la estimación de ventas/ahorros económicos por el uso de burlanda en el establecimiento para alimentar el ganado. Esta es la misma información incluida en el análisis de precios de la burlanda, en la tabla 16.

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Precio maíz	\$3.335	\$3.683	\$4.250	\$4.774	\$5.276	\$5.760	\$6.048	\$6.351	\$6.668	\$7.002
Precio burlanda	\$1.000	\$1.104	\$1.275	\$1.432	\$1.582	\$1.728	\$1.814	\$1.905	\$2.000	\$2.100
Ingresos por burlanda	\$40.020	\$44.196	\$51.000	\$57.288	\$63.312	\$69.120	\$72.576	\$76.212	\$80.016	\$84.024

Tabla 18: proyección de los precios de maíz y burlanda, y ganancia/ahorro por la burlanda en pesos argentinos.

Análisis de ingeniería

Localización

Macrolocalización

Los principales costos para la producción del bioetanol son la materia prima, energía, y la inversión inicial de capital. Por esta razón a la hora de definir la localización del proyecto se prestará especial atención al costo de obtención de la materia prima. Asimismo, en Argentina otro factor que tiene un gran impacto en la producción es el costo del flete, el cual también será tenido en cuenta. Para el consumo de energía, al no ser cantidades demandadas de gran significatividad, se asumió que siempre habrá disponibilidad energética sin variar demasiado el precio.

Localización de las principales refinerías

Las refinerías en Argentina están distribuidas a lo largo y ancho del todo el país, aunque no todas las refinerías necesitan bioetanol. Enfocándonos sólo en las refinerías que compran bioetanol para mezclarlo con sus productos (nafta), las empresas son Esso, Oil combustibles, Petrobras, Refinería del Norte, Shell e YPF.

Empresa	Metros Cúbicos
ESSO S.A.P.A.	167.840,00
OIL COMBUSTIBLES S.A.	33.308,63
PETROBRAS ARGENTINA S.A.	38.783,22
REFINERIA DEL NORTE S.A.(REFINOR)	24.579,00
SHELL C.A.P.S.A.	220.173,00
YPF S.A.	574.020,00

Tabla 19: Compras de bioetanol³⁰

Como vemos en la tabla YPF S.A es la empresa de mayor envergadura seguida por Shell que no alcanza a utilizar ni la mitad que utiliza YPF, aunque esta última tiene su producción dividida en tres plantas refinadoras distintas en distintos puntos del país.

³⁰ (15/03/18). Ministerio de Hacienda: Energía. www.argentina.gob.ar/energia

Producción de maíz en la región

El país año a año fue aumentando su producción de maíz al mismo tiempo que fue creciendo el área disponible para sembrar gracias a nuevas tecnologías que el mundo fue descubriendo. En la Argentina las dos tecnologías más influyentes y que más impacto tuvieron en la producción de cereales fueron las de siembra directa (descubierta por un profesor de la UBA) y el silo bolsa.

El siguiente mapa geográfico muestra las distintas regiones del país en donde se cultiva maíz numeradas del 1 al 15 para luego poder identificarlas y hacer referencia a ellas.

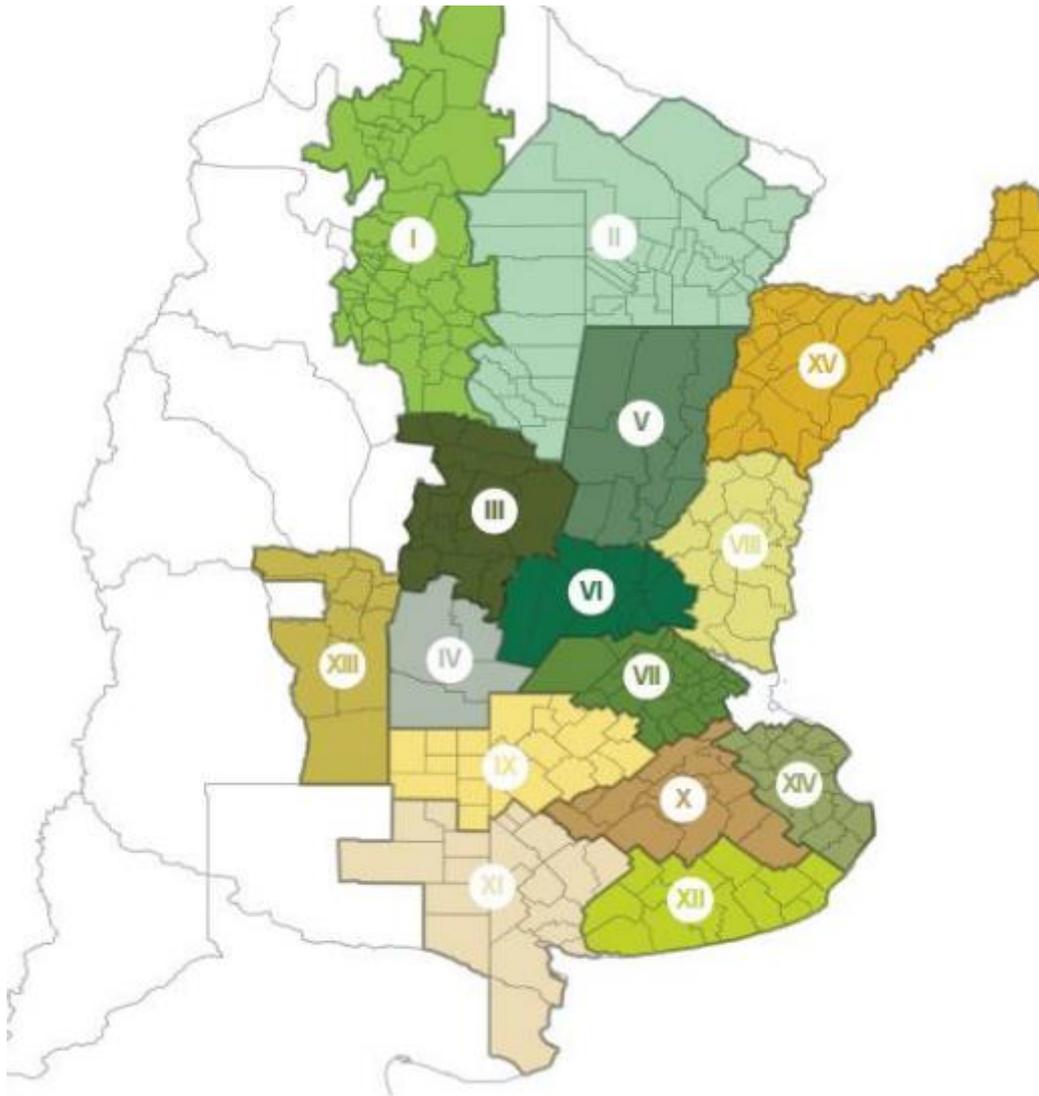


Fig. 42: áreas productivas de maíz

Según la bolsa de cereales del país para la campaña 2017/2018 el área sembrada dedicada al maíz representa 5.4 millones de hectáreas de las cuales quedan en condiciones de cosechar 5.2 millones por distintas razones³¹.

³¹ (05/04/18). Bolsa de Cereales: Panorama Agrícola Semanal. <http://www.bolsadecereales.com/>

Zonas		Superficie (Ha)			Porcentual cosechado (%)	Hectáreas cosechadas	Rinde (qq/Ha)	Producción (Th)
		Sembrada	Perdida	Cosechable				
I	NOA	375,000	200	374,800	3.0	11,244	50.0	56,220
II	NEA	600,000	1,000	599,000	10.0	59,900	52.8	316,270
III	Ctro N Cba	805,000	11,700	793,300	25.5	202,527	60.9	1,234,152
IV	S Cba	675,000	10,500	664,500	31.5	209,325	64.1	1,342,032
V	Ctro N SFe	220,000	6,800	213,200	47.8	101,889	55.1	561,447
VI	Núcleo Norte	530,000	14,300	515,700	90.3	465,845	83.4	3,886,753
VII	Núcleo Sur	410,000	14,600	395,400	87.2	344,748	77.3	2,664,298
VIII	Ctro E ER	175,000	6,600	168,400	71.8	120,870	51.5	622,395
IX	N LP-OBA	580,000	13,300	566,700	48.9	276,990	74.0	2,048,987
X	Ctro BA	300,000	5,380	294,620	31.9	93,842	59.6	559,177
XI	SO BA-S LP	165,000	4,260	160,740	30.6	49,265	50.6	249,408
XII	SE BA	195,000	4,300	190,700	29.5	56,350	55.6	313,411
XIII	SL	230,000	4,450	225,550	31.0	69,958	51.2	358,140
XIV	Cuenca Sal	110,000	2,000	108,000	39.4	42,586	61.7	262,549
XV	Otras	30,000	2,200	27,800	52.0	14,450	46.5	67,261
TOTAL		5,400,000	101,590	5,298,410	40.0	2,119,787	68.6	14,542,499

Tabla. 20: cosecha de maíz por zona

De estas zonas el norte de La pampa y oeste de Buenos Aires es representan el 10,74% de la producción de maíz del país.

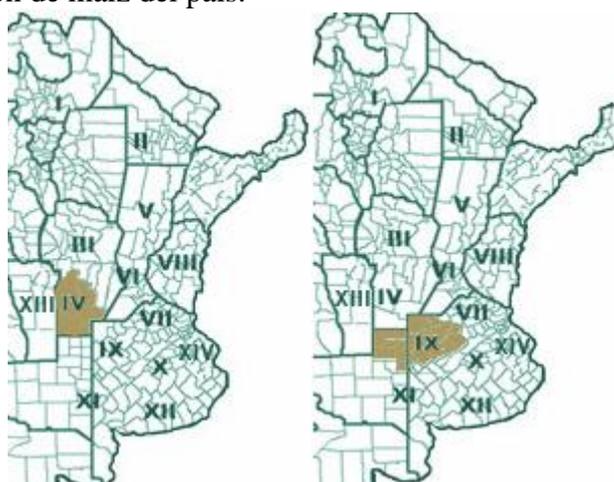


Fig. 42: zonas más influyentes en la producción de maíz.

Si a este valor le sumamos 4,2 millones de toneladas producidas por la zona del sur de Córdoba podemos ver que el 24% de la producción del país está concentrada en el centro, sumando un total aproximado de 7,7 millones de toneladas de maíz.

Localización de plantas productoras de bioetanol

En el siguiente mapa se concentran todas las destilerías de Argentina que producen bioetanol en base a maíz o en base a caña. Para ser más preciso las destilerías que trabajan con caña de azúcar son diez y están ubicadas mayormente en el noreste argentino. Por otro lado restan las que funcionan con materia prima como maíz y estas son 5 ubicadas la mayoría en la provincia de Córdoba.



Fig. 43: localización de las plantas de Bioetanol.

La capacidad productiva de las plantas de bioetanol de maíz para el primer cuatrimestre de 2017 fue la siguiente:

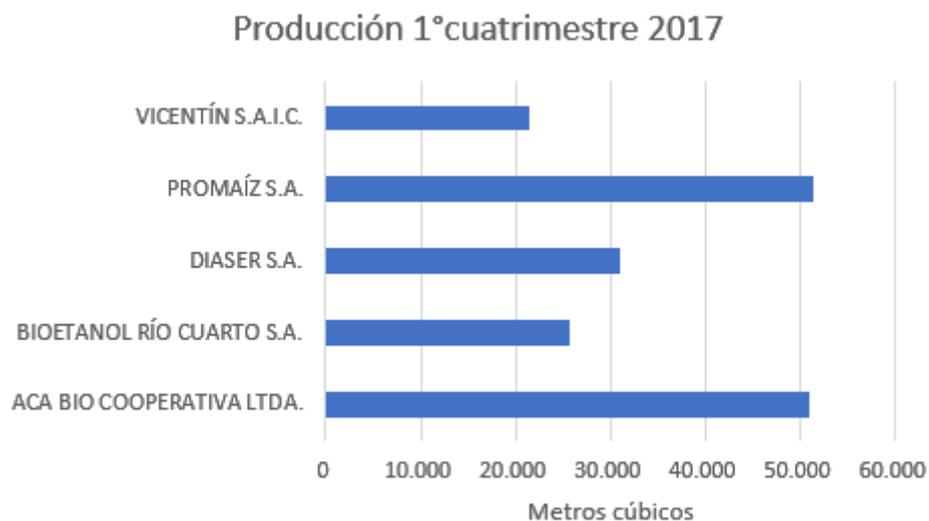


Fig. 44: Capacidades productivas de bioetanol de maíz.

Se puede observar que ACABio y Promaíz producen un 40% más, aproximadamente, que el tercer productor, DIASER.

Las capacidades cuatrimestrales de producción de bioetanol en base a caña de azúcar en 2017 fueron las siguientes:

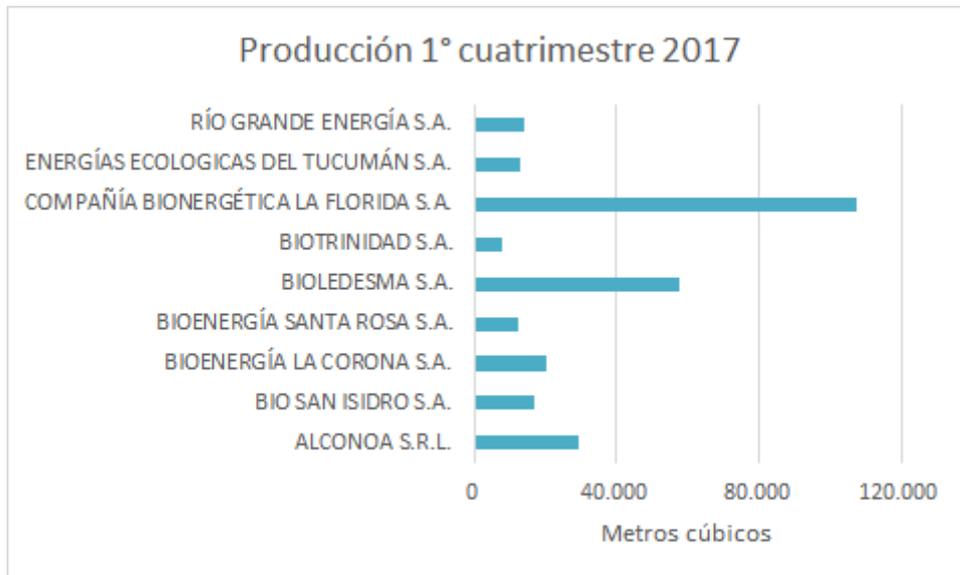


Fig. 45: capacidades productivas de bioetanol de plantas de caña de azúcar.

Microlocalización

Uno de los factores que se tiene en cuenta para decidir la localización de la planta es la oferta de maíz. Como se mencionó previamente, el requerimiento de maíz del proyecto es de 13.500 toneladas por año. Al ser la principal materia prima, representa uno de los mayores costos, por lo que abaratarlo todo lo posible es clave para la rentabilidad de la planta. A la hora de analizar este factor se tendrán en cuenta dos variables: la cantidad producida en la zona y la distancia al puerto de Rosario. Lo ideal sería encontrar un equilibrio entre buen precio por estar lejos del puerto y oferta suficiente para satisfacer nuestros requerimientos sin pagar altos costos logísticos. La decisión de estar cerca de la materia prima se basa en el principio de que siempre es conveniente trasladar productos con mayor valor agregado para diluir el costo del flete, por lo que se considera un factor de mayor criticidad la cercanía del maíz que la de las refinerías.

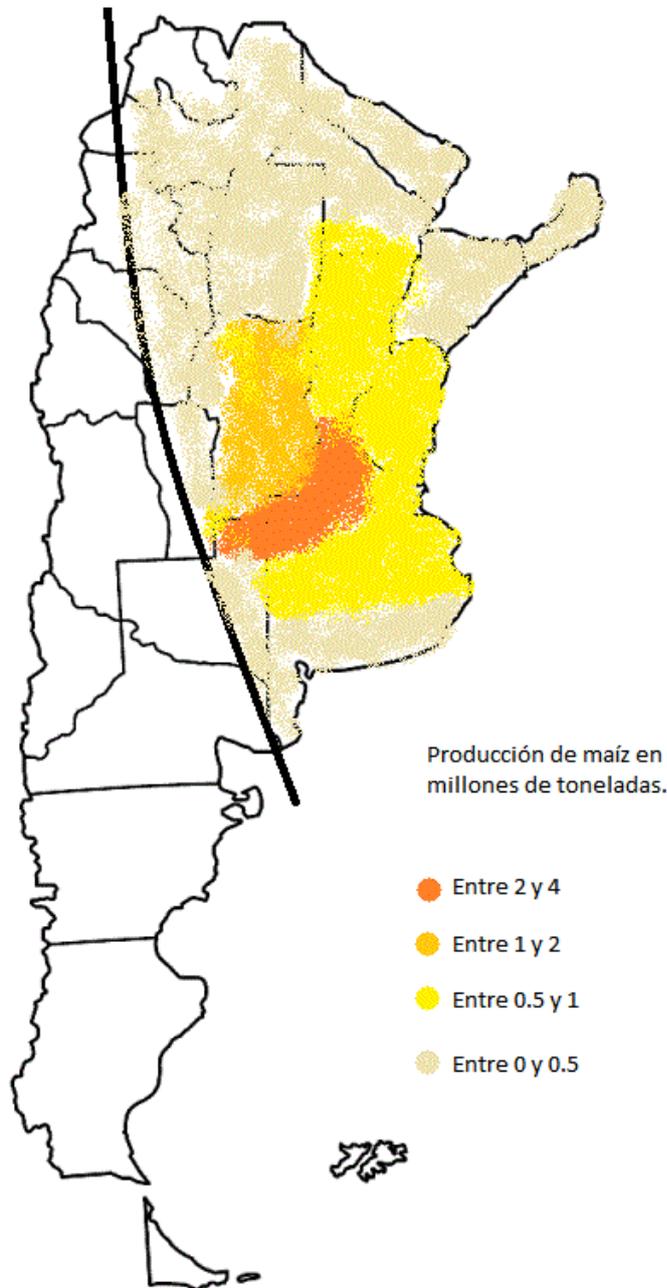


Fig. 46: Toneladas producidas de maíz por región.

Como se observa en la figura 46, la zona de mayor producción, de entre 2 y 4 millones de toneladas de maíz (correspondiente a las zonas XI, XII y IX de la figura 42), y por lo tanto muy atractiva para la localización de la planta, abarca el norte de La Pampa, noroeste de Buenos Aires y sur de Santa Fe. La siguiente zona productiva, con capacidad de entre 1 y 2 millones de toneladas, es la provincia de Córdoba. La tercera zona productiva corresponde al centro y noreste de la provincia de Buenos Aires, Entre Ríos y centro y norte de Santa Fe y cuenta con una capacidad de entre 0.5 y 1 millón de toneladas de maíz por año. Estas son las tres zonas que se consideran aptas para la localización de la planta al analizar la oferta de maíz. El resto de las zonas productivas cuentan con capacidad de hasta 0.5 millones de toneladas. Esto es un volumen muy chico, teniendo en cuenta que aproximadamente el 30% de la producción está destinada a alimento para animales. La oferta disponible en esas zonas, entonces, es muy chica en relación a la

demanda del proyecto, lo que la vuelve una zona de mucha competencia y mayor riesgo para el comprador de maíz. Además, limita la posibilidad de ampliar la capacidad productiva de la planta en un futuro. Por lo tanto, se descartan estas zonas como potenciales lugares para localizar la planta. Las zonas roja, naranja y amarilla se consideran aptas para satisfacer la demanda del proyecto.

Para elegir en qué zona de las tres conviene ubicar la planta se tiene en cuenta un factor determinante: el costo del flete corto. Cuando hablamos de flete corto nos referimos al flete que transporta maíz desde los campos productores hasta la planta. Para analizar este costo se tiene en cuenta el rendimiento de la zona. Mientras mayor es el rendimiento, más toneladas por m² se cosechan, y por lo tanto menos distancia habrá que alejarse de la planta para conseguir la cantidad necesaria de maíz. Esto resulta en que mientras mayor es el rendimiento, menor es el costo del flete corto. De la tabla 2 se obtiene que los mayores rendimientos están en las zonas de mayor producción (zona roja en la figura 46). Por lo tanto las zonas óptimas para localizar la planta serían: norte de La Pampa, noroeste de Buenos Aires y sur de Santa Fe.

Una vez seleccionadas estas tres zonas, el siguiente factor que se tiene en cuenta es la distancia hasta el puerto de Rosario y su correspondiente descuento por flete en el precio del maíz.

Para estudiar los descuentos por flete se realizó una entrevista a Pablo Nagore, productor del establecimiento San Antonio. Según explicó, cuando el maíz se vende en el puerto de Rosario es el productor el que absorbe el costo del flete y el precio que se le paga es el precio de maíz de pizarra. Cuando el maíz se vende a alguna empresa que usa maíz como materia prima y está ubicada a una distancia menor que a Rosario, por ejemplo Molinos, la empresa que compra el maíz paga un precio menor debido a que sabe que el productor se está ahorrando parte del costo de flete que tendría si vendiera en Rosario, a esto se lo llama el descuento por contraflete. Los datos provistos son los siguientes:

Distancia desde el campo [km]	Precio Maíz [\$/ton]
470 (Rosario)	4200
350 (Chacabuco)	3800

En base a esta información se puede hacer una estimación aproximada de que cada 120km que se ahorra el productor se le puede pagar 400\$/ton menos. Se puede considerar que cuanto más lejos se encuentre la planta de bioetanol del puerto, menor será el precio a pagar por la materia prima. A partir de estos datos se generó un gráfico en donde se asume una linealidad entre la distancia a la que se localiza la planta del puerto y el descuento aplicado por este flete ahorrado:

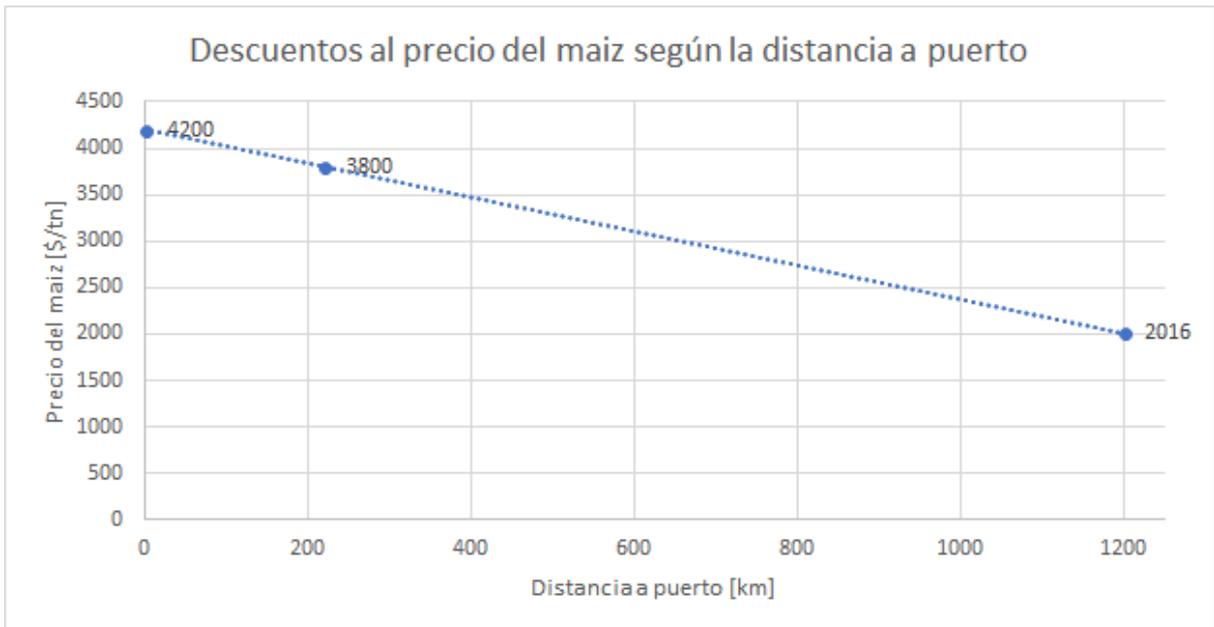


Fig. 47: descuentos aplicados al precio de maíz según la distancia al puerto.

De esta información se puede decir que conviene ubicarse lo más lejos del puerto de Rosario posible (siempre teniendo en cuenta el limitante de la producción de maíz).

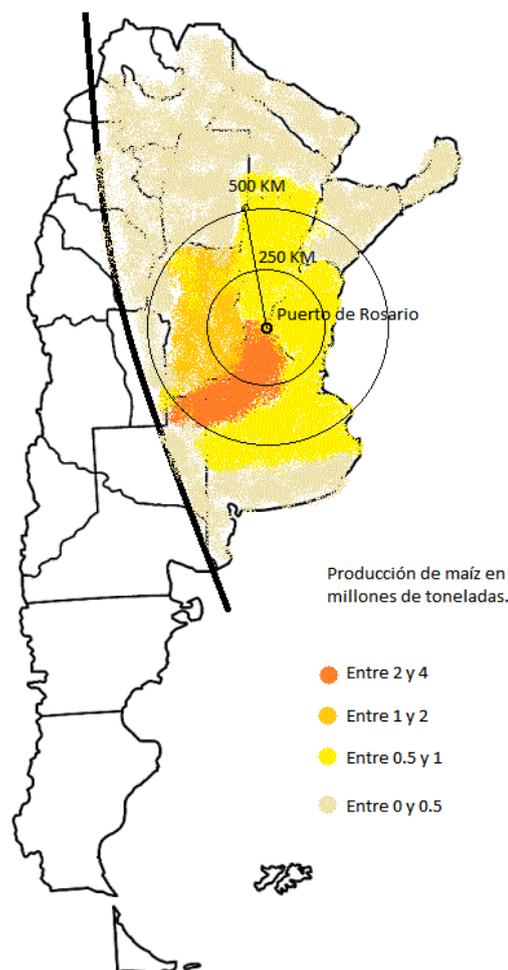


Fig. 48: mapa con distancias a Rosario.

Analizando el mapa de la Figura 48, se ve que la zona del norte de La Pampa reúne los dos requisitos deseables mencionados: tiene un rendimiento alto (74 qq/ha) y se encuentra lejos del puerto de Rosario, en un radio de 500 km, que significa un descuento de 1000 \$/ton aproximadamente. Este motivo, sumado al hecho de que se cuenta con un establecimiento en el departamento de Chapaleufú, por lo que se tiene disponibilidad de materia prima propia e instalaciones ya funcionando, lleva a la conclusión de que este lugar es el óptimo para localizar la planta.

Una vez seleccionada la ubicación óptima se analiza dónde está ubicada la competencia, el resto de las plantas de bioetanol, y donde se sitúan las refinerías. Al analizar la ubicación de las otras plantas se puede ver que la ubicación elegida está lo suficientemente alejada como para no tener competencia a la hora de comprar maíz. Al ser una planta chica, la misma no consume cantidades significativas de maíz como para impactar fuertemente en la demanda total de la zona.

Por otro lado esta ubicación hay que validarla con la localización de las refinerías ya que ese viaje incurriría un costo. Si tenemos en cuenta la información brindada tanto por José Porta como por German Di Bella en las distintas entrevistas que se realizaron, del costo del flete del bioetanol a la refinería se hacen cargo las refinerías. Sin embargo, independientemente de quién se haga cargo, el flete tiene una participación significativa en el precio final pagado. Por esta razón, una localización más próxima a las refinerías que el resto de las plantas nos pondría en una situación de mayor poder a la hora de negociar precios y cantidades con los compradores, respecto de las demás productoras de bioetanol.

Se realizó una matriz para seleccionar la refinería a la cual es de mayor conveniencia vender el bioetanol. Los factores que se tuvieron en cuenta fueron la distancia de la planta a las distintas refinerías ya que tiene una influencia directa en el costo logístico, la distancia de la de la destilería más cercana y la capacidad de las refinerías. Mientras mayor sea la capacidad, más atractiva será como potencial compradora.

Refinería	Distancia (Km de ruta)	Distancia próxima destilería (Km de ruta)	Capacidad (m3 de etanol)
Shell (Buenos Aires)	563	515	220.173,00
Oil (Santa Fe)	479	265	33.308,63
YPF (Mendoza)	673	386	189.427,00
YPF (Neuquén)	712	967	45.922,00
YPF (Buenos Aires)	614	566	338.672,00
Axion (Buenos Aires)	500	476	167.840,00
Petrobras (Bahía Blanca)	512	747	38.783,22

Tabla 21: matriz de distancias y capacidades de procesamiento de las refinerías (distancias tomadas desde el calculador de google maps).

Para decidir a qué refinería vender, la primera condición que se tomó fue que se venderá a una de las refinerías de las cuales nuestra planta es la destilería más cercana, o sea que la destilería grande más cercana se encuentre a mayor distancia que nosotros. Esto se debe a que a las refinerías les conviene comprarnos a nosotros por el ahorro en costo de flete que significa cada kilómetro de ruta recorrida. Se descartan las refinerías de Oil en Santa Fe y la de YPF Mendoza ya que nuestra planta se encuentra considerablemente más lejos que la próxima destilería y esto hace que sea imposible ser competitivos frente a éstas. Las refinerías de Axion, YPF Buenos Aires y Shell se podrían mantener como opciones ya que las distancias son muy similares entre nuestra planta y la destilería más cercana, con lo que la diferencia de costos no es de gran relevancia. Sin embargo, la gran capacidad que tienen estas refinerías hace que el ahorro de flete por comprarle a nuestra planta no sea de gran atractivo ya que representa un muy bajo porcentaje de sus compras de bioetanol. Entonces, quedan como mejores opciones la refinería de Petrobras en Bahía Blanca y la de YPF en Neuquén. Es importante aclarar que este análisis será válido siempre y cuando se liberen los cupos para la venta de bioetanol a refinerías. Mientras tanto, la producción se venderá a Porta en su totalidad.

Caracterización del departamento de Chapaleufú

Régimen hídrico

El régimen de distribución de las lluvias en La Pampa muestra que los mayores niveles de precipitaciones ocurren de octubre a marzo, principalmente en el norte de la provincia, donde el mes de menores lluvias en general es agosto. En la figura 49 de precipitaciones medias anuales, se puede ver cómo ésta disminuye su valor de noreste a sudoeste.

Al realizar el balance hídrico, el resultado arroja un déficit de agua en los meses de octubre a marzo, que si bien son los meses de mayores precipitaciones, también son los meses de más elevadas temperaturas. Esto hace que la evapotranspiración sea muy grande y las diferencias hídricas aumentan.

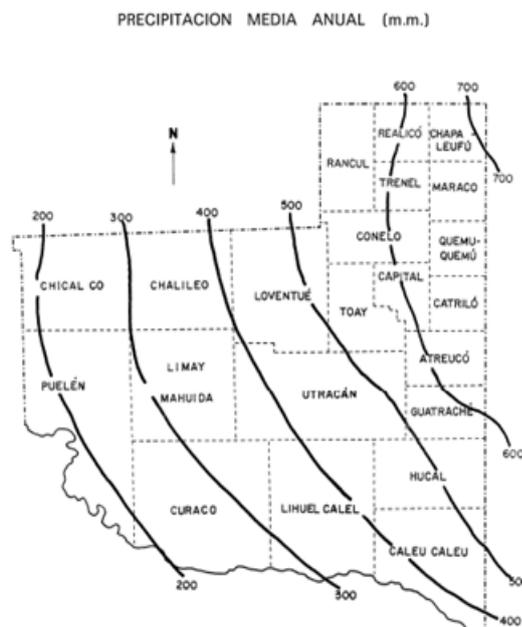


Fig. 49: distribución de precipitaciones anuales en la provincia de La Pampa

Al analizar el índice hídrico (IH) se obtiene que La Pampa se puede dividir en tres regiones, siendo la zona noreste (subhúmeda seca) la de mayor humedad, aunque toda la provincia tiene IH negativo:

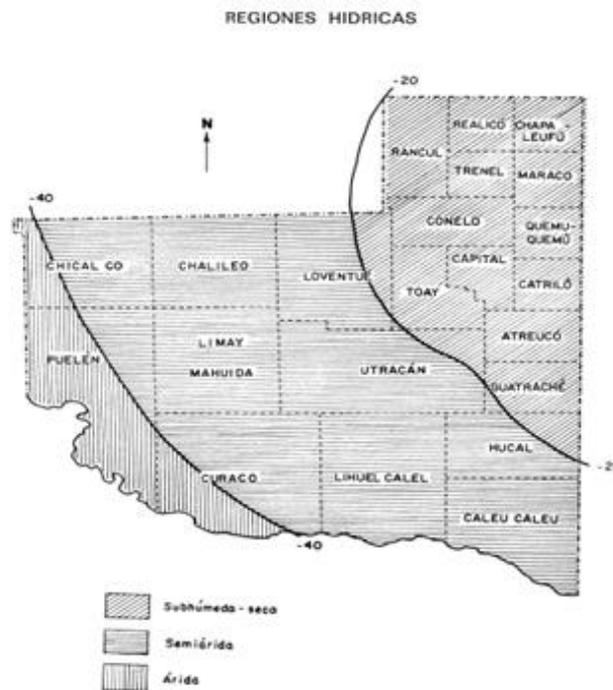


Fig. 50: Regiones de La Pampa en función del índice hídrico³².

Caracterización agrícola

En esta sección se estudia el uso agrícola del suelo del departamento de chapaleufú, que es el departamento donde se ubicará la destilería en estudio.

Los principales cultivos en el departamento de Chapaleufú son maíz, trigo, avena, soja y girasol.

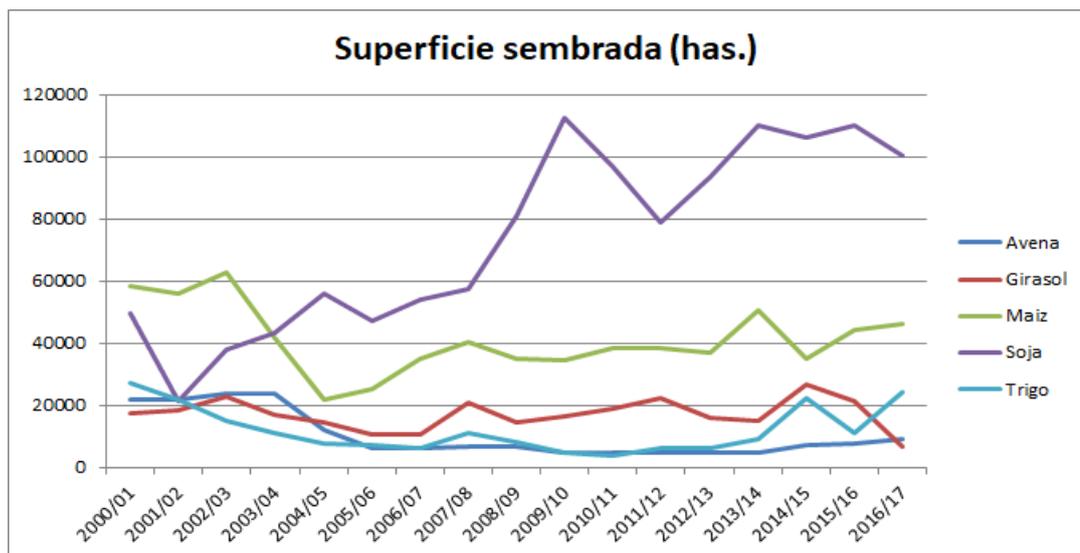


Fig. 51: hectáreas de superficie dedicadas a los distintos cultivos en el departamento de Chapaleufú.

³² Datos obtenidos de la bolsa de cereales de Argentina

Como se observa, más del 50% del terreno cultivado está dedicado a la soja, seguido por el maíz que cuenta con un 25%. En total en el departamento se dedican unas 40.000 hectáreas a la producción de maíz.

El rendimiento del maíz depende de muchas variables, controladas y no controladas, como la oferta hídrica, la temperatura, el riego, los fertilizantes, la densidad del cultivo y la fecha de siembra.

Como se puede ver en la figura 52 a continuación, el rendimiento es una variable muy volátil. Tiene un mínimo de 4 toneladas por hectárea en la campaña del 2008/09 y alcanza rendimientos altos de alrededor de 9,5 tons./ha en las campañas del 2014 al 2017 en Chapaleufú. Además, al comparar el rendimiento de Chapaleufú con el promedio del resto de La Pampa, se ve que es una zona ideal para el cultivo.

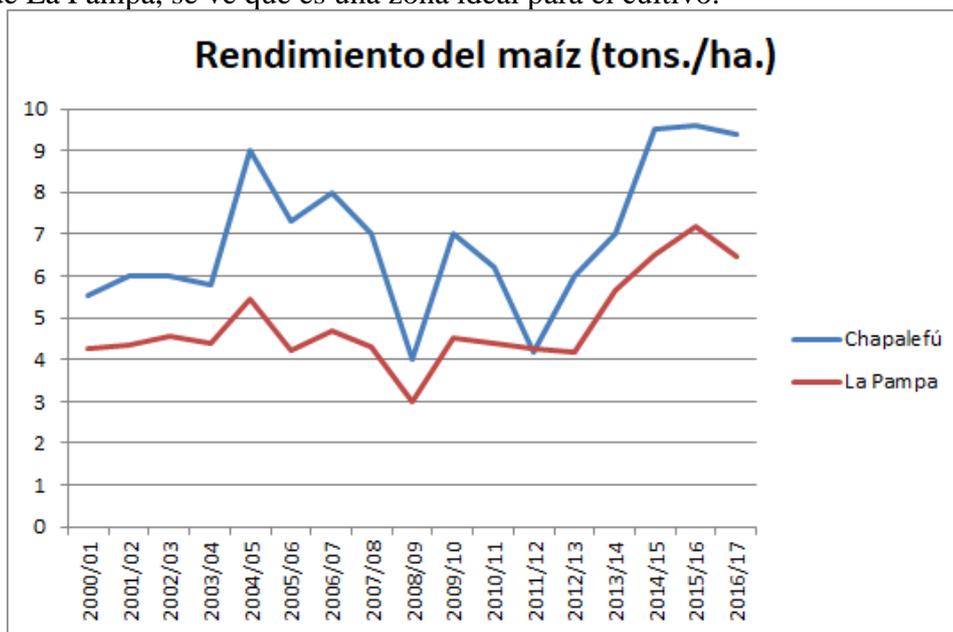


Fig. 52: evolución del rendimiento de la hectárea de maíz a lo largo del tiempo en la provincia y en el departamento de Chapaleufú.

Proceso de obtención de bioetanol a partir del maíz³³:

Para producir bioetanol de maíz se debe extraer el almidón contenido en el grano. Por esta razón el proceso comienza con la molienda del mismo. Existen dos métodos para obtener el almidón del maíz: por molienda seca o molienda húmeda. Una vez obtenido el almidón, el resto del proceso es muy similar para ambos métodos. Hoy en día el 10% del bioetanol producido en USA se produce a partir de la molienda húmeda mientras que el resto se hace a partir de molienda seca³⁴.

³³ Burgess Clifford, C. (06/05/18). PennState, e-Education Institute: 7.3.1 Composition of Corn and Yield of Ethanol from Corn. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/672>

³⁴ Renewable Fuels Association. (16/05/18). Ethanol RFA. How is Ethanol Made? <http://www.ethanolrfa.org/how-ethanol-is-made/>

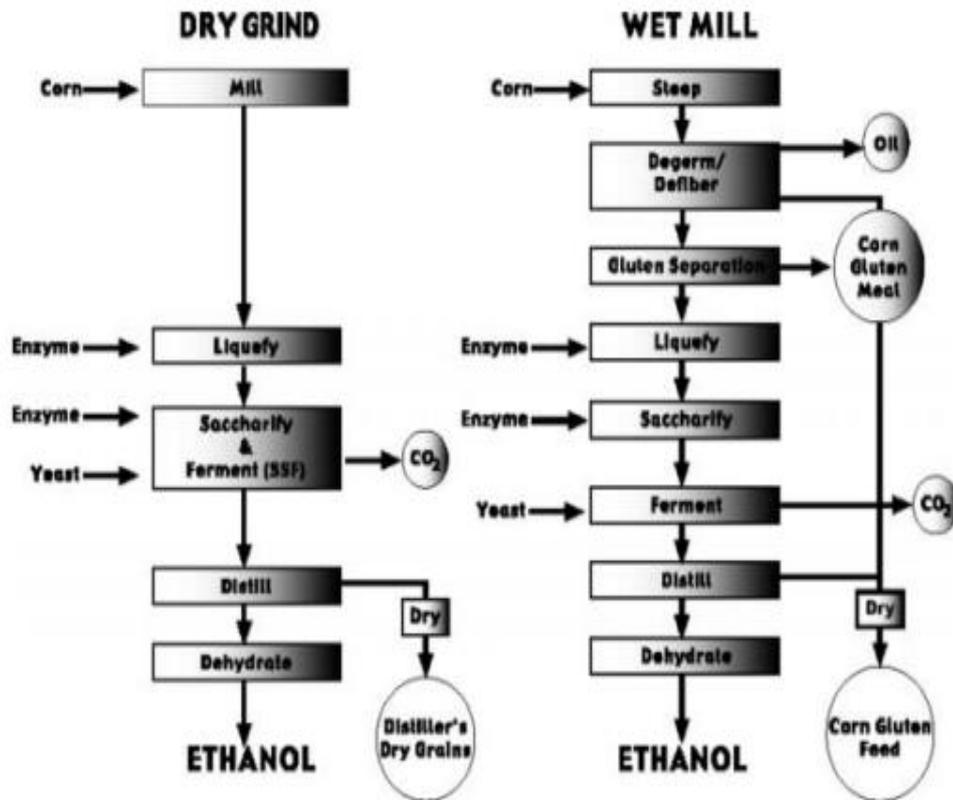


Fig. 53: proceso de producción del bioetanol de maíz.

Molienda húmeda:

La obtención de almidón por molienda húmeda se basa en separar las distintas partes del grano, calentándolo en una solución de ácido sulfúrico. Una vez hecho esto, se deben moler los granos para separar el almidón, la fibra, la proteína y el germen de maíz. Primero pasa por una molienda gruesa en la que se separa el germen, que luego puede ser aprovechado para producir aceite de maíz. Luego se pasa por una molienda fina donde se separa la fibra, el almidón y el gluten³⁵. A partir del almidón obtenido se pasa a la siguiente etapa para obtener bioetanol.

La ventaja de la molienda húmeda es que la misma permite separar mejor los componentes del grano y así obtener productos con mayor valor agregado. En este caso solamente el almidón se fermenta, y el resto del grano se puede aprovechar para generar otros subproductos.

³⁵ Maizar. (17/01/07). Maizar: Sistemas de producción utilizados para obtener etanol. <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=246>

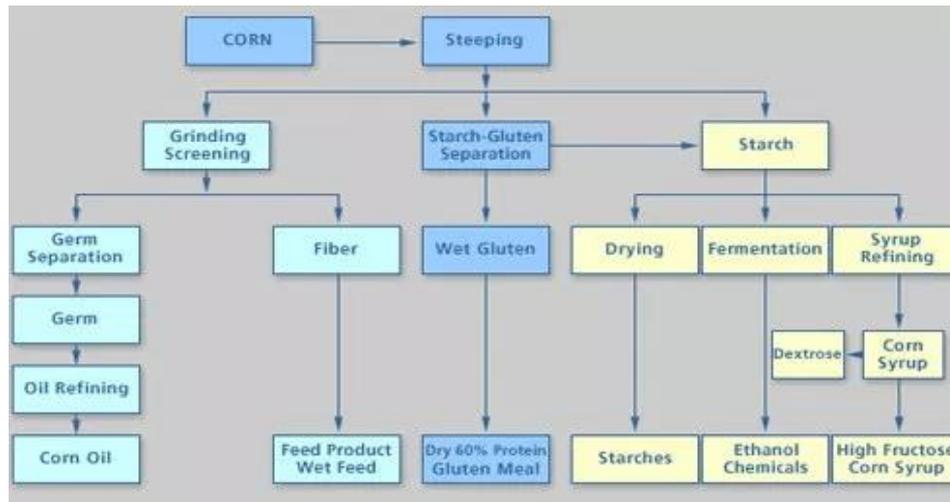


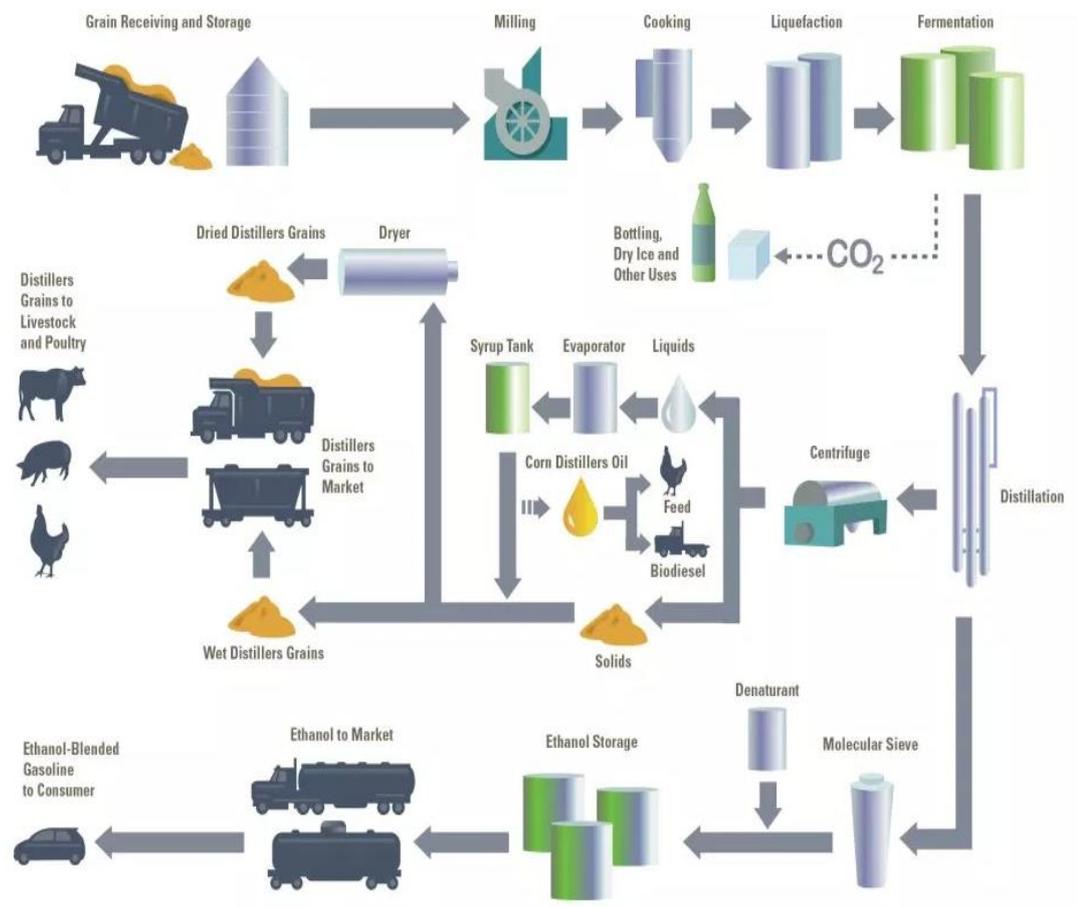
Fig. 54: etapas y posibles subproductos obtenidos a partir de la molienda húmeda. Del almidón de puede elegir obtener almidón concentrado, bioetanol o jarabe de maíz de alta fructuosa³⁶.

Molienda seca:

El proceso de obtención de bioetanol a partir de la molienda seca es más simple que el anterior, con la desventaja de que se obtienen menos subproductos. Los principales productos de este proceso son el bioetanol, CO₂ y la burlanda. Para moler el maíz se utiliza un molino de martillos o de rodillos. En el mismo se muele el maíz para obtener muchas partículas pequeñas y así aumentar la superficie de intercambio del almidón. El tamaño de partículas ideal es de entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Una vez finalizada la molienda se lo mezcla con agua caliente para formar un “puré” de maíz.

³⁶ Burgess Clifford, C. (06/05/18). PennState, e-Education Institute: 7.3.2 How corn is processed to make ethanol. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/673>

DRY MILL
ETHANOL
PROCESS



Source: RFA

Fig. 55: obtención de bioetanol por molienda seca³⁷.

Una vez finalizada esta etapa, el resto de los pasos son iguales para ambos métodos.

Selección tipo de molienda:

Para la selección del tipo de molienda, se tuvo en cuenta las principales ventajas y características de cada operación:

Ventajas molienda seca

- Mayor obtención de bioetanol por tonelada de maíz
- Menor costo de operación
- Menor inversión
- Proceso más simple

³⁷ Renewable Fuels Association. (16/05/18). Ethanol RFA. How is Ethanol Made? <http://www.ethanolrfa.org/how-ethanol-is-made/>

Ventaja molienda húmeda

- Solo fermenta el almidón
- Subproductos de mayor valor agregado
- Más versatilidad ante la volatilidad del mercado por mayor cantidad de subproductos
- Mayor rendimiento económico proveniente de los distintos productos obtenidos

Según nuestro contacto en Vogelbusch, con experiencia en la instalación de la planta de bio4, nos dijo que a pesar de las ventajas de la molienda húmeda, la misma requiere una inversión mucho más alta y tiene mayores costos de operación, por lo que se utiliza en plantas de mayor volumen.

El proceso de molienda seca, por otro lado, está más enfocado en la producción de bioetanol. Tiene rendimientos más altos, requiere menores inversiones y los costos de operación son más bajos. Suele ser utilizado en plantas de menor envergadura, ya que es un proceso más simple.

Dado que la idea del proyecto es hacer una planta de poco volumen para obtener productos de mayor valor agregado con la materia prima producida en el campo, y que el producto principal es el bioetanol, el proceso elegido es el de molienda seca. Por otro lado, también tiene la ventaja de que los subproductos obtenidos (WDG y vinaza) se aprovechan completamente al estar integrados con la producción ganadera sin necesidad de transformarlo en DDGS y jarabe. Esto disminuye mucho el costo de la inversión ya que permite prescindir de un secador y evaporador, y por lo tanto también disminuye los costos de operación.

Asimismo, se sabe que las plantas de bioetanol de Acabio, Bio4, Promaíz y Porta Hnos producen por el método de molienda seca. Es importante tener esto en cuenta ya que al saber que todas las plantas de Argentina usan el método de molienda seca quiere decir que en caso de necesitar soporte o mantenimiento de la planta será relativamente fácil encontrar quien pueda hacerla, mientras que si se decidiera hacer la planta con molienda húmeda se dependería completamente del conocimiento y disponibilidad del proveedor de la tecnología de nuestra planta por cualquier inconveniente.

Cocción y licuefacción

Una vez que se muele el grano, éste se transporta desde los molinos mediante cangilones a un tanque en el que se mezcla con agua y enzimas α -amilasa. En este tanque se llevan a cabo los procesos de cocción y licuefacción. El proceso de cocción consiste en elevar la temperatura de la mezcla para esterilizarla y facilitar la liberación del almidón que contiene el grano. Además, en esta etapa se lleva a cabo la gelatinización de la mezcla.

En la licuefacción se produce una hidrólisis entre el agua y el almidón, que rompe las uniones de azúcar y las convierte en glucosa. Para lograr que esto se lleve a cabo el pH de la mezcla debe mantenerse en un rango entre 5.9 y 6.2, normalmente para lograrlo se agrega amoníaco, ácido sulfúrico o ácido fosfórico. En este caso en particular se usará ácido fosfórico ya que a pesar de ser un poco más caro, es más seguro de utilizar si se va a trabajar al mismo tiempo con producción ganadera ya que garantiza que se pueda dar el subproducto al ganado sin necesidad de tratamientos previos o análisis de laboratorio.

Enzimas³⁸:

Si bien lo más común es utilizar las enzimas previamente mencionadas en estas etapas del proceso, es interesante tener en cuenta otras tecnologías disponibles. Hay una enzima llamada GSHE, que permite saltar la etapa de licuefacción, hidrolizando el almidón a bajas temperaturas al cocinarlo. Si bien esta enzima tiene la ventaja de requerir menos energía en el proceso, reducir los costos operativos y generar menos emisiones, las mismas son más costosas e implican un riesgo de contaminación mayor.

Sacarificación y fermentación

Una vez terminada la licuefacción, el mosto se transporta a través de cañerías a un biorreactor donde se llevan a cabo los procesos de sacarificación y fermentación.

En la sacarificación se hace hidrólisis a la glucosa obtenida en el paso anterior. Para este proceso se usa una enzima llamada glucoamilasa. Para lograr una mayor conversión se requieren condiciones distintas que en la etapa anterior. Se usa un pH de 4,5 y temperaturas de entre 55 y 65°C.

En la fermentación se produce la reacción química final en la producción de bioetanol con la ayuda de levadura. La levadura más usada es *saccharomyces cerevisiae*, el cual es un hongo unicelular. De esta forma un mol de glucosa genera dos moles de etanol y dos moles de dióxido de carbono, según la ecuación presentada a continuación:



Esta reacción ocurre a 30-32°C. Se puede agregar en esta etapa nitrógeno en la forma de sulfato de amonio o urea. También se pueden usar otros aditivos como alguna proteasa para convertir proteínas en aminoácidos que sirvan como nutrientes adicionales para la levadura. Muchas veces también se agrega virginiamicina o penicilina para evitar contaminaciones de bacterias. En este proceso el dióxido de carbono baja el pH, lo cual permite reducir los riesgos de contaminación.

En este proceso alrededor del 90-95% de la glucosa se convierte en etanol.

Existe un proceso que produce la sacarificación y fermentación en un solo paso, llamado Sacarificación y Fermentación Simultánea (SSF por sus siglas en inglés). En este proceso se agrega la enzima glucoamilase y la levadura al mismo tiempo. En este caso se requieren temperaturas más bajas que en el método tradicional de sacarificación, entre 32-35°C, lo que hace que la hidrólisis a glucosa sea más lenta. En este proceso a medida que se forma glucosa la misma es fermentada, lo cual reduce la inhibición de producción de las enzimas. Por este proceso se tienen menores concentraciones iniciales de glucosa, menos riesgo de contaminación y necesidad de energía y se obtienen mejores rendimientos de etanol. Al hacer todo el proceso en un paso se mejoran los costos y se reducen los tiempos.

Destilación y deshidratación

Luego del proceso de fermentación se tiene una mezcla de etanol y agua de entre el 12-15%, junto con sólidos no solubles, por lo que es necesario hacer pasar la mezcla por destiladoras para separar el agua del alcohol. Si bien el agua y el alcohol tienen distinto punto de ebullición (100°C y 78°C respectivamente), debido a su composición

³⁸ Burgess Clifford, C. (06/05/18). PennState, e-Education Institute: 7.3.2 How corn is processed to make ethanol. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/673>

molecular la mezcla forma una solución azeotrópica por lo que por destilación solo se puede obtener una mezcla de 95% etanol como máximo.

Para quitar el agua restante se debe realizar un proceso de deshidratación. En esta etapa se suele usar un tamiz molecular de zeolita, un mineral con una gran capacidad de absorber humedad de forma reversible. Este proceso ocurre de la siguiente manera: se tienen dos unidades filtrantes que van alternando su funcionamiento. Por una de las unidades se hace pasar el etanol hidratado a alta presión, obteniendo a la salida etanol anhidro (99% pureza), una parte de este etanol es enviado al almacenamiento, mientras que la otra se envía a la segunda unidad en la que circula a baja presión para regenerar el tamiz de esa unidad, y la salida de ese etanol es enviada de nuevo a la columna de destilación. Una vez que la zeolita de la unidad a alta presión se satura, se invierte el funcionamiento de las unidades y se continúa filtrando. Cada 3-10 minutos se invierte el funcionamiento de la unidad deshidratadora para llevar a cabo este proceso. Otra forma de regenerar las unidades es aplicando vacío y calor por las mismas.

En este proceso es de especial importancia el tamaño de los poros de la membrana que envuelve la zeolita. La zeolita en realidad atrae tanto etanol como agua, por eso se la envuelve en una membrana cuyo tamaño de poros está definida de forma tal que solamente las moléculas de agua puedan pasar por ellos.

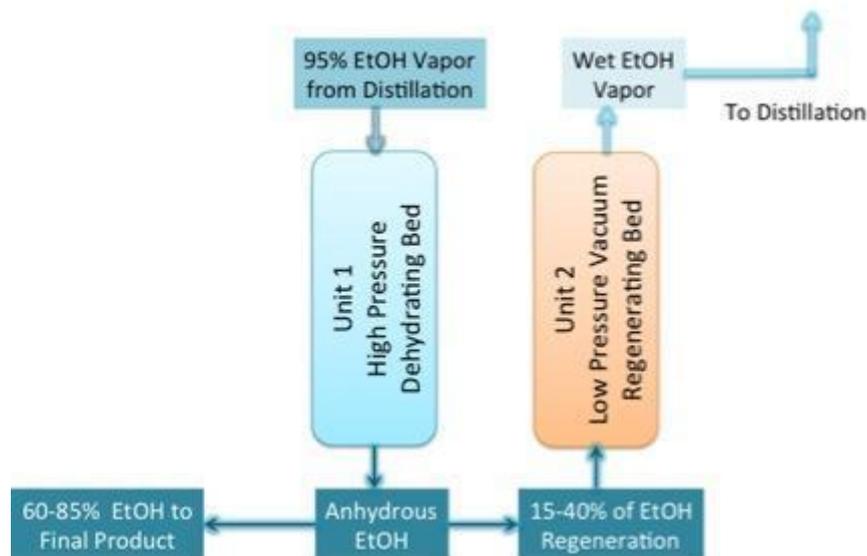


Fig. 56: Esquema deshidratador³⁹.

Subproductos

Luego de la destilación existen una serie de tratamientos que se pueden hacer al subproducto para darle mayor valor agregado. De la destilación sale una especie de burlanda con muy alto contenido de humedad. Se hace pasar a la misma por un separador centrífugo en el que se obtiene por un lado burlanda de maíz húmeda (WDG) y por el otro una vinaza.

La vinaza se puede hacer pasar por un evaporador para obtener un jarabe que se puede mezclar con el WGS para aportar un poco más de valor nutricional, obteniendo burlanda de maíz húmeda con jarabe (WDGS). Por último se seca para reducir el contenido de humedad y obtener mejores condiciones para poder ser almacenado y

³⁹Burgess Clifford, C. (06/05/18). PennState, e-Education Institute: 7.3.2 How corn is processed to make ethanol. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/673>

vendido eventualmente. Este producto es la burlanda de maíz seca con jarabe (DDGS). El producto de esta manera puede ser almacenado y exportado, mientras que cuando tiene alto contenido de humedad solamente se puede almacenar por plazos muy cortos ya que se pudre con mayor facilidad.

Recientemente la empresa Bio4 comenzó a utilizar la vinaza como materia prima en sus biodigestores para producir biogás. Asimismo, la empresa Porta que fabrica las MiniDest y las instala en los campos mismos de los productores recomienda que si el productor tiene cabezas de ganado, se las puede alimentar directamente con la vinaza tal cual como sale del separador centrífugo, y en ese caso tampoco es necesario secar la burlanda ya que la misma se consume directamente en el campo.

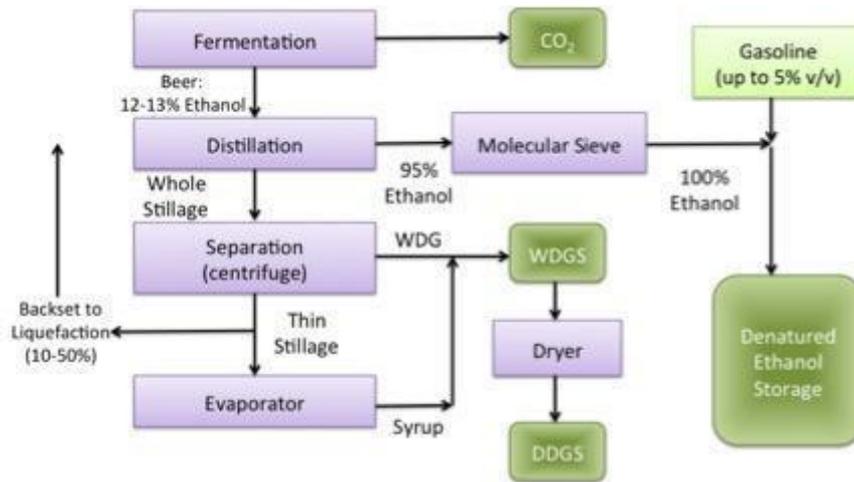


Fig. 57: Esquema de obtención de vinaza⁴⁰.

Balance de línea

Se realizó el balance de línea de la planta a fin de conocer los inputs y outputs de cada proceso, y así poder calcular tanto el número de máquinas como su grado de utilización.

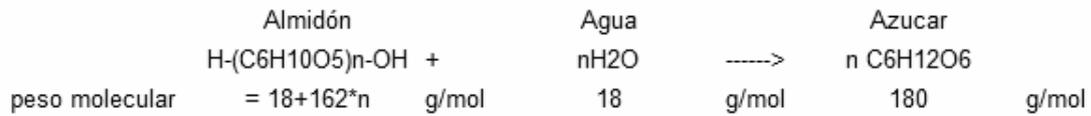
El proceso empieza con la molienda del maíz. Luego de la molienda se realiza la premezcla en la que ocurren los procesos de licuefacción y cocción. Esta etapa requiere de la adición de ácido fosfórico para regular el pH de la mezcla, enzima alfa-amilasa para comenzar el proceso de hidrólisis y reducir la viscosidad de la mezcla y agua. Se calcula que se debe agregar un 1,2% del peso de etanol anhidro de ácido fosfórico, 0,07% del peso del maíz de alfa-amilasa, el cual se agrega en dos etapas durante la cocción y suficiente agua para tener una mezcla de 25% sólidos disueltos.

La siguiente etapa es la sacarificación y fermentación. Aquí se agregan la enzima glucoamilasa (3 kg/ton etanol), levadura (0,2 kg/m³ etanol) y urea (10% de la levadura agregada). En este proceso se genera aproximadamente un tercio del peso original de maíz en CO₂. Con el CO₂ liberado se estima que se pierde un 0,5% de la producción del bioetanol.

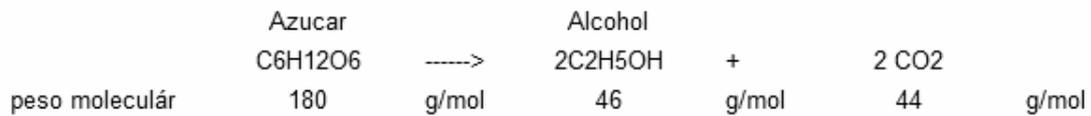
En la destilación se obtienen 0,37 litros de etanol al 95% por kilogramo de maíz. Esta cantidad resulta del siguiente análisis: se parte del supuesto de que se cuenta con maíz con 14% de humedad. Además, se tiene que el maíz contiene 70% de almidón en base seca. De estos datos se obtiene que se cuenta con 0,602 toneladas de almidón por

⁴⁰ Burgess Clifford, C. (06/05/18). PennState, e-Education Institute: 7.3.2 How corn is processed to make ethanol. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/673>

tonelada de maíz (8127 ton almidón/año). A partir del análisis estequiométrico se obtienen los factores de conversión de almidón en azúcar y de azúcar en alcohol:



factor de conversión almidón --> azúcar: $(n*180)/(18+162*n) = 1.11$ $n \gg \gg \gg 1$



factor de conversión azúcar --> alcohol: $2*46/180 = 0.51$

A partir de estos dos factores obtenemos podemos obtener las toneladas teóricas de etanol que se obtienen en el proceso:

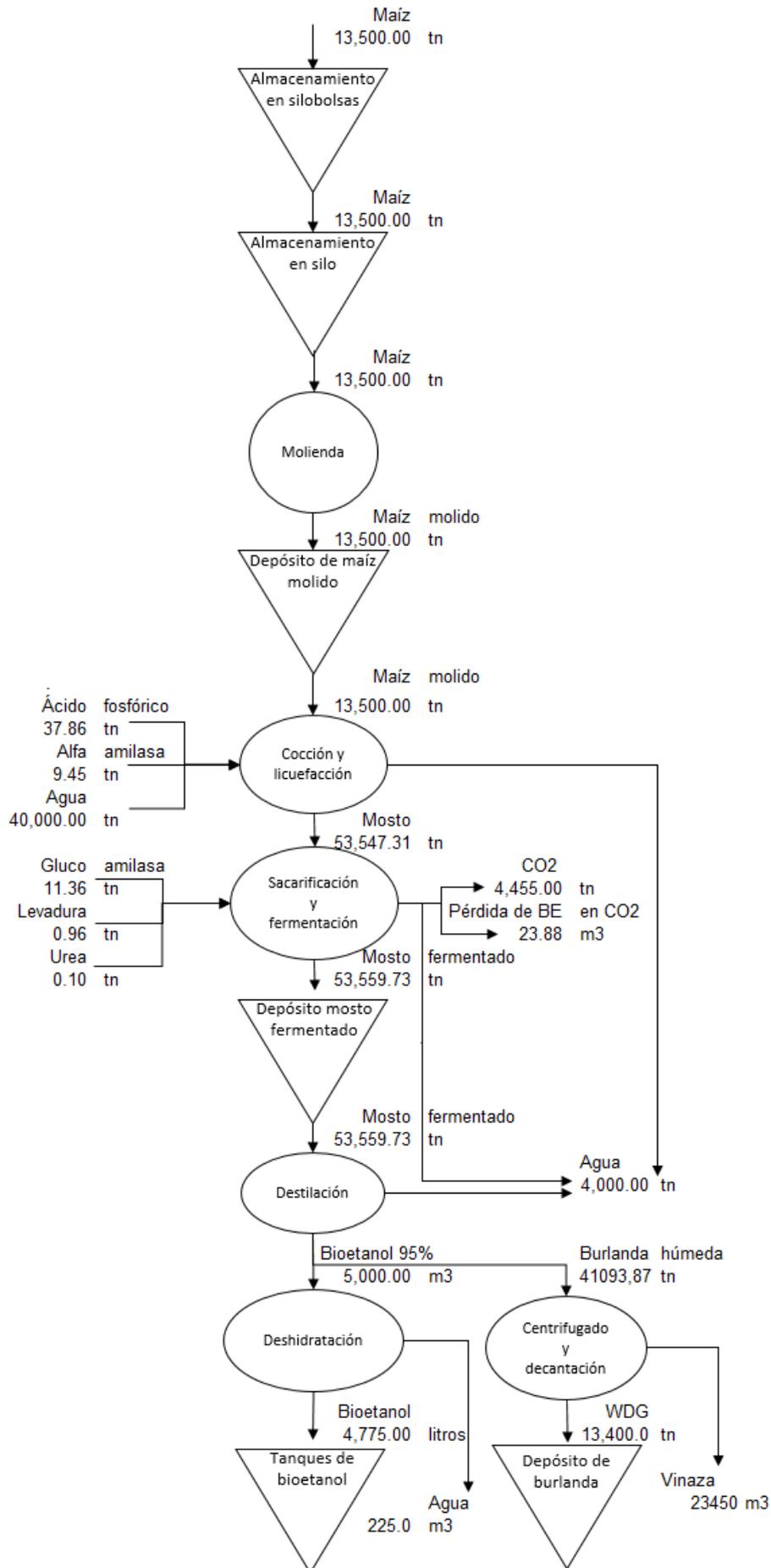
*Toneladas de etanol teóricas = Toneladas de almidón * 1,11 * 0,51*

Al tener en cuenta el rendimiento de la reacción (considerado 85% por ser una planta chica, aunque en plantas de última tecnología puede alcanzar hasta 94%) se llega a las toneladas reales obtenidas:

*Toneladas de etanol reales = Toneladas de etanol teóricas * 0,85*

Estas toneladas se refieren a etanol puro, por lo que para obtener el número final de aproximadamente 0,37 litros de bioetanol por kilogramo de maíz se realiza el pasaje a etanol 95%.

En este proceso además se pierde un 10% del agua incorporada en la licuefacción a lo largo de la producción del bioetanol. Luego de este proceso y de un centrifugado se obtiene la burlanda húmeda y vinaza como subproductos.



Tecnología seleccionada

Teniendo en consideración que la necesidad de producción de la planta es relativamente baja, se optó por instalar la destilería modular MiniDest que ofrece Porta Hnos. La misma tiene una capacidad de producción de 5000m³ anuales. Debido a que la producción de bioetanol está integrada a la producción ganadera, la MiniDest no cuenta con secador y evaporador de burlanda. Tampoco tiene un deshidratador debido a que originalmente Porta consideró que lo mejor sería deshidratar toda la producción de las MiniDest en la planta propia. Sin embargo, por temas de distancia a la planta de Porta y estrategia comercial, se determinó instalar un deshidratador. Porta provee también un software de control a distancia de la MiniDest, denominado ControlDest, el cual es operado remotamente por ellos mismos.

Tanto en la MiniDest como en cualquier planta de producción de bioetanol se trabajan las 24hs del día, 335 días al año. Se consideran 30 días al año para realizar el mantenimiento preventivo de los equipos así como una limpieza integral de los mismos. Al tener el sistema de control a distancia, la única dotación que requiere la planta es de 1 persona por turno, que al trabajar 4 turnos diarios implica una dotación de 4 personas.

Almacenamiento de maíz

La cosecha de maíz se realiza normalmente entre los meses de abril y julio, el maíz temprano se cosecha en Marzo y el tardío en Julio la calidad de los mismo es similares, por lo que es necesario tener en cuenta cómo se obtendrá el volumen de maíz requerido para satisfacer la necesidad de la planta durante los 8 meses restantes. El requerimiento de almacenamiento para la planta se divide en dos partes: la producción propia y la de productores vecinos.

El maíz proveniente de la cosecha propia se almacenará inicialmente en silo bolsas ubicadas en las inmediaciones de la planta, en una zona de altura para preservar correctamente la humedad y la calidad del maíz, asegurando al mismo tiempo un fácil acceso desde la planta. El maíz se cosecha con una humedad de 14%, según informó un productor de la zona, y la MiniDest considera para su proceso una cantidad máxima de humedad de 16%. Normalmente no se cosecha el maíz si la humedad contenida es mayor a la especificada, salvo casos muy extremos. Existe la opción de enviar el maíz a secar a un acopio y almacenarlo después, pero el costo del flete y secado es muy alto y no vale la pena. En los pocos casos en los que la humedad del grano es demasiado alta, el mismo se destina directamente a la alimentación del ganado.

La cantidad de maíz producido en el establecimiento en promedio de los últimos 8 años es de 3560 toneladas. El beneficio de almacenar el maíz de esta manera es que a la hora de transportar el maíz a la planta se pueden usar los volcadores propios del establecimiento sin necesidad de contratar un camión cuyo costo es mucho mayor. Este mismo beneficio aplica en los casos en que se compre el maíz a los campos vecinos. Asimismo, el establecimiento San Antonio actualmente opera almacenando el maíz cosechado en silobolsas, por lo que ya tiene espacios del campo dedicados al almacenamiento y no se necesitará prescindir de espacio cultivable adicional para almacenarlo, aunque sí se necesite mover los silos de lugar para colocarlos cerca de la planta.

Para armar los silo bolsa solo se necesitará el nylon, un tractor enganchado a una embolsadora y un solo operario que maneje el tractor. Este proceso de embolsado es común tercerizarlo, tiene un costo de 1.7 dólares por tonelada para embolsar y cuesta lo mismo sacarlo de la bolsa para cargarlo en un camión y llevarlo a la planta. Asimismo, el

costo del nylon del silobolsa es de 350 U\$S por bolsa de 75 metros de largo. Se calcula que se pierden unos 5 metros de silobolsa al cerrarla por lo que los metros de largo que tiene efectivamente el silobolsa en este establecimiento es de 70 metros.

El tamaño de la zona de almacenamiento se calculó de la siguiente manera:

- Largo de las bolsas = 70 metros.
- Toneladas por metro = 3.5 tn/m.
- Ancho de bolsas = 2 metros.
- Corredor entre bolsas= 1 metros.
- Stock máximo=

$$\text{Bolsas} = \text{stock máximo} / (3.5 * 70)$$

$$\text{Bolsas} = 3560 \text{ tn} / (3.5 * 70)$$

$$\text{Bolsas} = 15$$

$$\text{Superficie} = \text{Largo} * \text{bolsas} * (\text{Ancho} + \text{corredor})$$

$$\text{Superficie} = 70 * 15 * 3$$

$$\text{Superficie} = 3150 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie} = 0.315 \text{ ha}$$



Fig. 58: distribución de silobolsas.

El resto del insumo necesario para operar la planta se irá comprando a lo largo del año, a medida que sea necesario tener la materia prima. En el momento correspondiente se comprará a los productores locales quienes normalmente almacenan el maíz producido en silobolsas. En cuanto a la variación de los precios, existe una mínima baja en el precio en los momentos de cosecha pero no es significativa, por lo tanto no es necesario comprar todo el maíz necesario en el período de la cosecha. De esta manera se evita tener un stock de maíz excepcionalmente grande en el establecimiento propio.

Por otro lado, también será necesario contar con un silo integrado a la planta que tendrá como fin asegurar el abastecimiento continuo de la planta por cierto período, principalmente para protegerse del riesgo de que debido a lluvias o algún otro factor externo no sea posible transportar el maíz desde los silobolsas hasta la planta. El

proveedor local⁴¹ de silos produce silos cuya capacidad puede variar entre 10 y 120 toneladas. Se decidió que se tendrán 6 días de stock de seguridad de maíz, considerando que es muy poco probable que llueva lo suficiente como para que no se pueda sacar maíz por más tiempo que eso. Por esa razón se tendrán 2 silos de capacidad de almacenamiento de 120 toneladas cada uno.

Molienda seca

El objetivo de la molienda es moler el grano de maíz para lograr una granulometría adecuada, dejando expuesto el almidón. Para esto existen dos tipos de equipos: molino de rodillos y molino de martillo. En la industria se utiliza típicamente el molino de martillos. Particularmente las pequeñas plantas los usan debido al poco espacio físico que ocupa con respecto al molino de rodillos, facilitando de esta manera el layout. Este método permite conseguir partículas más pequeñas sin necesidad de re proceso, logrando mayor eficiencia. Por otro lado, el molino de rodillos consume menos energía ya que no necesita tanta potencia para hacer girar los rodillos. Al mismo tiempo este método precisa más cuidado para asegurarse que los granos queden bien distribuidos a lo largo de los rodillos y se logre una buena reducción. Otra desventaja que presentan los molinos de rodillos es el mantenimiento que requieren, ya que distinguir cuándo un rodillo está gastado y cambiarlos es una tarea que resulta muy compleja

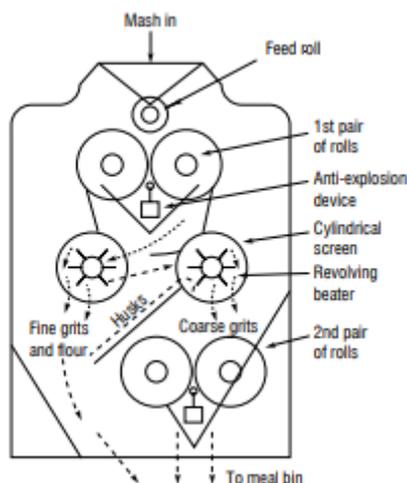


Fig. 59: Esquema de un molino de rodillos⁴²

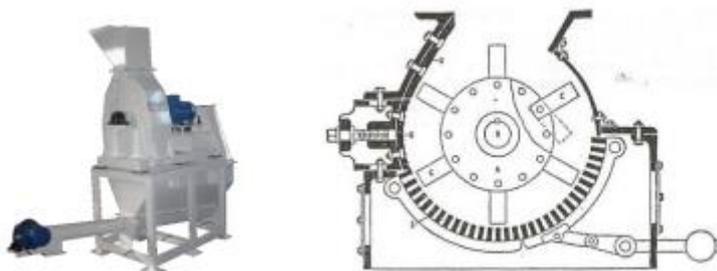


Fig. 60: Esquema de un molino de rodillos.

⁴¹ Colonia Menonita: Silos aéreos. (05/06/18)
http://www.coloniamenonita.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=32

⁴² Jacques K.A., Lyons, T. P. and Kelsall, D.R. (2003). The Alcohol Textbook (4th Ed.). Nottingham, United Kingdom. Nottingham University Press.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2993570/mod_resource/content/1/The_Alcohol_Textbook-%204%20Ed.pdf

Para poder moler las 13.500 tn/año de maíz, la capacidad del proceso mínima tiene que ser de 40,3 tn/día. Como no se obtuvo información acerca de la capacidad de los molinos proveídos por Porta Hnos se buscaron otras tecnologías que se adecuarán a nuestras necesidades. Se encontró un molino de martillos de tecnología argentina TUR S.A modelo TM0490-030⁴³, que tiene una capacidad teórica de 52,8 tn/día.

Tanque de premezcla, cocción y licuefacción

En el tanque de premezcla se llevan a cabo los procesos de premezcla, cocción y licuefacción. El equipo tiene que contar con sistemas de agitación, de inyección de vapor y una camisa de refrigeración para regular la temperatura de los procesos que ocurren en su interior.

La etapa de pre mezcla se lleva a cabo a una temperatura de 40°C-60°C y tiene una duración aproximada de 10 minutos. La siguiente etapa es la de cocción, proceso que dura en promedio unos 60 minutos y se realiza a una temperatura de 90°C-120°C. La siguiente etapa es la licuefacción, llevada a cabo en 90 minutos a 90°C. Por otro lado, el llenado y vaciado tardan 10 minutos, mientras que el lavado del equipo tarda otros 10 minutos. La duración total de todos los procesos es de 3 horas. En un día se pueden procesar 8 lotes de premezcla⁴⁴.

Para calcular el volumen mínimo del tanque se consideró que el volumen total a procesar diariamente es la suma de el volumen de maíz molido y el agua que ingresan. El volumen a procesar por este equipo es de 185 m³/día. Tomando en consideración que se trabajan 8 lotes diarios, se calculó que el volumen necesario para este tanque es de 23,05 m³. A pesar de no tener información exacta de la capacidad de este tanque, en una entrevista con un productor que tiene una MiniDest en su campo, estimó que este tanque debe tener una capacidad de entre 25m³ y 30m³.

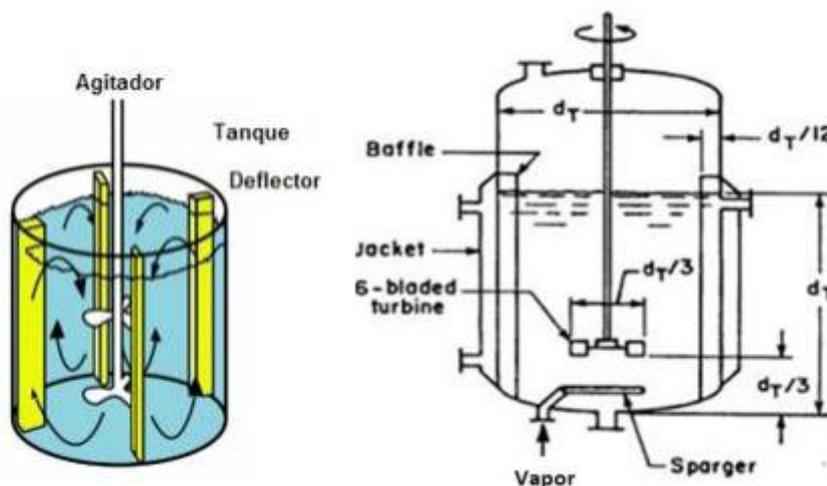


Fig. 61: Esquema de un molino de rodillos

⁴³ TUR S.A.: Hoja de datos. (12/06/18).

<http://www.tursca.com.ar/Catalogo%20MOLINO%20A%20MARTILLOS%20M770.pdf>

⁴⁴ Gómez García, F. (2015). Universidad de Sevilla: Ingeniería de procesos de planta de fabricación de etanol con una capacidad de 20.000 tm/año.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20453/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera.pdf>

Tanque de sacarificación y fermentación

En la etapa de fermentación se utiliza un biorreactor y este proceso puede ser continuo o en batch.

La fermentación continua tiene varios beneficios. El costo del equipo y los costos de operación son relativamente bajos, tiene un excelente rendimiento y productividad, y permite una mayor automatización del proceso.

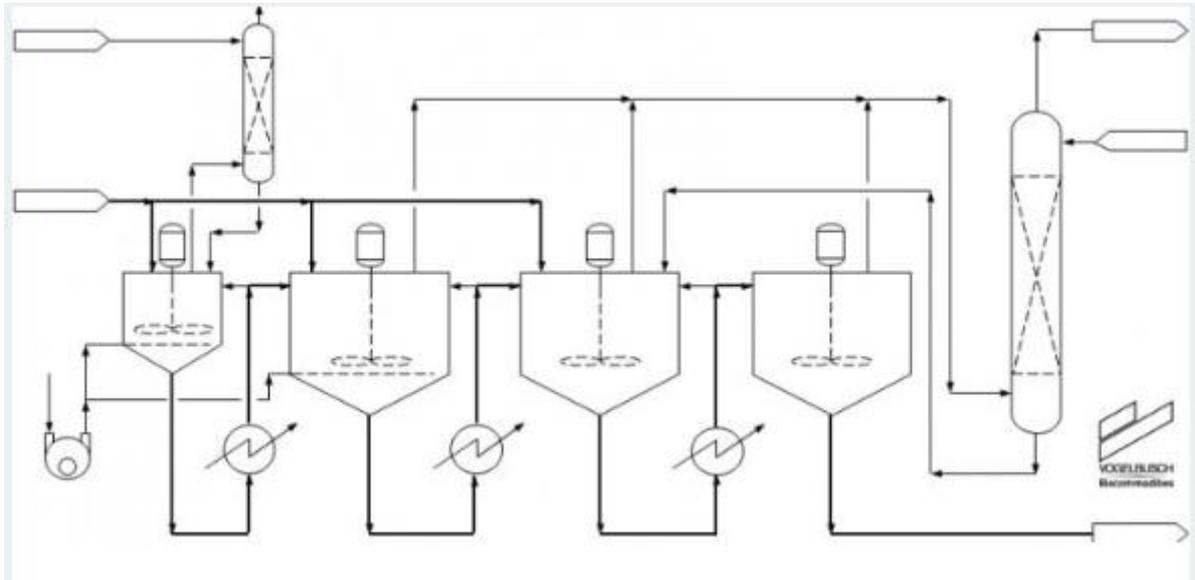


Fig. 62: Diagrama de fermentación continua⁴⁵

Para realizar la fermentación utilizando un sistema continuo se hace pasar la glucosa por una serie de 4 a 7 fermentadores en los que va aumentando la concentración del alcohol. A medida que ingresa cierta cantidad de glucosa al sistema, la misma cantidad va saliendo por el final. Los niveles y la temperatura se controlan automáticamente y el sistema requiere de una supervisión mínima. Para favorecer el crecimiento de la levadura se agrega en las primeras etapas del fermentador nutrientes y aire. Todos los equipos fermentadores tienen agitadores para asegurar un mezclado correcto y evitar la suspensión y sedimentación de materiales y células de levadura. Luego se alimenta el destilador con el alcohol obtenido de este proceso. Los tanques de mayor tamaño de la firma Vogelbusch tienen una capacidad de 5000 m³.

Por el otro lado la fermentación en batch consiste en agregarle una solución esterilizada con microorganismos y nutrientes necesarios para que la reacción detallada anteriormente se lleve a cabo. Como ya se mencionan la duración es entre 2-3 días y alrededor de los 30°C. Durante el proceso no se le agrega nada a la reacción más que oxígeno, también se regula el PH y se lo mantiene en movimiento mediante un agitador. Una vez terminada la reacción se vacía el biorreactor y se desinfecta, esta operación es de vital importancia ya que en el caso de que el desinfectado sea deficiente el próximo lote correrá el riesgo de infectarse y que se pierda todo el lote.

⁴⁵ Vogelbusch: The Multicont Process. (06/06/18). <https://www.vogelbusch-biocommodities.com/process-units/fermentation/multicont-fermentation/>

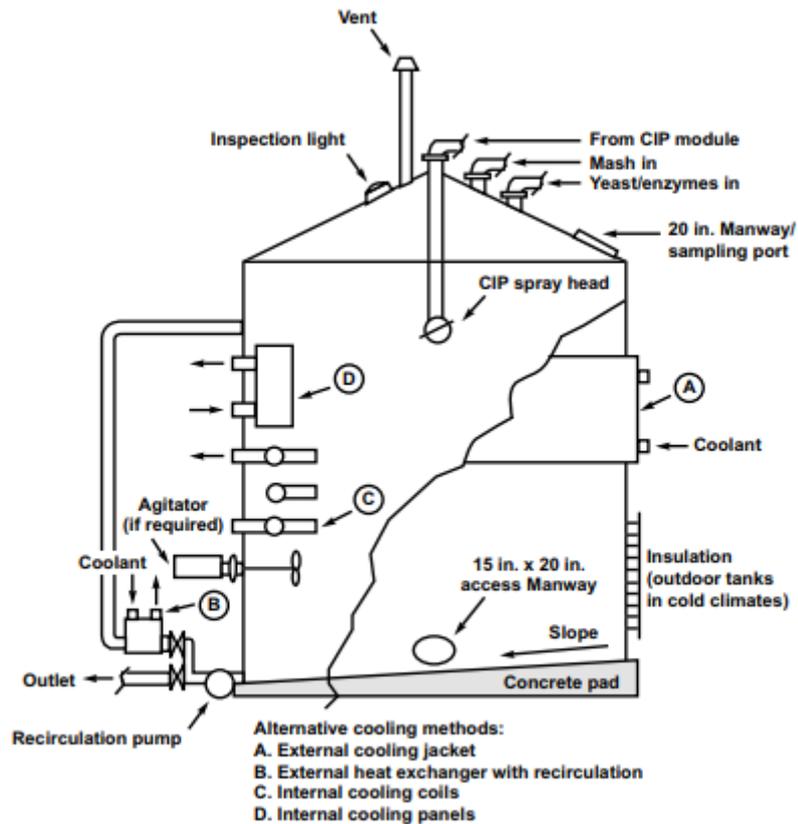


Fig. 63: esquema de biorreactor utilizado para fermentación en batch⁴⁶.

Para analizar la conveniencia de cada uno se confeccionó una tabla con las ventajas y desventajas de cada uno.

Batch	Continua
Requiere más mano de obra.	Bajo costos de operación
Mayor costo de levadura	Menor riesgo de infección
Leves pérdidas por causa de una infección	Grandes pérdidas debido a una infección
Se logra un alto rendimiento en la reacción	Mayor velocidad en reaccionar
Mayor flexibilidad de alimentación	Automatizada casi en su totalidad

⁴⁶ Jacques K.A., Lyons, T. P. and Kelsall, D.R. (2003). The Alcohol Textbook (4th Ed.). Nottingham, United Kingdom. Nottingham University Press.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2993570/mod_resource/content/1/The_Alcohol_Textbook-%204%20Ed.pdf

Viendo la situación actual en Argentina, se vió que en general se utiliza el tipo batch para destilerías más pequeñas y la modalidad de continuo para las de gran tamaño, por ejemplo Promaíz. Esta tendencia se debe a que las destilerías grandes poseen su propio laboratorio y por lo tanto tienen la capacidad de medir constantemente la concentración de ácido láctico y ver automáticamente si la mezcla está infectada o no, eliminando el riesgo a tener grandes pérdidas por una infección. A pesar de que en la fermentación de tipo continuo el riesgo a infección es bajo debido a que cuando el mosto sale del primer fermentador ya contiene un grado de 6/7% de alcohol que actúa como desinfectante en los siguientes reactores, no se puede tomar el riesgo a que se infecte porque es mucho volumen el que se perdería. Por otro lado la fermentación de tipo batch tiene un riesgo más alto de infección pero tiene la ventaja que después de cada reacción se realiza una limpieza y se desinfecta el reactor. De esta manera se mitiga el riesgo, ya que si ocurre una infección sólo se ve afectado un batch.

Luego de consultar esto con un técnico de la firma austríaca Vogelbusch, se confirmó que esta es la principal causa por la cual las plantas de menor tamaño prefieren fermentadores tipo batch aunque se tenga que pagar más por la levadura y por la mano de obra, por lo que se decidió utilizar este método.

Los procesos realizados en el biorreactor tienen una duración aproximada de 60 horas, es decir, 2 días y medio. Para determinar el volumen requerido para los biorreactores se estimó que este será el mismo de lo que entra al tanque de premezcla, es decir, 185m³ diarios. Como el proceso dura 60 horas, se deberán tener 3 tanques de fermentación para lograr un proceso casi continuo en el que se pueda obtener producto todos los días. En estos tres tanques se procesará la producción correspondiente a 2 días y medio, por lo tanto cada tanque deberá tener una capacidad de al menos 155m³. Según lo informado por un productor con una MiniDest en su campo, se estima que la misma viene equipada con 3 tanques de 160m³.

Una vez finalizada la fermentación se requiere un tanque pulmón intermedio antes de la destilación para poder abastecer el destilador de manera continua y poder comenzar con el siguiente lote en el fermentador. La capacidad del tanque intermedio será la misma que la de un tanque del fermentador, es decir, 160m³.

Torre de destilación y enfriamiento

Esta etapa tiene por objetivo separar el contenido del output de la fermentación. A la columna de destilación entra el mosto que sale del tanque de fermentación. Por abajo sale la fase con sólidos insolubles (vinazas) que luego irán al separador centrífugo. Por arriba sale el etanol E95 en estado gaseoso que tiene que pasar por la torre de enfriamiento para llevarlo a fase líquida para su posterior deshidratación.

La capacidad necesaria para la torre de destilación es de 184,51 m³/día. La capacidad teórica de la torre que brinda MiniDest, según lo averiguado, es de 200 m³/día con lo cual basta con una sola torre, con su respectiva torre de enfriamiento con capacidad para enfriar aproximadamente 15 m³ de bioetanol E95 por día. Para el fin del estudio de requerimiento de equipos, se toma a la torre de destilación y la de enfriamiento como un sólo equipo, ya que el proveedor lo entrega de esta manera.

Tamices moleculares

Para transformar el bioetanol E95 en bioetanol anhidro se utiliza un sistema de tamices moleculares. Este sistema es el más utilizado actualmente en las plantas modernas. Se utilizan tamices del tipo 3Å. Como la molécula del agua tiene un diámetro

menor que el de los caminos intersticiales del tamiz, esta es adsorbida por material. En cambio, las moléculas de bioetanol, con mayor diámetro, abandonan el lecho sin adsorberse.

La capacidad requerida para los tamices es de 14,92 m³/día. Las MiniDest no traen incorporado en su diseño los tamices, con lo cual se investigó cuál es la capacidad de los tamices Vogelbusch, tecnología utilizada por la planta de Promaíz. Los de menor capacidad deshidratan 10 m³ de alcohol por día, con lo cual se necesitan dos equipos.

Centrifugación

Luego de la destilación, la mezcla de sólidos insolubles y vinaza deben ser separados en sus componentes sólidos (burlanda húmeda) y líquidos (vinaza). Si bien hay una variedad de tecnologías disponibles para este proceso, la opción elegida es un decantador centrífugo. En este equipo entra por un extremo la mezcla y se conduce a un tornillo que gira a alta velocidad. Por la fuerza centrífuga, el material sólido queda adosado a las paredes y el líquido sigue su curso, por lo que por un lado del centrifugador se obtiene la vinaza y por el otro la burlanda.



Fig.64 : esquema de un centrifugador.

El decantador centrífugo procesa todo lo que pasa por el destilador salvo el bioetanol obtenido. Esto significa unos 169,59 m³ diarios. La información disponible es que la MiniDest tiene un decantador de capacidad 200m³/día.

Equipos auxiliares:

Adicionalmente a los equipos principales previamente mencionados, hay algunos equipos auxiliares necesarios para la producción. Se debe instalar una caldera para la producción de vapor, tanques para el almacenamiento de GLP, dado que no hay una distribución de gas natural en el establecimiento San Antonio, bombas, cañerías, tanque de almacenamiento de bioetanol anhidro, tanque de almacenamiento de burlanda y tolvas.

Utilización de equipos

En la siguiente tabla se detalla cuál es la utilización de cada equipo:

Equipo	Capacidad teórica equipos	Rend.	Capacidad real	Capacidad requerida	Cantidad equipos	Utilización
Molino TUR S.A. (tn/día)	52,8	95,00%	50,16	40,30	1	80,34%
Tanque Premezcla (m3/día)	Tanque: 25m3 Capacidad:200 m3/día	95,00%	190	184,51	1	97,11%
Tanque Fermentación (m3/día)	Tanque:160 m3 Capacidad:64 m3/día	97,00%	62,08	184,51	3	99,07%
Torre destilación (m3/día)	200	95,00%	190	184,51	1	97,11%
Tamices moleculares Vogelbusch (m3/día)	10	95,00%	9,5	14,93	2	78,55%
Centrifugado (m3/día)	200	95,00%	190	169,59	1	89,26%

Tabla 22: equipos y utilización de los mismos.

Cuello de Botella

Como se puede concluir a partir del análisis anterior, el cuello de botella del proceso es la fermentación. Esto tiene sentido debido a que esta es la etapa clave de la producción del bioetanol, en la que se convierte toda la glucosa en bioetanol y por lo tanto es donde se obtiene el producto de valor de la planta.

Plan de Producción

Dado que la tecnología seleccionada para la producción de bioetanol es proveída por MiniDest, y que la misma se instala desde un primer momento para producir la capacidad máxima de la planta, se determinó que desde un primer momento se va a producir a la capacidad máxima de la misma. Asimismo, como Porta compra inicialmente la producción de bioetanol, y luego de la liberación del mercado el producto será un commodity, no hay riesgo de escasez de demanda.

Consumos/ producción anual	Insumo									Producto		
	Maiz (tn)	Agua (m3)	Ácido Fosfórico (tn)	Alfa-amilasa (tn)	Gluco-amilasa (tn)	Urea (tn)	Levadura (tn)	GLP (tn)	Energía (KWH)	Bioetanol Anhidro (m3)	WDG (tn)	Vinaza (m3)
Año 1	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 2	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 3	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 4	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 5	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 6	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 7	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 8	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 9	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450
Año 10	13.500	40.000	37,9	9,5	11,4	0,096	0,96	670	1.206.000	4.775	13.400	23.450

Tabla 23: plan de producción.

Impacto ambiental

En esta sección se analizará el impacto negativo o positivo que tendrá la instalación de una planta de esta envergadura para el ambiente.

El principal punto a favor que tiene la producción de bioetanol para el ambiente es el fin para cual está destinado el bioetanol, reemplazar los combustibles fósiles que como todos sabemos tienen un alto impacto negativo en el mundo. Se puede decir que es una tendencia mundial intentar reducir el efecto invernadero y para esto es obligatorio no depender de los combustibles fósiles, aunque es cierto que siempre una proporción de la matriz energética mundial va a estar ocupada por estos combustibles.

Hoy en día el bioetanol se utiliza en distintas proporciones mezcladas con la nafta para, llegado al punto que en Brasil ya se puede cargar solamente bioetanol.

Según un estudio realizado por el INTA⁴⁷ en donde analizaron la huella de carbono liberada por las naftas en Argentina, calcularon que debido al corte del 12% las emisiones son de 29 gramos de dióxido de carbono por megajoule de energía generada, cuando en la unión europea este número es de 89 gramos. Además al momento de comprar con el resto de los países, asegura que la gran diferencia está en el reducido secado que se hace en Argentina. En La Argentina el nivel máximo de humedad en el maíz que se acepta es de 14.8% (Puerto de Rosario), esto se logra sin necesidad de secado debido a las favorables condiciones climáticas que existen en el país. Cabe destacar que existe la posibilidad de secar si es necesario y los precios establecidos por cualquier acopio ronda los 3U\$D por tonelada de secado. En cambio en EEUU al momento de cosecha se registra una humedad del 28%, este grado de humedad aporta mucho más CO₂ a la huella de carbono por kilo de maíz producido.

Por otro lado es cierto que en la producción de bioetanol se produce CO₂ luego de la fermentación, también se liberan grandes cantidades de materiales agresivos para el ambiente en las primeras etapas de la producción. Sin embargo el balance energético es positivo ya que la energía liberada por la combustión de etanol es mucho mayor que la energía utilizada para su producción. Existen mejoras en donde es posible captar los gases que salen de la fermentación pero sería inviable económicamente para una planta del tamaño que estamos estudiando además de que no existe un mercado para vender ese CO₂, de todas formas las cantidades emitidas no son significativas.

Layout

En esta sección se realizó un posible layout identificando dónde está situado el establecimiento y en qué posición se propone instalar la planta.

Identificamos en google maps la ubicación del campo indicando claramente donde estaría situada la planta y mostrando la cercanía a ruta, hay un tendido eléctrico que pasa por los puntos que dice “destilería” y “ceballos”. El agua se obtiene de las perforaciones cercanas para los bebederos de los animales.

⁴⁷Mesquida, F. (05/09/17). Infocampo: con bioetanol lograron reducir hasta un 65% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. <http://www.infocampo.com.ar/con-bioetanol-lograron-reducir-hasta-un-65-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero/>

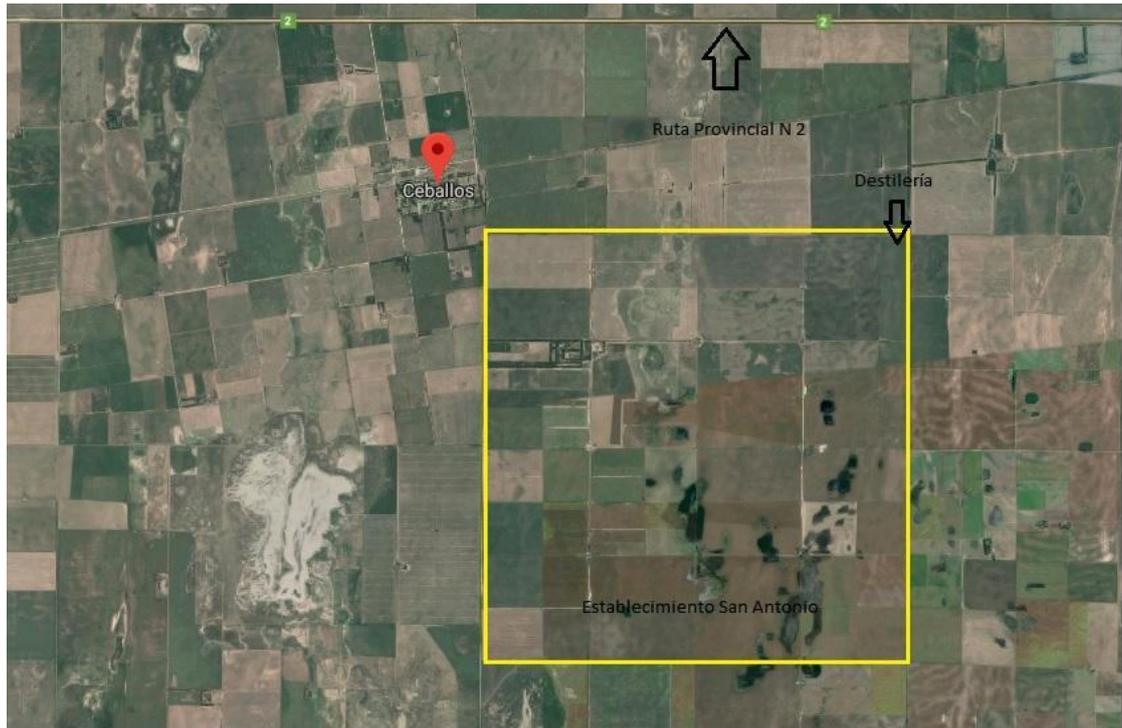


Fig. 65: localización del establecimiento San Antonio.

A continuación se esquematizan el layout propiamente dicho. Se consideraron dos zonas donde es fundamental saber que hay compuestos explosivos o se pueden mezclar con otras cosas y tornarse explosivos, por eso se marcaron el rojo y se llamaron “zona ATEX”.

Otra cosa que hay que mencionar para entender mejor el esquema es que no se representaron los sistemas de ventilación y que toda la planta está a la intemperie en su totalidad.

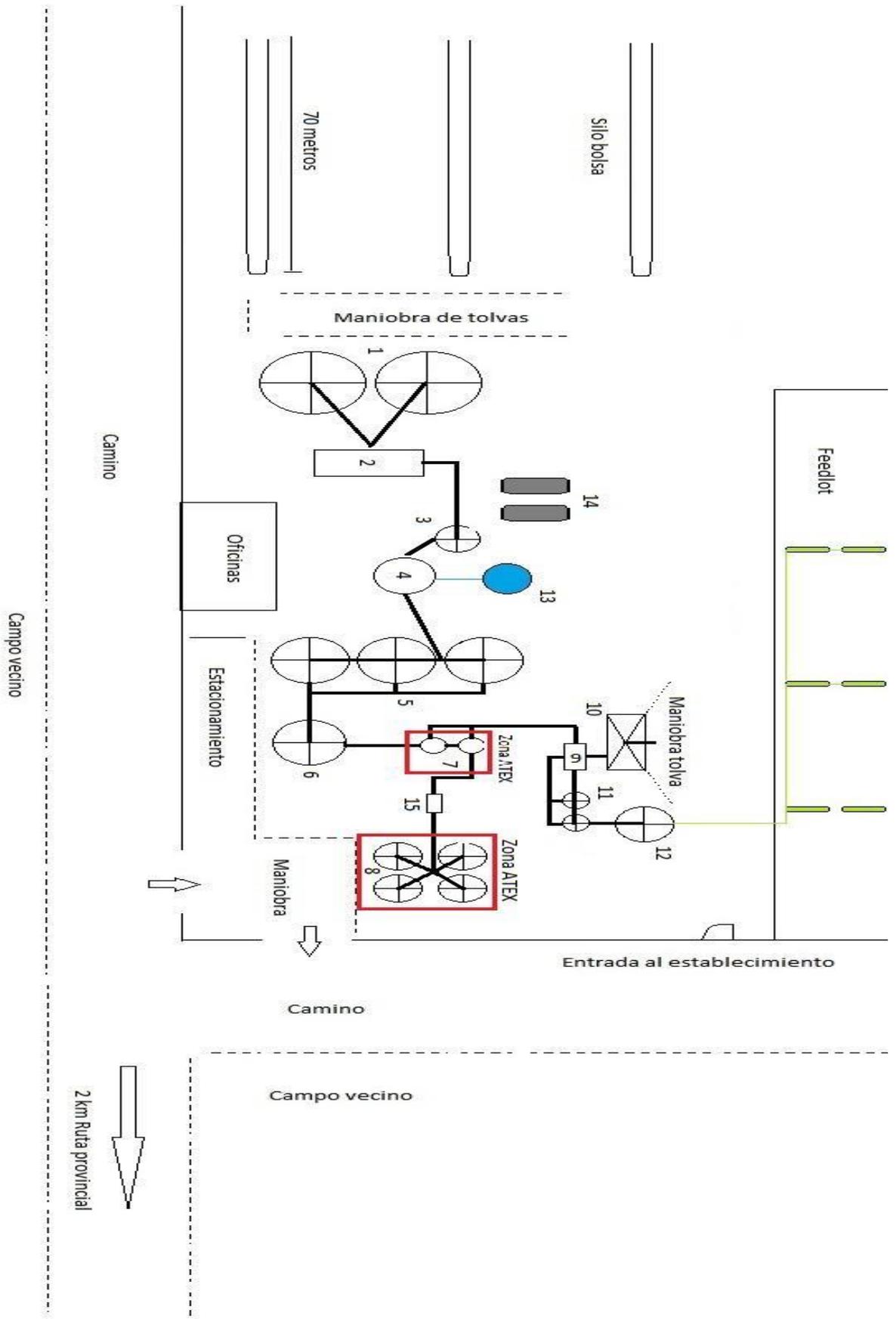


Fig. 66: layout.

- 1-Silos
- 2-Molino
- 3-Silo Pulmón
- 4-Tanque de premezcla
- 5-Tanques fermentación
- 6-Tanque pulmón
- 7- Torre destilación y Torre enfriamiento
- 8-Tanques bioetanol
- 9-Centrifugador
- 10-Almacén de burlanda
- 11-Tanque decantación y desengrasado
- 12-Tanque vinaza liviana
- 13-Tanque de agua
- 14-Tanques de gas
- 15-Membranas

Análisis económico-financiero

Sistema de costeo

Se decidió trabajar con el sistema de costeo directo debido a que la naturaleza del negocio hace que se venda todo lo que se produce. Por esta razón el nivel de inventario es constante y prácticamente insignificante respecto del volumen vendido, ya que normalmente no se tiene más de 3 días de producto terminado de stock. A raíz de lo analizado anteriormente se podría decir que la mayoría de las desventajas de usar costeo directo no impactan fuertemente y es posible simplificar el análisis usando este método.

Proyecciones utilizadas

Para realizar el análisis se usaron las proyecciones de precios (de compra de materia prima y venta de producto), inflación y cotización del dólar estudiadas en el análisis de mercado. A continuación se presenta un resumen de todas las proyecciones utilizadas.

Todos los precios estan en miles de pesos argentinos											
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Precios productos											
Bioetanol Anhidro (\$/m3)		\$11,58	\$13,42	\$15,48	\$17,39	\$19,22	\$20,99	\$22,04	\$23,14	\$24,29	\$25,51
WDG (\$/tn)		\$1,00	\$1,10	\$1,27	\$1,43	\$1,58	\$1,73	\$1,81	\$1,91	\$2,00	\$2,10
Vinaza (\$/m3)		\$0,15	\$0,18	\$0,21	\$0,23	\$0,26	\$0,28	\$0,30	\$0,31	\$0,33	\$0,34
Costos insumos											
Maiz		\$3,34	\$3,68	\$4,25	\$4,77	\$5,28	\$5,76	\$6,05	\$6,35	\$6,67	\$7,00
Dto flete		-\$1,00	-\$1,23	-\$1,42	-\$1,59	-\$1,76	-\$1,92	-\$2,01	-\$2,12	-\$2,22	-\$2,33
Ácido Fosfórico		\$19,78	\$24,27	\$28,01	\$31,46	\$34,76	\$37,96	\$39,85	\$41,85	\$43,94	\$46,14
Alfa-amilasa (alibaba 5,6 usd/kg)		\$128,80	\$158,01	\$182,36	\$204,83	\$226,38	\$247,16	\$259,52	\$272,49	\$286,12	\$300,42
Glucosa-amilasa		\$9,20	\$11,29	\$13,03	\$14,63	\$16,17	\$17,65	\$18,54	\$19,46	\$20,44	\$21,46
Urea		\$13,80	\$16,93	\$19,54	\$21,95	\$24,25	\$26,48	\$27,81	\$29,20	\$30,66	\$32,19
Levadura		\$29,90	\$36,68	\$42,33	\$47,55	\$52,55	\$57,38	\$60,24	\$63,26	\$66,42	\$69,74
GLP		\$10,25	\$12,57	\$14,51	\$16,30	\$18,01	\$19,66	\$20,65	\$21,68	\$22,76	\$23,90
Energía		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,01	\$0,01	\$0,01	\$0,01	\$0,01
Gasoil		\$0,02	\$0,03	\$0,03	\$0,03	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,04	\$0,05	\$0,05
Control Dest		\$2.208,00	\$2.438,40	\$2.813,76	\$3.161,28	\$3.493,44	\$3.814,08	\$4.005,12	\$4.204,80	\$4.415,04	\$4.635,84
Otros costos											
Salario mensual MOD		\$30,00	\$37,10	\$42,78	\$48,01	\$53,03	\$57,87	\$60,75	\$63,77	\$66,94	\$70,27
Salario mensual MDI		\$40,00	\$49,07	\$56,63	\$63,61	\$70,30	\$76,76	\$80,59	\$84,62	\$88,86	\$93,30
Servicios administrativos	\$0,00	\$600,00	\$736,08	\$849,51	\$954,17	\$1.054,55	\$1.151,36	\$1.208,92	\$1.269,37	\$1.332,84	\$1.399,48

Tabla 23: Proyecciones de precios

Todos los precios están en miles de pesos argentinos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Proyecciones											
<i>Inflacion</i>		25,68%	22,68%	15,41%	12,32%	10,52%	9,18%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
<i>USD</i>	17,7	23	25,4	29,31	32,93	36,39	39,73	41,72	43,8	45,99	48,29
<i>IP</i>		1,00	1,23	1,42	1,59	1,76	1,92	2,01	2,12	2,22	2,33

Tabla 24: Proyecciones de inflación, tipo de cambio del dólar e índice de precios

Inversiones

Se evaluaron dos opciones posibles para la inversión en los equipos de la planta. Por un lado se tiene la opción de instalar la MiniDest que ofrece Porta como proyecto llave en mano que tiene un costo de U\$S 4.000.000 y el tamiz molecular para más adelante con un costo de U\$S 400.000 aproximadamente. Asimismo, se puede analizar la posibilidad de hacer una instalación fuera de lo que ofrece Porta, comprando los equipos a otros proveedores y haciendo toda la instalación por cuenta propia. Existen ventajas y desventajas para ambas opciones que se analizaron para definir cual es más conveniente.

Comprar la MiniDest va a requerir de una inversión mayor que en caso de hacer la planta por cuenta propia ya que Porta asume la responsabilidad de instalar la planta, cumpliendo con todos los requerimientos y plazos. Por otro lado, comprar el proyecto llave en mano simplifica mucho el trabajo propio del establecimiento de instalar la planta, hacerle seguimiento a toda la obra y asegurarse de que todo se ejecute correctamente.

Sin embargo, hacer la planta por cuenta propia otorga una mayor independencia de Porta y según los datos obtenidos implica un ahorro de unos USD 700.000, lo cual es cerca de un 25% de ahorro respecto de la propuesta de Porta. Por esta razón se determinó llevar adelante el proyecto de forma independiente de la propuesta de Porta. Igualmente se contratará el servicio de Porta de ControlDest.

Activos fijos

Para comenzar con el análisis se estudiaron las inversiones a realizar a lo largo del proyecto. Se determinaron tres momentos durante la vida del proyecto en los que se deberá invertir en equipamiento.

En primer lugar, en el año 0 se invertirá en los equipos necesarios para poder comenzar a producir. La necesidad de equipos se determinó en el análisis de ingeniería.

Fecha: Año 0 - 2017	Cambio divisa:	\$17,70	Todos los precios expresados en MILES
Rubro	Gasto interno (\$)	Gasto externo (divisa origen)	Gasto total (divisa local)
<i>Terrenos:</i>			
1 Ha en La Pampa	\$ -	\$ 6,00	\$ 106,20
Total terrenos			
<i>Obras civiles</i>			
Piso de obra		\$ 100,00	\$ 1.770,00
Zona ATEX		\$ 50,00	\$ 885,00
Oficina		\$ 50,00	\$ 885,00
Tosca para caminos (2km)	\$ 600,00		\$ 600,00
Total obras civiles	\$ 600,00	\$ 200,00	\$ 4.140,00
Instalaciones industriales			
<i>Maquinarias y/o equipos:</i>			
Silos (Stock de seguridad)	\$ 600,00		\$ 600,00
Molino de martillos		\$ 45,00	\$ 796,50
Tanque premezcla		\$ 120,00	\$ 2.124,00
Tanque sacarificación y fermentación		\$ 450,00	\$ 7.965,00
Torre destilación y enfriamiento		\$ 250,00	\$ 4.425,00
Centrifugador		\$ 100,00	\$ 1.770,00
Otros equipos-cañerías, uniones, etc.-		\$ 80,00	\$ 1.416,00
Tanque/Silo pulmon	\$ 450,00		\$ 450,00
Tanques almacenamiento bioetanol		\$ 260,00	\$ 4.602,00
Almacenamiento burlanda	\$ 800,00		\$ 800,00
Tanque vinaza		\$ 150,00	\$ 2.655,00
Caldera	\$ 1.000,00		\$ 1.000,00
Rodados		\$ 350,00	\$ 6.195,00
Imprevistos	\$ 85,50	\$ 43,65	\$ 858,11
Total Bienes de Uso	\$ 2.935,50	\$ 1.848,65	\$ 35.656,61
<i>Cargos diferidos:</i>			
Admin e ingeniería		\$50,00	\$885,00
Puesta en marcha		\$400,00	\$7.080,00
Imprevistos	\$0,00	\$45,00	\$796,50
Total Cargos diferidos	\$0,00	\$495,00	\$8.761,50
Total Activo Fijo sin IVA	\$3.535,50	\$2.549,65	\$48.664,31
IVA	\$742,46	\$534,17	\$10.197,20
Total activo fijo con IVA	\$4.277,96	\$3.083,82	\$58.861,51

En el año 3 se decidió invertir en un tamiz molecular (anhidridador). Esta decisión más que económica es una decisión estratégica. En los primeros años del proyecto se venderá la producción a la empresa Porta Hnos., quienes usan el bioetanol como materia prima para sus productos de consumo masivo. La decisión estratégica de comprar en el año 3 el tamiz molecular se basa en el hecho de que a partir de ese año se espera que se liberen los cupos de producción de bioetanol y se podría vender el producto directamente a las refinerías. Para poder hacer eso se requiere tener bioetanol anhidro y por eso se necesita el tamiz molecular. El precio que se paga por el bioetanol anhidro es un poco mayor al del BE95 (bioetanol con 95% de humedad) pero el volumen producido será también menor dado que se le saca ese 5% de humedad. Sin embargo, el tener este equipo dentro de la planta permite independizar la venta de bioetanol de Porta, ya que esto implica el riesgo de que Porta baje su nivel de producción o consiga algún otro proveedor y deje de comprar el bioetanol producido en la planta. Esta inversión ofrece la posibilidad de diversificar la cartera de clientes reduciendo el poder de negociación de Porta sobre el proyecto.

Fecha: Año 3 - 2020		Cambio divisa: \$29,31		<i>Todos los precios expresados en MILES</i>	
Rubro	Gasto interno (\$)	Gasto externo (divisa origen)	Gasto (divisa local)	Gasto total	
<i>Maquinarias y/o equipos:</i>					
Tamiz molecular		\$ 300,00		\$ 8.793,00	
Total Activo Fijo sin IVA	\$0,00	\$300,00		\$8.793,00	
IVA				\$1.846,53	
Total activo fijo con IVA	\$0,00	\$0,00		\$10.639,53	

Por último en el año 5 se vuelve a invertir en el rodado, ya que por su uso intensivo se amortiza en 5 años y se considera que luego de ese tiempo se deberá reemplazar.

Fecha: Año 6 - 2023		Cambio divisa: \$39,73			
Rubro	Gasto interno (\$)	Gasto externo (divisa origen)	Gasto (divisa local)	Gasto total	
<i>Maquinarias y/o equipos:</i>					
Rodados		\$ 350,00		\$ 13.905,50	
Total Activo Fijo sin IVA		\$350,00		\$13.905,50	
IVA				\$2.920,16	
Total activo fijo con IVA	\$0,00	\$350,00		\$16.825,66	

Debido a falta de información directa de parte de los proveedores sobre los precios de los equipos, se determinaron los precios a partir de información compartida por la empresa Bio4. La

empresa compartió el monto de inversión en sus equipos. A partir de esto se calculó en función del tamaño de la planta de Bio4 y el de la planta del proyecto en cuestión un precio proporcional, que luego se multiplicó por un factor de escala, considerando que el precio de equipos más chicos será mayor que solamente tener en cuenta la diferencia de tamaños. Este precio incluye los costos de importación y nacionalización de los equipos.

Por otro lado, para la reinversión en rodados y la inversión en el tamiz molecular se calculó a partir de la información de los precios obtenidos a la fecha corriente, pero dado que ambos precios están en dólares se calculó el monto a invertir en pesos multiplicando el valor en dólares por la cotización proyectada en ese año.

Inversiones y amortizaciones

A partir de la información sobre los equipos se armó el calendario de inversiones, la evolución de las amortizaciones y las amortizaciones acumuladas. Las inversiones de los años 3 y 6 se considera que se hacen a principio de ese año y por esa razón también se incluye su amortización correspondiente ese mismo año.

Se consideró que los equipos de la planta se amortizan a 10 años, la obra civil a 30 años, los rodados debido al uso intensivo en 5 años y por último el terreno no se amortiza. Finalmente, se consideró también el IVA de la inversión de un 21% para todo salvo el terreno que no paga IVA.

A continuación se presenta el calendario de inversiones, amortizaciones e IVA de la inversión.

Inversiones y amortizaciones	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	\$ 48.664,31			\$ 8.793,00							
Reinversión rodados							\$ 13.905,50				
Total Inversiones	\$ 48.664,31	\$ -	\$ -	\$ 8.793,00	\$ -	\$ -	\$ 13.905,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total activos	\$ 48.664,31	\$ 48.664,31	\$ 48.664,31	\$ 57.457,31	\$ 57.457,31	\$ 51.262,31	\$ 65.167,81	\$ 65.167,81	\$ 65.167,81	\$ 65.167,81	\$ -
Amortización terrenos-0-		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización Equipos-10A-		\$ 2.651,54	\$ 2.651,54	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91	\$ 3.442,91
Amortización rodados-5A-		\$ 1.115,10	\$ 1.115,10	\$ 1.115,10	\$ 1.115,10	\$ 1.115,10	\$ 2.502,99	\$ 2.502,99	\$ 2.502,99	\$ 2.502,99	\$ 2.502,99
Amortización cargos diferidos-5A-		\$ 1.752,30	\$ 1.752,30	\$ 1.752,30	\$ 1.752,30	\$ 1.752,30	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización obras civiles-30A-		\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00	\$ 138,00
Total Amortizaciones	\$ -	\$ 5.656,94	\$ 5.656,94	\$ 6.448,31	\$ 6.448,31	\$ 6.448,31	\$ 6.083,90	\$ 6.083,90	\$ 6.083,90	\$ 6.083,90	\$ 6.083,90
Amortizaciones acumuladas	\$ -	\$ 5.656,94	\$ 11.313,89	\$ 17.762,20	\$ 24.210,52	\$ 25.083,33	\$ 31.167,24	\$ 37.251,14	\$ 43.335,05	\$ 49.418,95	\$ -
Activo Neto	\$ 48.664,31	\$ 43.007,36	\$ 37.350,42	\$ 39.695,10	\$ 33.246,79	\$ 26.178,97	\$ 34.000,57	\$ 27.916,66	\$ 21.832,76	\$ 15.748,85	\$ -

Tabla 25: Calendario de inversiones y amortizaciones

Financiamiento

El proyecto se financiará parcialmente con capital propio y el resto con un préstamo en dólares. Para determinar cuánto financiar y cuánto aportar de capital propio se realizó un estudio de estructura de capital, para determinar el porcentaje de endeudamiento que minimice el WACC. A partir de este análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

D/V	E/V	D/E	Kd (USD)	Kd (1- α)	β L	Kc	WACC
0,00%	100,00%	0,00%	6,00%	3,90%	0,75	9,71%	9,71%
10,00%	90,00%	11,11%	6,00%	3,90%	0,80	9,98%	9,37%
20,00%	80,00%	25,00%	6,10%	3,97%	0,87	10,32%	9,05%
30,00%	70,00%	42,86%	6,50%	4,23%	0,96	10,75%	8,80%
40,00%	60,00%	66,67%	7,00%	4,55%	1,08	11,34%	8,62%
50,00%	50,00%	100,00%	9,00%	5,85%	1,24	12,15%	9,00%
60,00%	40,00%	150,00%	12,00%	7,80%	1,48	13,37%	10,03%

Tabla 26: análisis de estructura de capital.

Luego del análisis se definió que lo más conveniente es financiar un 40% del proyecto a una tasa en dólares de 7% con un año de gracia, a partir del cual se comienza a devolver con un sistema francés a 6 años.

Al tratarse de un préstamo en dólares, se hizo el flujo de fondos de la deuda en esa divisa, pero luego la misma impactó en el cuadro de resultados y en el balance en pesos, al tipo de cambio del año correspondiente. Por esta razón se contempló en el cuadro de resultados la revalorización de la deuda, la cual contempla el monto de capital adeudado multiplicado por la diferencia de tipo de cambio del año corriente y el año anterior.

A continuación se presenta el flujo de fondos del préstamo en dólares.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
<i>Deuda</i> Expresados en miles de dólares estadounidenses								
Cuota		\$ -93	\$ -279	\$ -279	\$ -279	\$ -279	\$ -279	\$ -279
Interés		\$ -93	\$ -93	\$ -80	\$ -66	\$ -51	\$ -35	\$ -18
Amortización			\$ -186	\$ -199	\$ -213	\$ -228	\$ -244	\$ -261
Cap a amortizar	\$ 1.330	\$ 1.330	\$ 1.144	\$ 945	\$ 732	\$ 505	\$ 261	\$ -0

Tabla 27: Flujo de fondos del préstamo.

Ingresos y egresos

Al analizar los ingresos y egresos del proyecto cabe destacar que a efectos del análisis del proyecto se analizó el mismo como si fuera un proyecto independiente del establecimiento San Antonio.

Ingresos

El proyecto contempla 3 fuentes de ingresos para la empresa: la venta de bioetanol, burlanda húmeda y vinaza. Dado que se considera el proyecto como independiente del establecimiento, se considera un ingreso por la venta de vinaza y de la burlanda húmeda a pesar de que toda la vinaza y parte de la burlanda húmeda serán consumidos internamente en el feedlot del establecimiento. Si bien es una simplificación, este ingreso en la práctica se puede considerar como el ahorro en alimento para el feedlot.

A continuación se presenta la tabla de ingresos del proyecto

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cuadro de resultados	Expresados en miles de pesos argent										
Ventas	\$ -	\$ 74.748	\$ 86.111	\$ 95.889	\$ 107.721	\$ 119.044	\$ 129.971	\$ 136.477	\$ 143.288	\$ 150.453	\$ 157.976
Bioetanol	\$ -	\$ 57.900	\$ 67.084	\$ 73.932	\$ 83.053	\$ 91.784	\$ 100.209	\$ 105.225	\$ 110.477	\$ 116.001	\$ 121.802
WDG	\$ -	\$ 13.407	\$ 14.806	\$ 17.085	\$ 19.195	\$ 21.212	\$ 23.159	\$ 24.319	\$ 25.531	\$ 26.808	\$ 28.148
Vinaza	\$ -	\$ 3.441	\$ 4.221	\$ 4.872	\$ 5.472	\$ 6.048	\$ 6.603	\$ 6.933	\$ 7.280	\$ 7.644	\$ 8.026

Tabla 28: Ingresos del proyecto

Egresos

Costos variables

Se analizarán en primer lugar los costos variables de producción. Estos costos contemplan el costo del maíz, energía (GLP y electricidad), aditivos (alfa-amilasa, glucoamilasa, urea, levadura y ácido fosfórico) y gas oil. Si bien se consideraron todos los costos, cabe destacar que la mayor parte del costo de producción viene dada por el costo del maíz y la energía.

Los requerimientos de maíz, energía y aditivos son los definidos en el estudio de ingeniería. El costo del gas oil se calculó considerando que el tractor y la tolva se utilizarán unas 4 horas por día para transportar el maíz de los silos o campos vecinos a la planta, y para transportar la burlanda húmeda al feedlot y a los campos vecinos.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cuadro de resultados	Expresados en miles de pesos argent										
Costo de ventas	\$ -	\$ 44.039	\$ 48.514	\$ 55.982	\$ 62.897	\$ 69.505	\$ 75.884	\$ 79.685	\$ 83.658	\$ 87.841	\$ 92.234
Maíz	\$ -	\$ 31.523	\$ 33.159	\$ 38.260	\$ 42.992	\$ 47.506	\$ 51.866	\$ 54.466	\$ 57.178	\$ 60.037	\$ 63.039
Ácido Fosfórico	\$ -	\$ 749	\$ 919	\$ 1.060	\$ 1.191	\$ 1.316	\$ 1.437	\$ 1.509	\$ 1.584	\$ 1.664	\$ 1.747
Alfa-amilasa	\$ -	\$ 1.217	\$ 1.493	\$ 1.723	\$ 1.936	\$ 2.139	\$ 2.336	\$ 2.452	\$ 2.575	\$ 2.704	\$ 2.839
Gluco-amilasa	\$ -	\$ 105	\$ 128	\$ 148	\$ 166	\$ 184	\$ 201	\$ 211	\$ 221	\$ 232	\$ 244
Urea	\$ -	\$ 1	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 2	\$ 3	\$ 3	\$ 3	\$ 3	\$ 3
Levadura	\$ -	\$ 29	\$ 35	\$ 41	\$ 46	\$ 50	\$ 55	\$ 58	\$ 61	\$ 64	\$ 67
GLP	\$ -	\$ 6.865	\$ 8.423	\$ 9.721	\$ 10.918	\$ 12.067	\$ 13.174	\$ 13.833	\$ 14.525	\$ 15.251	\$ 16.014
Energía	\$ -	\$ 3.300	\$ 4.048	\$ 4.672	\$ 5.248	\$ 5.800	\$ 6.332	\$ 6.649	\$ 6.981	\$ 7.330	\$ 7.697
Gas Oil	\$ -	\$ 250,73	\$ 307,59	\$ 354,99	\$ 398,73	\$ 440,67	\$ 481,13	\$ 505,18	\$ 530,44	\$ 556,97	\$ 584,81

Tabla 29: Costos variables del proyecto.

Costos fijos

Los costos fijos de producción están formados por la mano de obra directa, indirecta, servicios administrativos, mantenimiento de equipos, seguro y el servicio de ControlDest, el sistema de control proporcionado por Porta.

La necesidad de mano de obra directa está dada por la información provista por Porta, quien informa que para operar la planta se necesitan 4 operarios. Para estimar el costo de estos operarios se calculó un sueldo bruto de \$30.000 en el año que comienza la operación y con el paso del tiempo se fue afectando por la inflación y por el aumento de salario correspondiente por antigüedad del operario. Asimismo, al salario bruto se le sumaron las cargas sociales, que según informó el dueño del establecimiento son de un

60% del salario bruto, y se calculó como costo anual 13 salarios, ya que hay que considerar el aguinaldo.

Por otro lado, la mano de obra indirecta contempla la contratación de un empleado full time para ocuparse de toda la administración de la destilería. En lo referente a otros servicios, estos representan un contador y un abogado que no se dedican full time a la empresa, por lo que cobran un monto fijo mensual por sus servicios. Este costo se estimó a partir de información provista por Pablo Nagore, dueño del establecimiento.

Se calculó el costo de mantenimiento como un estimado de un 3% del costo original de los activos, y el costo de seguro de los bienes de uso se calculó como un 2% del valor bruto de los activos. Finalmente el ControlDest tiene un costo fijo de U\$S 8.000 mensuales, los cuales son traducidos a dólares a la cotización de cada año.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cuadro de resultados	Expresados en miles de pesos argent										
<i>GGF</i>	\$ -	\$ 8.039	\$ 9.424	\$ 11.247	\$ 12.542	\$ 13.648	\$ 15.530	\$ 16.359	\$ 17.110	\$ 17.899	\$ 17.424
<i>MOD</i>	\$ -	\$ 2.496	\$ 3.087	\$ 3.559	\$ 3.994	\$ 4.412	\$ 4.815	\$ 5.054	\$ 5.306	\$ 5.570	\$ 5.847
<i>MOI</i>	\$ -	\$ 832	\$ 1.021	\$ 1.178	\$ 1.323	\$ 1.462	\$ 1.597	\$ 1.676	\$ 1.760	\$ 1.848	\$ 1.941
<i>Servicios Administrativos</i>	\$ -	\$ 600	\$ 736	\$ 850	\$ 954	\$ 1.055	\$ 1.151	\$ 1.209	\$ 1.269	\$ 1.333	\$ 1.399
<i>Mantenimiento Equipos</i>	\$ -	\$ 930	\$ 1.169	\$ 1.698	\$ 1.960	\$ 2.201	\$ 2.850	\$ 3.111	\$ 3.267	\$ 3.430	\$ 3.602
<i>Seguro</i>	\$ -	\$ 973	\$ 973	\$ 1.149	\$ 1.149	\$ 1.025	\$ 1.303	\$ 1.303	\$ 1.303	\$ 1.303	\$ -
<i>ControlDest (licencia)</i>	\$ -	\$ 2.208	\$ 2.438	\$ 2.814	\$ 3.161	\$ 3.493	\$ 3.814	\$ 4.005	\$ 4.205	\$ 4.415	\$ 4.636

Tabla 30: costos fijos del proyecto.

Impuestos

El primer impuesto que impacta en el cuadro de resultados es ingresos brutos. Los primeros 2 años del proyecto se determinó que se vende la producción a Porta Hnos. Esta empresa se encuentra en la provincia de Córdoba y en esa provincia el bioetanol está exento de ingresos brutos. Luego de estos dos años el plan es comenzar a vender alcohol anhidro a las refinerías. Según lo analizado en el estudio de ingeniería y localización, lo más conveniente es vender la producción a la refinería de Petrobras de Bahía Blanca. Al estar radicalizada en la provincia de Buenos Aires, la venta de bioetanol está gravada con un impuesto de ingresos brutos de 2%. También se paga impuesto a las ganancias de 35% sobre las utilidades. Por último se considera también el IVA del proyecto. El IVA es de 21% para todos los conceptos, exceptuando los intereses y el maíz para los cuales se considera 10,5%.

Para comprender el impacto de los impuestos en el proyecto se hizo un flujo de fondos de IVA, el cual se utilizó luego para analizar correctamente el flujo de fondos del proyecto. A continuación se presentan estos flujos de fondos.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
IVA Expresados en miles de pesos argentinos											
IVA Ventas	\$ -	\$ 15.697	\$ 18.083	\$ 20.137	\$ 22.621	\$ 24.999	\$ 27.294	\$ 28.660	\$ 30.091	\$ 31.595	\$ 33.175
IVA Compras	\$ -	\$ -6.723	\$ -7.618	\$ -8.865	\$ -9.970	\$ -11.025	\$ -12.131	\$ -12.763	\$ -13.400	\$ -14.070	\$ -14.774
IVA Inversiones	\$ -10.197	\$ -	\$ -	\$ -1.847	\$ -	\$ -	\$ -2.920	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IVA Intereses	\$ -	\$ -225	\$ -248	\$ -247	\$ -229	\$ -196	\$ -147	\$ -80	\$ -	\$ -	\$ -
IVA Seguros	\$ -	\$ -204	\$ -204	\$ -241	\$ -241	\$ -215	\$ -274	\$ -274	\$ -274	\$ -274	\$ -
IVA Saldo Proyecto	\$ -10.197	\$ 8.544	\$ 10.012	\$ 8.938	\$ 12.181	\$ 13.563	\$ 11.822	\$ 15.543	\$ 16.417	\$ 17.251	\$ 18.401
Recupero Credito Fiscal	\$ -	\$ -10.197	\$ -1.653	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Credito Fiscal	\$ 10.197	\$ 1.653	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pago AFIP	\$ -	\$ -	\$ -8.359	\$ -8.938	\$ -12.181	\$ -13.563	\$ -11.822	\$ -15.543	\$ -16.417	\$ -17.251	\$ -18.401
FF IVA	\$ -10.197	\$ 8.544	\$ 1.653	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Tabla 31: Flujo de fondos del IVA.

Cuadro de resultados

A continuación se presenta el cuadro de resultados, donde se ven las utilidades de cada período. Los distintos conceptos (ventas, costos, etc.) se encuentran resumidos en una sola línea, encontrándose el detalle en el Excel adjunto.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cuadro de resultados											
Expresados en miles de pesos argent											
Ventas	\$ -	\$ 74.748	\$ 86.111	\$ 95.889	\$ 107.721	\$ 119.044	\$ 129.971	\$ 136.477	\$ 143.288	\$ 150.453	\$ 157.976
IIBB	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.918	\$ 2.154	\$ 2.381	\$ 2.599	\$ 2.730	\$ 2.866	\$ 3.009	\$ 3.160
Ventas Netas	\$ -	\$ 74.748	\$ 86.111	\$ 93.971	\$ 105.566	\$ 116.663	\$ 127.372	\$ 133.747	\$ 140.423	\$ 147.444	\$ 154.817
Costo de ventas	\$ -	\$ 44.039	\$ 48.514	\$ 55.982	\$ 62.897	\$ 69.505	\$ 75.884	\$ 79.685	\$ 83.658	\$ 87.841	\$ 92.234
Utilidad Bruta	\$ -	\$ 30.709	\$ 37.597	\$ 37.989	\$ 42.670	\$ 47.158	\$ 51.487	\$ 54.062	\$ 56.765	\$ 59.603	\$ 62.583
GGF	\$ -	\$ 8.039	\$ 9.424	\$ 11.247	\$ 12.542	\$ 13.648	\$ 15.530	\$ 16.359	\$ 17.110	\$ 17.899	\$ 17.424
EBITDA	\$ -	\$ 22.669	\$ 28.173	\$ 26.742	\$ 30.128	\$ 33.510	\$ 35.958	\$ 37.703	\$ 39.655	\$ 41.704	\$ 45.159
Amortizaciones	\$ -	\$ 3.905	\$ 3.905	\$ 4.696	\$ 4.696	\$ 4.696	\$ 6.084	\$ 6.084	\$ 6.084	\$ 6.084	\$ 6.084
Revalorizacion de la deuda		\$ 7.050	\$ 2.746	\$ 3.696	\$ 2.651	\$ 1.746	\$ 871	\$ -0	\$ -	\$ -	\$ -
EBIT	\$ -	\$ 11.715	\$ 21.522	\$ 18.350	\$ 22.781	\$ 27.068	\$ 29.003	\$ 31.619	\$ 33.571	\$ 35.620	\$ 39.075
Intereses	\$ -	\$ 2.142	\$ 2.365	\$ 2.348	\$ 2.179	\$ 1.866	\$ 1.403	\$ 762	\$ -	\$ -	\$ -
EBT	\$ -	\$ 9.573	\$ 19.157	\$ 16.002	\$ 20.602	\$ 25.202	\$ 27.599	\$ 30.857	\$ 33.571	\$ 35.620	\$ 39.075
IIGG	\$ -	\$ 3.351	\$ 6.705	\$ 5.601	\$ 7.211	\$ 8.821	\$ 9.660	\$ 10.800	\$ 11.750	\$ 12.467	\$ 13.676
Utilidad Neta	\$ -	\$ 6.222	\$ 12.452	\$ 10.401	\$ 13.391	\$ 16.382	\$ 17.940	\$ 20.057	\$ 21.821	\$ 23.153	\$ 25.399

Tabla 32: Resumen del cuadro de resultados

Balance

Activo

Activo corriente

El activo corriente está compuesto por la caja mínima, la caja extra, créditos por ventas, inventario de materia prima y de producto terminado.

La caja mínima se calculó como un 10% de los costos (tanto variables como fijos). Se tomó este número para tener caja mínima suficiente para cubrir aproximadamente un mes de gastos y así asegurar la posibilidad de afrontar los gastos mensuales sin problemas. Se tomó la consideración que si la caja mínima era mayor que los ingresos de ese año sería necesario hacer un nuevo aporte de capital. Sin embargo luego de hacer todo el

análisis resultó que esto no ocurría en los 10 años del proyecto por lo que no es necesario hacer aportes de capital adicionales. Además de la caja mínima se calculó una Caja Extra, la cual no forma parte del capital de trabajo operativo, que son los ingresos adicionales que se generan a raíz del flujo de fondos del período.

Para estudiar los créditos por ventas, inventarios de materia prima y de producto terminado se consultó con productores acerca de la situación actual del mercado. El bioetanol tiene un plazo de pago de 30 días.

Por otro lado, sobre la materia prima se tomaron las siguientes consideraciones. La cantidad de aditivo necesaria para operar la planta no es mucha, y se cree conveniente hacer toda la compra de insumos a principio de año. Debido a esto se considero un inventario promedio de esta materia prima de la mitad del consumo anual, ya que la misma se irá consumiendo constantemente a lo largo del año. Para el inventario de maíz se consultó al director de bio4, quien dijo que es conveniente tener al menos 2 meses de inventario de materia prima, principalmente para estar preparados en caso de que por lluvias intensas sea imposible retirar maíz del campo de los proveedores. Si bien se deberían tener 2 meses de materia prima de inventario, no es necesario tener todo el maíz en el establecimiento propio. Se puede tener parte del maíz ahí y el resto que quede en los campos de los distintos productores, diversificando el riesgo de que resulte imposible retirar el maíz de algún campo.

Por otro lado, se tomó como stock de producto terminado 5 días de producción. Si bien según el director de Bio4 normalmente no se suele tener mucho más de 3 días de stock de producto terminado, debido a que los caminos para llegar al establecimiento son de tierra a diferencia de los de bio4 y que podría llegar a pasar que no sea posible acceder por las lluvias cada tanto, se tomaron 5 días de stock de seguridad promedio en el año.

Activo no corriente

El activo no corriente está compuesto por los bienes de uso netos (BU brutos - amortizaciones acumulados) y los créditos fiscales. La evolución de bienes de uso se puede ver en la sección de inversiones y amortizaciones de este mismo documento. Por otro lado los créditos fiscales consideran crédito de IVA.

Pasivo

Pasivo corriente

El pasivo corriente contiene las cuentas a pagar, es decir, las deudas con proveedores. Los plazos de pago a los proveedores según la información obtenida son: maíz 7 días, energía se calculó un promedio de 20 días, ya que se paga a mes vencido y se tienen 10 días desde que llega la factura hasta su vencimiento, y por último para los insumos se tomó un plazo de 15 días.

Pasivo no corriente

El pasivo no corriente está compuesto por el monto de la deuda mencionada en la sección de *Financiamiento*.

Patrimonio neto

El patrimonio neto está formado por el capital inicial aportado por los inversores, a lo que se le va sumando las utilidades del período sin los dividendos repartidos, que se

consideraron como un 30% de las utilidades de cada ejercicio a partir del segundo año y la acumulación de los resultados no asignados de los períodos anteriores.

A continuación se resume la información presentada con los datos correspondientes a los 10 años del proyecto.

Expresados en miles de pesos argentinos Balance	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Activos	\$58.861,51	\$73.557,02	\$82.828,47	\$88.388,89	\$95.304,24	\$102.136,17	\$107.378,03	\$111.819,54	\$127.757,83	\$144.505,87	\$163.107,13
Activo corriente	\$0,00	\$28.896,88	\$45.478,06	\$48.693,79	\$62.057,45	\$75.957,20	\$73.377,46	\$83.902,87	\$105.925,07	\$128.757,02	\$163.107,13
Caja extra	\$0,00	\$16.461,75	\$31.270,29	\$32.593,49	\$43.977,70	\$55.996,36	\$51.520,38	\$60.945,01	\$81.826,70	\$103.458,72	\$136.716,95
Caja mínima	\$0,00	\$5.207,85	\$5.793,85	\$6.722,91	\$7.543,81	\$8.315,33	\$9.141,39	\$9.604,45	\$10.076,80	\$10.574,00	\$10.965,82
Créditos por ventas	\$0,00	\$4.758,90	\$5.513,77	\$6.076,59	\$6.826,30	\$7.543,92	\$8.236,38	\$8.648,62	\$9.080,34	\$9.534,35	\$10.011,13
Inventario MP	\$0,00	\$1.675,23	\$1.981,19	\$2.288,03	\$2.571,92	\$2.844,27	\$3.106,58	\$3.263,35	\$3.427,85	\$3.600,89	\$3.744,71
Inventario PT	\$0,00	\$793,15	\$918,96	\$1.012,77	\$1.137,72	\$1.257,32	\$1.372,73	\$1.441,44	\$1.513,39	\$1.589,06	\$1.668,52
Activo no corriente	\$58.861,51	\$44.660,14	\$37.350,42	\$39.695,10	\$33.246,79	\$26.178,97	\$34.000,57	\$27.916,66	\$21.832,76	\$15.748,85	\$0,00
Bienes de uso - brutos	\$48.664,31	\$48.664,31	\$48.664,31	\$57.457,31	\$57.457,31	\$51.262,31	\$65.167,81	\$65.167,81	\$65.167,81	\$65.167,81	\$0,00
Créditos fiscales	\$10.197,20	\$1.652,78	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Amortizaciones acumuladas	\$0,00	-\$5.656,94	-\$11.313,89	-\$17.762,20	-\$24.210,52	-\$25.083,33	-\$31.167,24	-\$37.251,14	-\$43.335,05	-\$49.418,95	\$0,00
Pasivos	\$23.544,60	\$32.017,71	\$30.703,90	\$29.598,56	\$26.243,09	\$20.710,77	\$12.927,45	\$2.693,70	\$2.828,16	\$2.969,57	\$3.118,06
Posivo corriente	\$0,00	\$1.423,03	\$1.640,04	\$1.892,61	\$2.126,12	\$2.349,63	\$2.565,30	\$2.693,70	\$2.828,16	\$2.969,57	\$3.118,06
Cuentas a pagar	\$0,00	\$1.423,03	\$1.640,04	\$1.892,61	\$2.126,12	\$2.349,63	\$2.565,30	\$2.693,70	\$2.828,16	\$2.969,57	\$3.118,06
Posivo no corriente	\$23.544,60	\$30.594,68	\$29.063,87	\$27.705,95	\$24.116,97	\$18.361,14	\$10.362,15	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Prestamos de LP	\$23.544,60	\$30.594,68	\$29.063,87	\$27.705,95	\$24.116,97	\$18.361,14	\$10.362,15	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Patrimonio neto	\$35.316,90	\$41.539,31	\$52.124,57	\$58.790,33	\$69.061,14	\$81.425,40	\$94.450,58	\$109.125,84	\$124.929,67	\$141.536,31	\$159.989,06
Capital	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90	\$35.316,90
Dividendos	\$0,00	\$0,00	-\$1.886,72	-\$3.735,59	-\$3.120,41	-\$4.017,37	-\$4.914,49	-\$5.381,90	-\$6.017,15	-\$6.546,29	-\$6.945,88
RNA	\$0,00	\$0,00	\$6.222,41	\$16.807,66	\$23.473,43	\$33.744,24	\$46.108,50	\$59.133,68	\$73.808,93	\$89.612,77	\$106.219,40
Utilidades	\$0,00	\$6.222,41	\$12.451,98	\$10.401,36	\$13.391,22	\$16.381,62	\$17.939,67	\$20.057,16	\$21.820,98	\$23.152,93	\$25.398,63
Posivo + Patrimonio Neto	\$58.861,51	\$73.557,02	\$82.828,47	\$88.388,89	\$95.304,24	\$102.136,17	\$107.378,03	\$111.819,54	\$127.757,83	\$144.505,87	\$163.107,13

Tabla 11: Resumen del balance del proyecto.

Flujo de fondos

FCFF

El flujo de fondos del proyecto permite medir la rentabilidad del proyecto independientemente de las condiciones del financiamiento. Se mide a través de indicadores como VAN, TIR, o período de repago.

Expresados en miles de pesos argentinos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<i>EBIT (1-α)</i>	\$0	\$7.614	\$13.989	\$11.927	\$14.808	\$17.594	\$18.852	\$20.552	\$21.821	\$23.153	\$25.399
$\Delta KTOp$	\$0	\$11.012	\$1.556	\$1.640	\$1.746	\$1.658	\$1.681	\$972	\$1.006	\$1.059	\$943
ΔBU	\$48.664	-\$5.657	-\$5.657	\$2.345	-\$6.448	-\$7.068	\$7.822	-\$6.084	-\$6.084	-\$6.084	-\$15.749
<i>FF IVA</i>	-\$10.197	\$8.544	\$1.653	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<i>FCFF</i>	-\$58.862	\$10.804	\$19.743	\$7.943	\$19.510	\$23.004	\$9.350	\$25.664	\$26.899	\$28.178	\$40.204

Tabla 12: FCFF

Como se puede observar en la tabla, el flujo de fondos del proyecto contempla todos los ingresos y egresos de dinero del proyecto, desde que empieza hasta que termina. *EBIT (1-α)* contempla las utilidades del proyecto sin tener en cuenta los flujos generados por la deuda a largo plazo. $\Delta KTOp$, por otro lado, considera las inversiones necesarias en capital de trabajo operativo, sin las cuales el proyecto no puede operar. Entre ellas se encuentran los créditos a proveedores, la caja mínima, el stock, etc. En ΔBU se ven las inversiones que serán necesarias para el funcionamiento de la planta, como equipos, obras civiles, entre otros.

Los resultados obtenidos para estos indicadores en el proyecto fueron los siguientes:

VAN Proyecto (USD)	\$202
TIR Proyecto (USD)	10,40%
Período de repago	7 años
VAN Inversores(USD)	\$900
TIR Inversores (USD)	20,71%
Período de repago	3 años

Tasas de descuento

Para descontar los flujos de fondos del proyecto se utilizaron las siguientes tasas:

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<i>WACC</i>	8,62%	8,74%	8,87%	8,94%	9,07%	9,23%	9,43%	9,65%	9,66%	9,66%	9,66%

Costo de la deuda:

Es el costo de financiamiento que varía según el porcentaje del proyecto que se financia con deuda. Según la información provista por el Porta al grupo CREA en septiembre de 2017, es posible conseguir préstamos con una tasa del 6%, a 7 años con un año de gracia.

Se tomó como supuesto que esta tasa es para un nivel de financiamiento bajo (menor al 10%). Para mayores niveles de financiamiento se asumieron las siguientes tasas:

D/V	Kd (USD)
0,00%	6,00%
10,00%	6,00%
20,00%	6,10%
30,00%	6,50%
40,00%	7,00%
50,00%	9,00%
60,00%	12,00%

Tabla 33: evolución de la tasa de interés en función de la estructura de capital

Costo de capital:

El costo de capital se calculó con la fórmula del modelo CAPM:

$$K_c = R_f + l(R_m - R_f) + R_p$$

R_f es la tasa en dólares libre de riesgo. Se tomó el promedio de diciembre de 2017 de la tasa de un bono del tesoro de Estados Unidos a 10 años. R_p es la diferencia de rentabilidad de los bonos de Estados Unidos y los de Argentina. Representa la prima que un inversor le exige a un proyecto por realizarlo en un país más riesgoso como Argentina. Se tomó el promedio de este índice de diciembre de 2017. β_l mide el riesgo no diversificable vinculado a la industria y al nivel de apalancamiento de la empresa.

FCFE

El FCFE representa el flujo de ingresos y egresos de los inversores. El mismo tiene en cuenta el financiamiento del proyecto y, al descontarlo con el costo de capital (k_c) permite medir el VAN y la TOR.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Flujo de Fondos	Expresados en miles de pesos argentinos										
FCFE	-\$35.317	\$16.462	\$16.675	\$5.059	\$14.505	\$16.036	\$439	\$14.807	\$26.899	\$28.178	\$40.204
	VAN Inversores(USD)		\$900								
	TOR (USD)		20,71%								
	Período de repago		3 años								

Como se puede observar, tanto el VAN del proyecto como el de los inversores es positivo. Asimismo, presenta una TIR y TOR bastante elevadas, y mayores al costo de capital y WACC, lo cual hace este proyecto atractivo.

Punto de equilibrio

Uno de los puntos más importantes para analizar si un proyecto es factible o no es el punto de equilibrio.

En este proyecto se evaluó cuánto bioetanol es necesario vender al mercado para cubrir los costos fijos en cada uno de los diez años que dura el mismo.

Esto quedaría como el total del bioetanol producido por el precio del mismo ese año (proyectado en la entrega de Estudio de Mercado) igualado a los costos fijos más los costos variables que dependen de la cantidad de alcohol elaborado. Los costos fijos están definidos por la mano de obra directa más la indirecta con sus respectivos aportes (60%), a esto se le añaden los costos de mantenimiento que se calculan como el 3% del total de los bienes de uso. Dentro de los costos variables se encuentran los costos de todos los insumos ya presentados en el cuadro de resultados, puestos en función de la cantidad de bioetanol producido.

En la tabla se puede ver cual es la cantidad mínima de alcohol que se debe producir para cubrir los costos totales año a año.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Expresados en miles de pesos argentinos										
Precio Bioetanol	\$11,58	\$13,42	\$15,48	\$17,39	\$19,22	\$20,99	\$22,04	\$23,14	\$24,29	\$25,51
Costo fijo	\$8.039,39	\$9.424,48	\$11.247,19	\$12.541,53	\$13.648,35	\$15.529,56	\$16.359,08	\$17.110,04	\$17.899,12	\$17.424,36
Costo variable	\$8,81	\$9,70	\$11,72	\$13,17	\$14,56	\$15,89	\$16,69	\$17,52	\$18,40	\$19,32
Punto de equilibrio	2900,02	2537,53	2991,95	2970,99	2925,16	3048,45	3058,58	3046,31	3035,05	2813,87

Tabla 14: desglose de precios en variables y fijos y punto de equilibrio.

Para el año 1 se graficó el costo fijo, el costo total y las ventas y se puede ver que el cruce de las dos rectas se da entre 1500 y 1600 metros cúbicos.

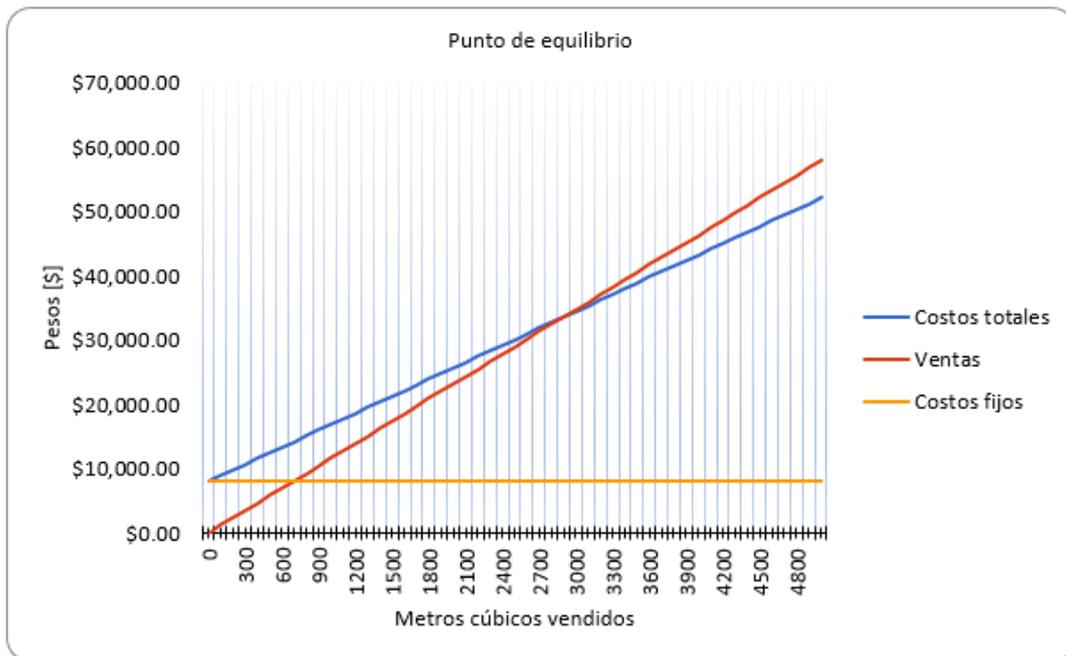


Fig. 67: Punto de equilibrio para el año 1

Análisis financiero

Como parte de un análisis complementario de la inversión se calcularon índices de liquidez, activos, pasivos y rentabilidad.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Liquidity ratios										
<i>Current Ratio</i>	20,31	27,73	25,73	29,19	32,33	28,60	31,15	37,45	43,36	52,31
<i>Quick Ratio</i>	18,57	25,96	23,98	27,44	30,58	26,86	29,40	35,71	41,61	50,57
Asset Management ratios										
<i>Inventory Turnover</i>	30,28	29,69	28,47	28,46	28,44	28,44	28,43	28,42	28,41	28,60
<i>Days Sales Outstanding</i>	23,24	23,37	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60	\$23,60
<i>Fixed Asset Turnover</i>	1,67	1,93	2,52	2,66	3,51	4,87	3,93	5,03	6,75	9,83
<i>Total Asset Turnover</i>	1,02	1,04	1,06	1,11	1,14	1,19	1,20	1,10	1,02	0,95
Debt Management ratios										
<i>Debt Ratio</i>	43,53%	37,07%	33,49%	27,54%	20,28%	12,04%	2,41%	2,21%	2,05%	1,91%
<i>Times Interest Earned</i>	5,47	9,10	7,82	10,45	14,51	20,67	41,51	N/A	N/A	N/A
<i>EBITDA Coverage Ratio</i>	10,59	11,91	11,39	13,83	17,96	25,62	49,50	N/A	N/A	N/A
Profitability ratios										
<i>Profit Margin</i>	8,32%	14,46%	11,07%	12,69%	14,04%	14,08%	15,00%	15,54%	15,70%	16,41%
<i>Basic Earning Power</i>	15,93%	25,98%	20,76%	23,90%	26,50%	27,01%	28,28%	26,28%	24,65%	23,96%
<i>Return on Assets</i>	8,46%	15,03%	11,77%	14,05%	16,04%	16,71%	17,94%	17,08%	16,02%	15,57%
<i>Return on Equity</i>	14,98%	23,89%	17,69%	19,39%	20,12%	18,99%	18,38%	17,47%	16,36%	15,88%

A raíz de la información presentada se pueden hacer las siguientes observaciones:

Los índices de liquidez dan altos principalmente debido a que la política de dividendos que se eligió es muy conservadora, por lo que gran parte de las utilidades quedan dentro de la empresa como parte de la caja extra.

Por otro lado llaman la atención los índices de rotación de inventario, el cual es alto constantemente, y el de rotación de activo fijo que crece bastante a lo largo del proyecto. El índice de rotación de inventario es muy alto debido a que el proyecto de maneja con un nivel de inventario de producto terminado muy bajo, de 5 días de producto terminado, debido a que las refinerías retiran constantemente producto terminado de la planta. El otro inventario que se tiene es el de maíz que se trabaja con 2 meses de inventario, pero sin embargo no impacta lo suficiente como para que el índice disminuya. Por otro lado, la rotación de activos fijos crece a lo largo del tiempo debido a que a medida que se amortizan los activos pero no se reinvierte para compensar este cambio, por lo que el denominador del indicador se va achicando y por eso crece el indicador.

Los índices de deuda evolucionan haciéndose el ratio de endeudamiento cada vez más chico mientras que los otros dos crecen. Esto ocurre debido a que a medida que se amortiza la deuda de largo plazo no se vuelve a tomar más deuda, y el único pasivo que se mantiene relativamente constante son las deudas de corto plazo con proveedores.

Finalmente, se puede observar que la rentabilidad del proyecto es buena, sin embargo hay que considerar que como el proyecto tiene una política de dividendos conservadora se acumula mucha caja y RNA, lo que empeora estos índices.

Análisis de riesgos

Para realizar el análisis de riesgos en primer lugar se determinaron las variables que pueden afectar los resultados del proyecto. Estas se encuentran principalmente en los ingresos y egresos del mismo. Como parte de los ingresos se estudiarán posibles variaciones en las cantidades vendidas y en el precio de venta de los productos. Los egresos del proyecto vienen dados por los gastos en materia prima y en mano de obra y gastos administrativos. Los gastos en materia prima e insumos pueden variar tanto en cantidad como en precio. Asimismo, un factor importante a tener en cuenta es todo lo que tiene que ver con el costo del capital, primas (libre de riesgo, mercado, etc.) y todo lo que

pueda afectar la tasa a la que se descuentan los flujos de fondos, que también pueden variar y tienen un impacto muy fuerte en los resultados del proyecto.

Fuentes de variabilidad

En relación a los ingresos, el proyecto tiene 3 fuentes: la venta de bioetanol, de burlanda y de vinaza. El aporte de cada una de ellas a los ingresos totales es el siguiente:

Bioetanol	77%
Burlanda	18%
Vinaza	5%

De esta manera se puede suponer que las variaciones en los precios y cantidades de venta de bioetanol serían lo que más puede afectar los posibles resultados del proyecto. El precio del bioetanol viene dado por una fórmula analizada en el estudio de mercado. Esta fórmula contempla que en un 60% el precio está dado por el precio del maíz y el otro 40% por una serie de costos que varían según la inflación. Por otro lado, el precio del maíz se rige según el precio FAS teórico promedio del mes anterior a la publicación del precio del bioetanol, para la tonelada de maíz que surja de la página web www.agroindustria.gob.ar del MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA, que a su vez está dado por el precio pizarra establecido a nivel internacional, en dólares, por lo que el tipo de cambio también impacta en el precio de venta del bioetanol. Por otro lado el precio de la burlanda y la vinaza están asociados directamente al precio del maíz, ya que los mismos se utilizan como reemplazo de maíz en la alimentación de vacas en feedlot. De esta manera, su precio está asociado al porcentaje de maíz que contienen, que es un 30% y 4,5% respectivamente. Por otro lado, la cantidad de vinaza y burlanda disponibles para su venta están asociados a la cantidad de bioetanol producido, ya que son subproductos. La cantidad de bioetanol se definió considerando que el producto es un commodity y por lo tanto lo que se produzca se venderá, con lo cual se planificó producir siempre al 100% de la capacidad. Sin embargo podría llegar a considerarse alguna variación posible en la cantidad demandada, y por lo tanto, producida.

En resumen, las variables a considerar al analizar los ingresos del proyecto son: inflación, precio del maíz, tipo de cambio, y demanda de bioetanol.

En cuanto a los egresos del proyecto, se tienen los costos variables y los fijos. Los variables vienen dados por el maíz, la energía (eléctrica, gas y gas oil), y otros insumos (aditivos, enzimas, etc.). Los fijos son básicamente los costos de mano de obra directa, indirecta, servicios administrativos, la licencia de control dest y otros gastos como seguro y los gastos en mantenimiento.

<i>Costos variables</i>	<i>85%</i>	<i>Costos Fijos</i>	<i>15%</i>
<i>Maíz</i>	<i>71,6%</i>	<i>MOD</i>	<i>31%</i>
<i>Ácido Fosfórico</i>	<i>1,7%</i>	<i>MOI</i>	<i>10%</i>
<i>Alfa-amilasa</i>	<i>2,8%</i>	<i>Servicios Administrativos</i>	<i>7%</i>
<i>Gluco-amilasa</i>	<i>0,2%</i>	<i>Mantenimiento Equipos</i>	<i>12%</i>
<i>Urea</i>	<i>0,0%</i>	<i>Seguro</i>	<i>12%</i>
<i>Levadura</i>	<i>0,1%</i>	<i>ControlDest (licencia)</i>	<i>27%</i>
<i>GLP</i>	<i>15,6%</i>		
<i>Energía</i>	<i>7,5%</i>		

Como se puede observar, dentro de los costos variables aquellos que más influyen son el maíz y los gastos en energía, que juntos componen un 96% de los gastos. Por otro lado el peso de los costos fijos están menos concentrados en unas pocas partes, aunque se puede decir que entre la mano de obra y la licencia de ControlDest se tiene casi un 70% de los costos fijos.

A excepción del maíz, que ya se analizaron sus fuentes de variación, la mayoría de estos costos varían según la inflación o el tipo de cambio. En el relación al costo del maíz se debe considerar también el contraflete. Este descuento en el precio de la materia prima depende del costo del flete del campo de origen hasta Rosario. El costo del flete puede variar a lo largo del tiempo en función de cambios en el precio del combustible y por la inflación, ya que esta afecta el salario del chofer, que tiene un peso importante en el costo total del flete. Otra fuente de variabilidad de los costos puede ser en la energía, que cambia según la inflación.

En conclusión, las fuentes de variabilidad en los egresos vienen dadas por el precio del maíz, el precio del combustible, el tipo de cambio y la inflación.

Por último, al analizar los flujos de fondos y calcular el VAN del proyecto se tuvieron en cuenta ciertos parámetros como riesgo país y tasa libre de riesgo. Esta información se tomó como dato fijo pero lo cierto es que son valores que se actualizan constantemente, por lo que su variación puede hacer que los resultados varíen también. Asimismo, la tasa de interés de la deuda puede no ser exactamente la misma que se consideró inicialmente y esto puede impactar en los resultados.

En conclusión, para hacer el análisis de riesgos del proyecto se considerarán los siguientes parámetros como variables:

- Inflación
- Precio internacional del maíz
- Precio del barril de petróleo
- Apreciación del dólar
- Demanda de bioetanol
- Riesgo país
- Tasa libre de riesgo
- Tasa de interés de la deuda

Variables

Para hacer el estudio de riesgos se utilizará la herramienta Crystal Ball. Se detalla a continuación las distribuciones consideradas para las distintas variables, incorporadas como assumptions en el análisis.

Inflación

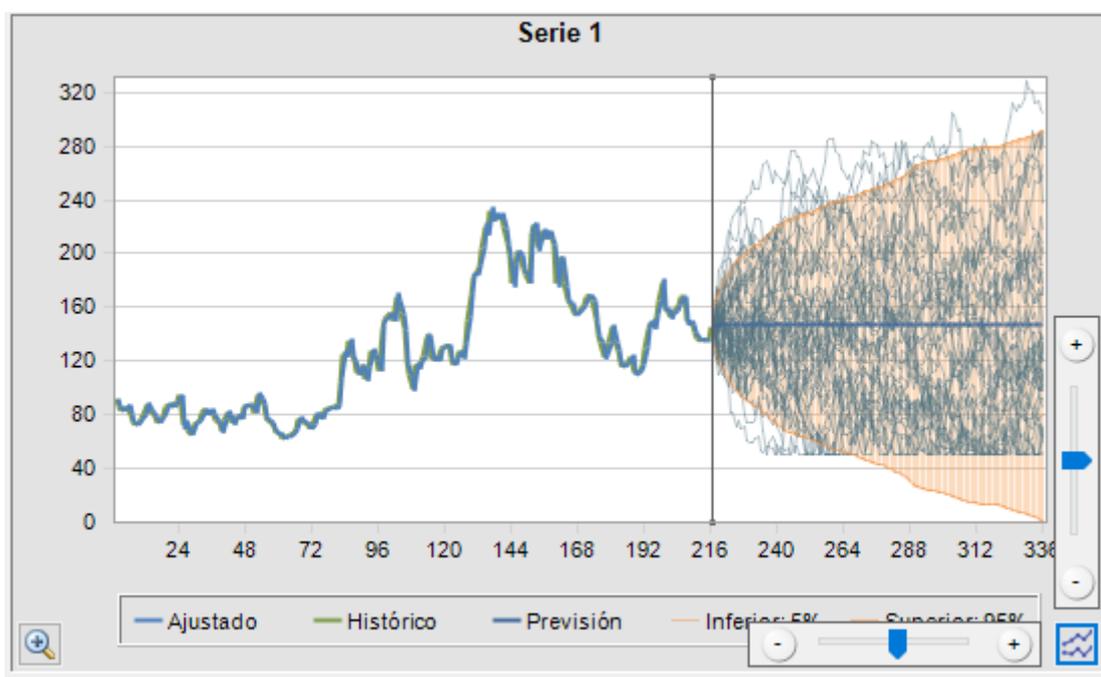
La inflación es una variable que depende de varios factores simultáneamente que pueden hacerla variar en rangos muy amplios, sobre todo en un contexto como el de Argentina. Por esta razón, proyectar su valor es muy difícil y no se consideró correcto proyectarla usando series de tiempo, ya que su valor futuro depende más de la situación en el momento que de su evolución en el tiempo. Por esta razón para estimar la inflación

en el primer análisis económico financiero se usaron estimaciones obtenidas en el estudio de mercado. Sin embargo, dados los cambios macroeconómicos del país en el año corriente, se utilizó una nueva proyección actualizada para poder observar el impacto que tienen estos cambios súbitos que tiene el país.

Las proyecciones obtenidas otorgan información de su valor medio, pero no de cómo puede variar. Se decidió relacionar la inflación a una distribución normal, ya que la misma puede tomar tanto valores positivos como negativos pero siendo poco probable que la inflación tome valores negativos. Debido a esto, y a que no se tiene información sobre los parámetros de esta distribución, se estimó el desvío de la inflación. Se asumió que los primeros años habría mayor incertidumbre con respecto a la inflación, pero con el paso del tiempo la inflación va disminuyendo.

Precio internacional del maíz

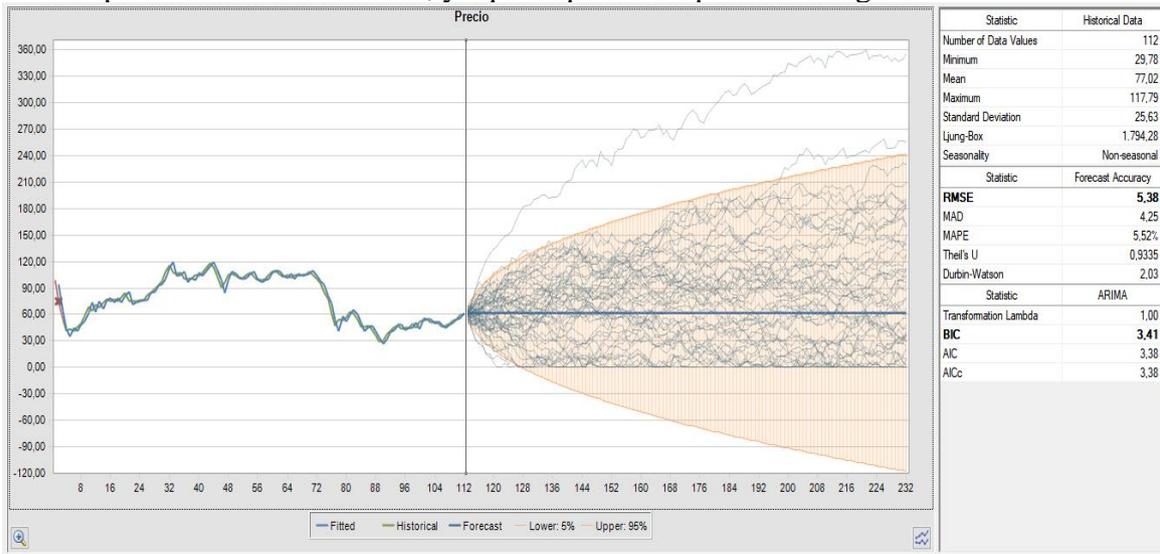
En el análisis de mercado se proyectó el precio del maíz usando los métodos de mean reversion y random walk. Mediante este método se obtuvo un precio estimado y sus posibles desviaciones, sin embargo para el análisis económico financiero se tomó el valor más probable. Lo correcto para evaluar los riesgos es estudiar los posibles resultados ante distintos precios del maíz. Para hacer esto se usó la herramienta *Predictor*. Como input se tomaron los datos mensuales del precio del maíz de los últimos 18 años, y se obtuvo como output una proyección de los siguientes 120 meses (10 años). Como todo el análisis se hizo en forma anual se tomó valor promedio de cada año como valor final. Asimismo, se establecieron ciertos límites para los valores posibles de la estimación, ya que el precio no puede ser negativo.



Barril del petróleo

El precio del barril del petróleo impacta los resultados en el ahorro por el contrafilete, y en algunos escenarios planteados en el precio de venta del bioetanol. Por esta razón se lo consideró variable. Para eso se proyectó el precio del barril usando la

herramienta *Predictor* de Crystal Ball. Asimismo, se establecieron ciertos límites para los valores posibles de la estimación, ya que el precio no puede ser negativo.



Para calcular el impacto de esta variable en el contraflete se consideró que un 60% del precio varía según el aumento proporcional del precio del barril, mientras que el otro 40% varía según la inflación.

Apreciación real del dólar

Para estudiar el impacto del tipo de cambio en los resultados posibles del proyecto se utilizó el tipo de cambio nominal. Con el tipo de cambio ocurrió algo similar que con la inflación, que por el contexto del país cambió mucho, generando resultados en el proyecto distintos que los analizados en el estudio económico-financiero. Para que el tipo de cambio varíe con las fluctuaciones del contexto se lo asoció a la inflación del peso, del dólar y a la depreciación del peso con respecto al dólar.

Una vez hecha esta relación, se procedió a estudiar cómo pueden variar los distintos elementos que componen el tipo de cambio nominal. Previamente ya se analizó cómo puede variar la inflación en pesos. Por otro lado, la inflación en dólares si bien puede variar ligeramente, es mucho más estable y se consideró que en caso de variar no tendría mucho impacto, con lo cual no se lo consideró variable. Por último, la depreciación del peso puede variar. Para el primer año se calculó una depreciación basados en el tipo de cambio nominal a fin de año según Rofex. Luego se estimó que la devaluación fuerte ocurrió este año, por lo que el segundo año puede que haya cierta devaluación pero menor, y ya a partir del tercer año el tipo de cambio real se supuso constante.

Demanda de bioetanol

Inicialmente se tomó como input que el bioetanol es un commodity y que todo el bioetanol producido se podría vender al liberarse los cupos. Sin embargo la situación es un poco distinta. Al haber un corte estipulado, la demanda del país está limitada a la producción de nafta. En caso de liberarse los cupos la demanda de bioetanol para la empresa variará en función de la oferta. Se analizarán distintos escenarios posibles de variación de la demanda, detallados más adelante.

Riesgo país

El riesgo país viene dado por el EMBI, un indicador que representa la diferencia entre los bonos emitidos por países emergentes y los bonos del tesoro de Estados Unidos, que se consideran libres de riesgo. Esta diferencia se considera que es el mayor rendimiento esperado por el mercado al ser un bono más riesgoso.

Para estimar la distribución de valores posibles del EMBI se tomó inicialmente los valores de diciembre de 2017, y se asumió una distribución normal de media 355 y desvío 200 debido a las grandes fluctuaciones que tuvo durante 2018, y se asumió que se va a mantener de esta manera durante todo el proyecto.

Tasa libre de riesgo

La tasa libre de riesgo depende de la tasa establecida por los bonos de estados unidos. Si bien esta tasa puede variar, los cambios no suelen ser muy significativos. Para la distribución de esta variable se asumió una distribución normal de media 3% y desvío 0,5%.

Tasa de interés de la deuda

La tasa de interés del préstamo, si bien asumimos una, la misma se estimó a partir de información provista del año pasado. La tasa a la que se toma el préstamo puede ser distinta que la asumida. Por esta razón se determinó una distribución lognormal.

Escenarios

A pesar de que el análisis económico-financiero arrojó muy buenos resultados, es importante tener en cuenta el hecho de que éstos son muy dependientes del escenario en que se desarrolle. El escenario evaluado es uno en el que el precio de venta está regulado por ley, y según la fórmula que se usa el precio de venta se establece en función de los costos de producción. Esto genera que la probabilidad de que el proyecto sea rentable sea mucho mayor. Sin embargo es posible que el contexto cambie y se pierda este beneficio.

Por otro lado, se habían tomado proyecciones de diciembre de 2017, momento en el cual el contexto macroeconómico y las proyecciones del país eran muy distintas a lo que realmente ocurrió. Por esta razón, para estudiar situaciones más realistas, se actualizaron los datos.

Existe una enorme cantidad de escenarios posibles a desarrollar. Se pueden liberar los cupos para la venta de alcohol a las refinerías o pueden otorgarse cupos nuevos a otras empresas, se puede aumentar el corte de bioetanol en las naftas (por temas políticos es muy poco probable que baje), pueden liberarse el precio del bioetanol y dejar que lo regule el mercado, y todas las posibles combinaciones de estos. A fines del análisis del proyecto se tendrán en cuenta tres de estos escenarios: el escenario original, en el que el 3° año se liberan los cupos pero el precio se mantiene regulado, un escenario en el que no se libera ni el precio ni el cupo, y otro escenario en el que se liberan ambos.

Para todos los escenarios se considerará que se establece un contrato con Porta por los primeros 10 años del proyecto. Según el mismo, Porta comprará toda la producción de bioetanol de la planta (mientras no se liberen ni los cupos ni los precios) a un precio de un 90% el valor establecido por la ley, pero este contrato queda sin efecto en caso de liberarse los cupos, el precio, o ambos.

Escenario 0: Se libera el cupo pero no el precio

Este es el escenario que se tomó inicialmente al considerar el proyecto. En este escenario los primeros dos años se le vende toda la producción a Porta según lo establecido por el contrato. En el tercer año se liberan los cupos pero se mantiene vigente la ley que regula el precio. Con esta situación se comienza a vender bioetanol anhidro

directamente a las refinerías. Debido al libre mercado se considera que en este escenario, a partir del tercer año la demanda puede variar.

Escenario 1: No se libera ni cupo ni precio

Se considera que el precio del bioetanol continúa siendo el precio estipulado por la ley durante todo el proyecto. Sin embargo, el cupo tampoco se libera, por lo que ni la mini destilería ni Porta tienen la posibilidad de vender a refinerías. De esta manera, el contrato con Porta mantiene su vigencia y se le vende toda la producción de alcohol hidratado (5000 m³/año) como materia prima para su producción industrial, al precio estipulado por Porta.

Escenario 2: Se libera tanto el cupo como el precio

Los primeros dos años se continúa con el contrato establecido con Porta. A partir del vencimiento se comenzaría a vender a las refinerías el bioetanol directamente. Para eso se deberá haber comprado el anhidridador. Al haberse liberado los cupos se asume que se podrá vender directamente a las refinerías el bioetanol anhidro producido, pero al haber libre mercado también es posible que no se venda toda la producción, ya que va a depender de la oferta. De esta manera, en este escenario se considera la cantidad demandada como una fuente de variabilidad, teniendo una distribución triangular de parámetros (4000, 4775, 4000).

Lo otro que va a cambiar respecto del escenario anterior es el precio. En este caso al liberarse el precio se produciría una situación de libre mercado en la que el mismo está determinado por el principio de oferta-demanda. En este caso se considera que el precio va a variar en un 90% acompañando la variación del precio del barril de petróleo y un 10% según la inflación.

Tornado Chart

Para estudiar las variables más significativas que afectarían en mayor medida los resultados del proyecto se utilizó la herramienta Tornado Chart. Sin embargo, debido a limitaciones de la herramienta Crystal Ball, no fue posible agrupar las proyecciones en una sola variable en esta instancia. Al tener como fuente de variabilidad proyecciones para las que se usó la herramienta predictor para hacer que varíe usando Random Walk, Crystal Ball toma cada celda individual como una fuente individual de variabilidad.

De esta manera, el resultado obtenido no tenía sentido útil para el trabajo y por lo tanto no fue útil la herramienta en esta instancia. Por esta razón se procedió directamente a hacer los análisis de sensibilidad usando la simulación de montecarlo.

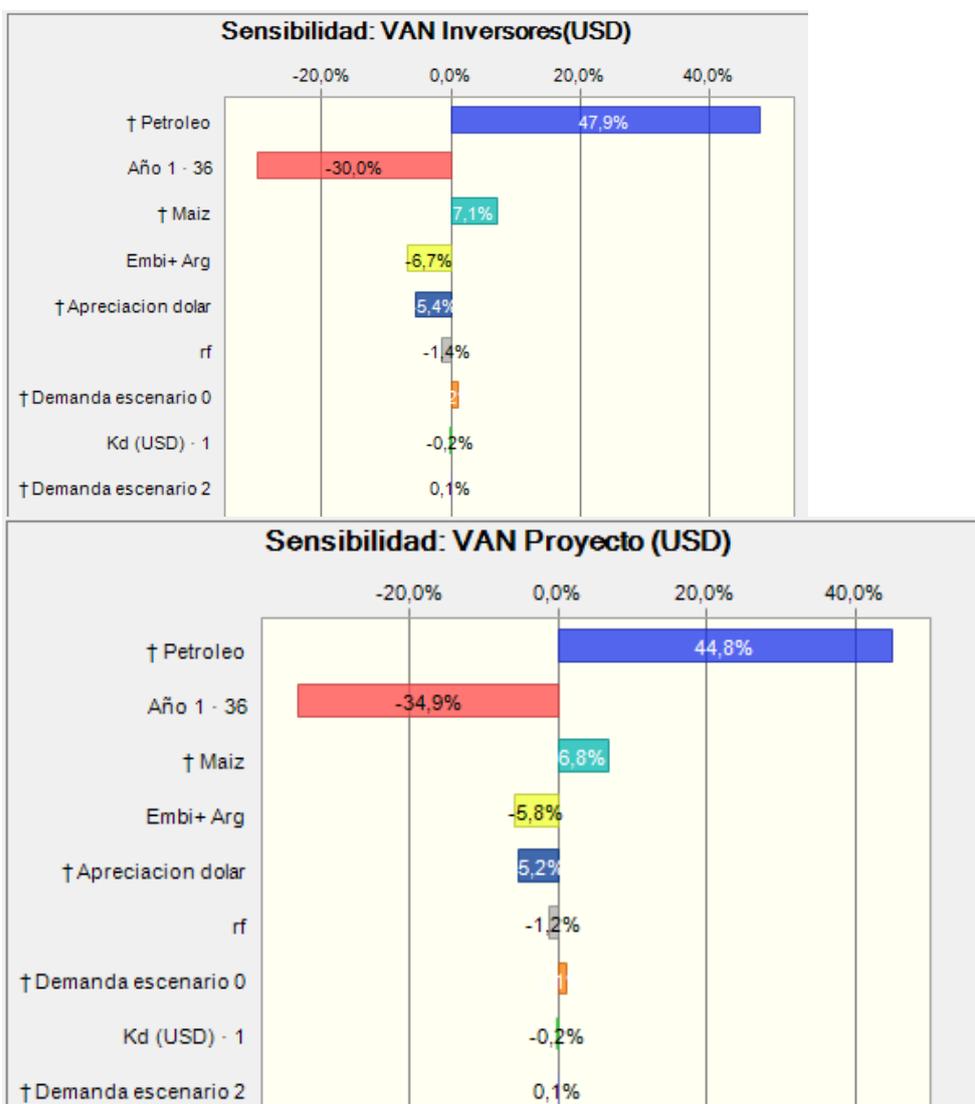
Análisis de sensibilidad

Debido a la imposibilidad de obtener información útil a partir del tornado chart, para el análisis de sensibilidad se decidió hacer 1000 corridas de cada escenario y estudiar el análisis de sensibilidad resultante de hacer la simulación. Como de esta manera el programa permite agrupar variables, los resultados aportan información concreta y útil. Por esta razón a partir de este análisis de sensibilidad se determinaron las variables con mayor impacto en los resultados y se usaron solamente esas variables más adelante para hacer la simulación con un mayor número de corridas.

Se realizó un análisis de sensibilidad para cada escenario a considerar. A continuación se presentan los resultados.

Nota importante: la variable que figura como: Año 1 - 36 representa la variabilidad de la inflación. No fue posible cambiarle el nombre a esa variable y por eso figura de ese modo.

Escenario 0



Se observa en los gráficos de sensibilidad que las variables que provocan mayor volatilidad en el VAN del proyecto son las siguientes:

- Precio del barril de petróleo

Esta variable afecta de manera directa a la rentabilidad del proyecto porque cuánto más caro es el petróleo, mayor será el costo del flete para trasladar el maíz a Rosario, y por lo tanto mayor el descuento obtenido por contraflete. Si bien uno podría haber pensado a priori que el maíz sería más relevante, al impactar el precio del maíz tanto en los ingresos como en los egresos el efecto de esto queda de alguna manera neutralizado en los resultados, mientras que el precio del petróleo impacta en este escenario en el descuento del contraflete (egresos) pero no tiene un efecto contrarrestante en los ingresos y por eso tiene mayor peso en la variabilidad de resultados.

- Inflación

La inflación afecta negativamente la rentabilidad ya que, si bien tiene incidencia en los ingresos, es mayor su efecto sobre los costos. Por otro lado, el modelo considera la relación entre la inflación y el tipo de cambio nominal. Esta última variable también tiene un efecto mayor sobre el costo de los insumos que sobre los ingresos que se generan por aumento de precios.

- Precio del maíz

En este escenario se consideró que el que el precio al que se vende el bioetanol se mantiene regulado durante toda la vida del proyecto, siendo su principal componente el precio del maíz. Por esta razón, cuando varía, los ingresos y egresos varían en el mismo sentido, afectando de manera positivamente la rentabilidad del proyecto.

- Riesgo país

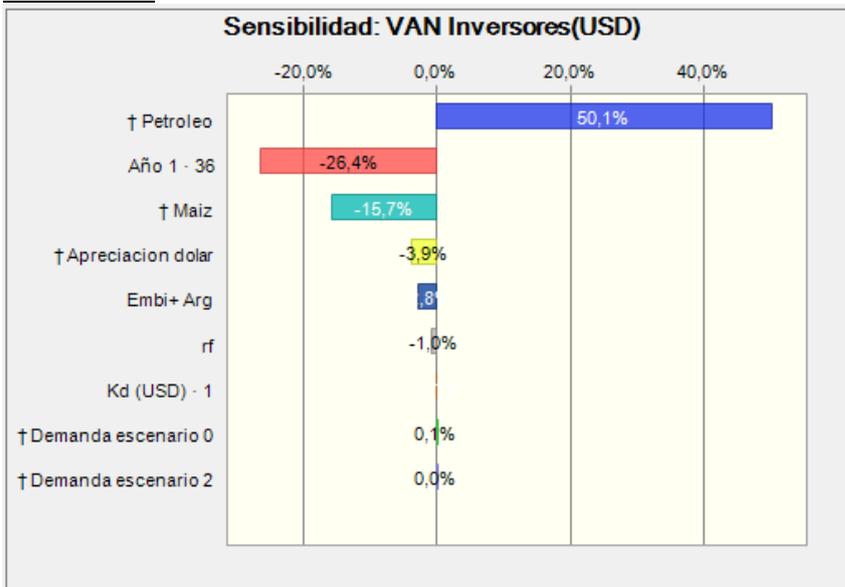
Cuando el riesgo país aumenta, también lo hace el costo de capital, aumentando las tasas con las que se descuenta el proyecto. Por lo tanto, afecta negativamente la rentabilidad del proyecto.

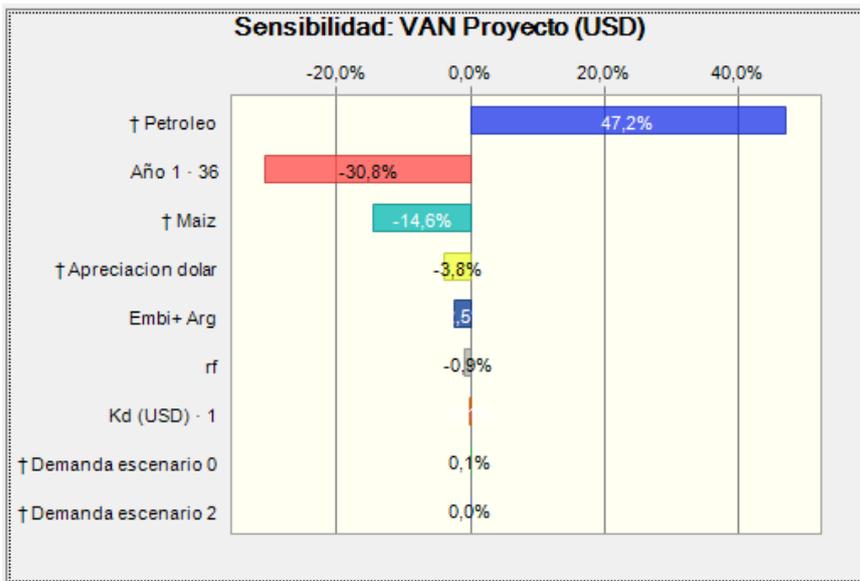
- Tipo de cambio real

Cuando aumenta el tipo de cambio real muchas variables del proyecto se ven afectadas. Entre ellas se destaca el efecto que tiene sobre la deuda, la cual fue tomada en dólares y, al depreciarse la moneda local, el monto adeudado es cada vez mayor.

Para realizar la simulación de Montecarlo para observar cuál es la distribución de el VAN en este escenario sólo se consideró la variabilidad de las variables anteriormente mencionadas.

Escenario 1





En este escenario las variables más significativas son las mismas que en el escenario anterior

- Precio del barril de petróleo

Esta variable afecta de manera directa a la rentabilidad del proyecto porque cuánto más caro es el petróleo, mayor será el costo del flete para trasladar el maíz a Rosario, y por lo tanto mayor el descuento obtenido por contraflete. Dado que el precio en ambos escenarios está regulado, en ambos escenarios tiene un impacto similar, de cerca de un 50%.

- Inflación

La inflación afecta negativamente la rentabilidad, al igual que en el escenario anterior. Esto es una señal de que, si bien tanto los ingresos como los egresos se ven impactados por la inflación, evidentemente en los egresos tiene un mayor peso y por eso un aumento en la inflación implica peores resultados.

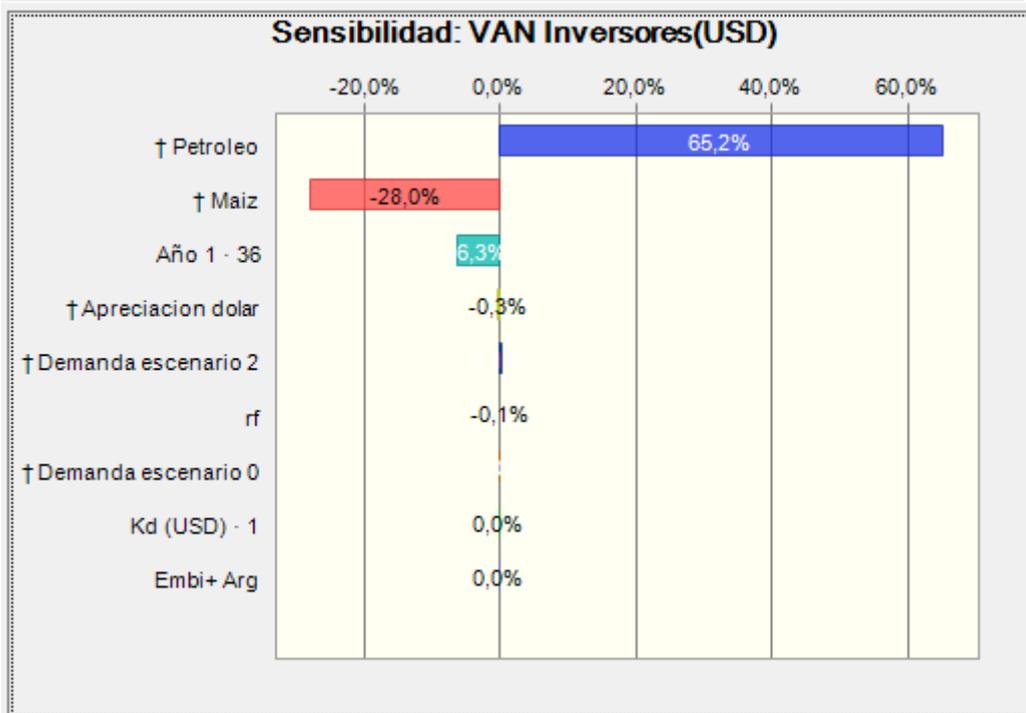
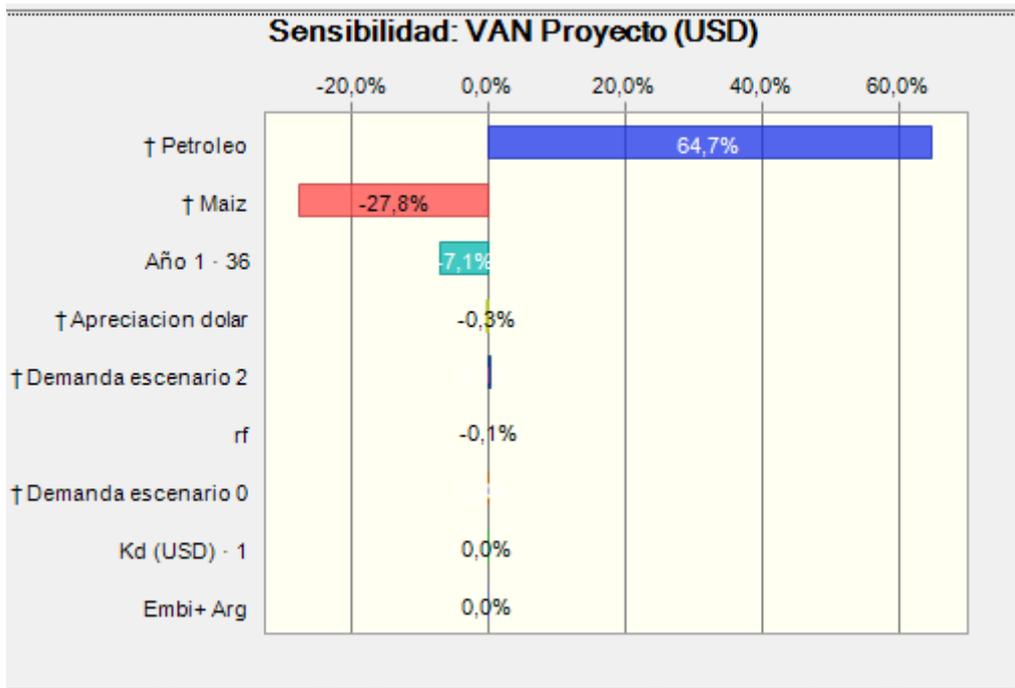
- Precio del maíz

A diferencia del escenario 0, en el que el aumento del precio del maíz implicaba mejores resultados, en este caso los empeora. Esto se debe a que en este escenario no se liberan los cupos, por lo que se continúa vendiendo a Porta a un precio menor que el estipulado por la ley. Esto hace que la “ventaja” de tener un precio de venta asociado a los costos tenga un impacto contrario ya que los costos aumentan pero el precio de venta no aumenta en la misma medida.

- Riesgo país y apreciación del dólar

Estas variables tienen el mismo efecto que en el escenario anterior.

Escenario 2



En este escenario en el que hay liberación de cupos y precio, las variables que aportan más riesgo al proyecto cambian respecto de los escenarios anteriormente analizados. Las nuevas variables más significativas son:

- Precio del petróleo

El precio del petróleo es nuevamente la principal fuente de variabilidad afectando directamente, pero en este caso toma mayor importancia respecto de las situaciones anteriores. Esto es porque, además de influir en el precio del maíz por el contrafleite, en este escenario el precio del bioetanol se encuentra atado al del petróleo. Por lo tanto, al

aumentar el precio del barril de petróleo, bajará el precio del maíz (principal insumo) y aumentará el de los productos vendidos, siendo esta situación muy favorable para el proyecto.

- Precio del maíz

El precio del maíz afecta inversamente al proyecto al igual que en el escenario 1, pero en este caso toma mayor preponderancia que en el anterior. Esto tiene lógica porque el efecto negativo que tiene en el escenario 1 una suba del precio de maíz se contrarresta en una medida por una suba del precio de venta del bioetanol. En este nuevo escenario, el precio del bioetanol se independiza del precio del maíz por lo que éste sólo afectará en los costos.

- Inflación

El efecto de la inflación es similar al de los escenarios anteriores ya que influye en tanto en los egresos como en los ingresos (el precio del bioetanol sigue afectado, aunque en menor medida que en los escenarios anteriores, por el IP).

- Tipo de cambio

El tipo de cambio influye de manera análoga a los escenarios anteriores.

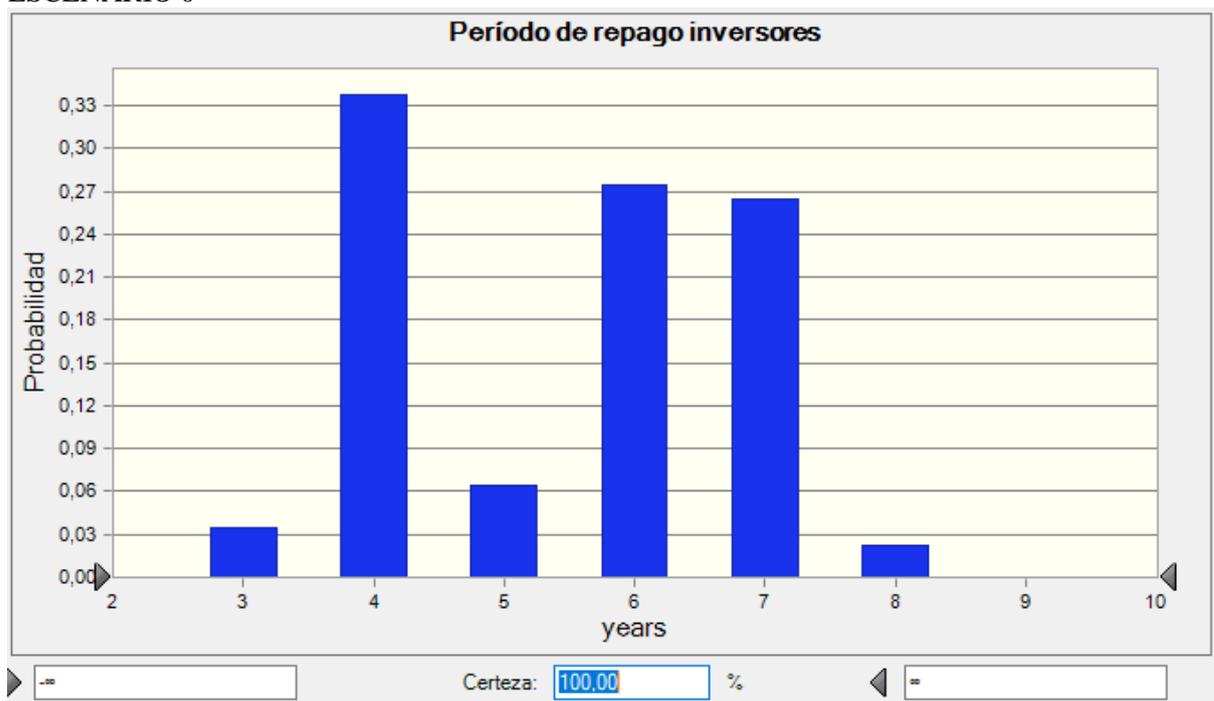
- Demanda

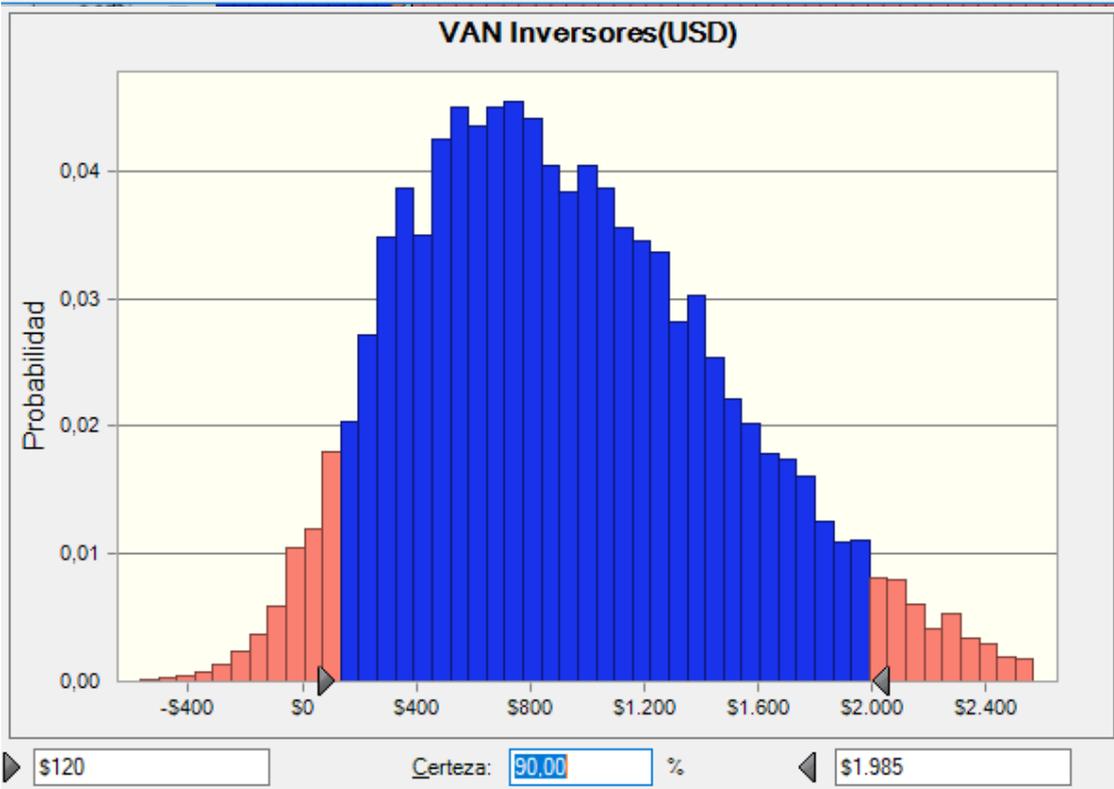
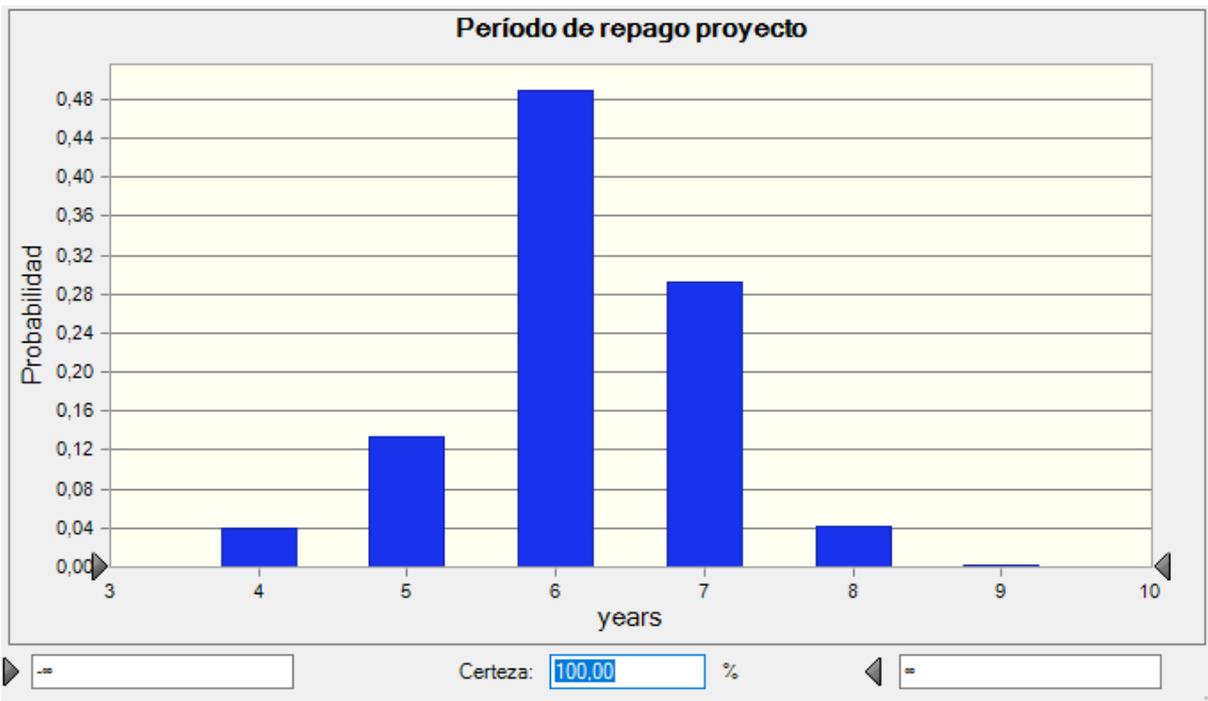
Este es el único escenario en el que la demanda de bioetanol puede variar, aunque se consideró poca variación para la misma, por lo que el efecto no es significativo.

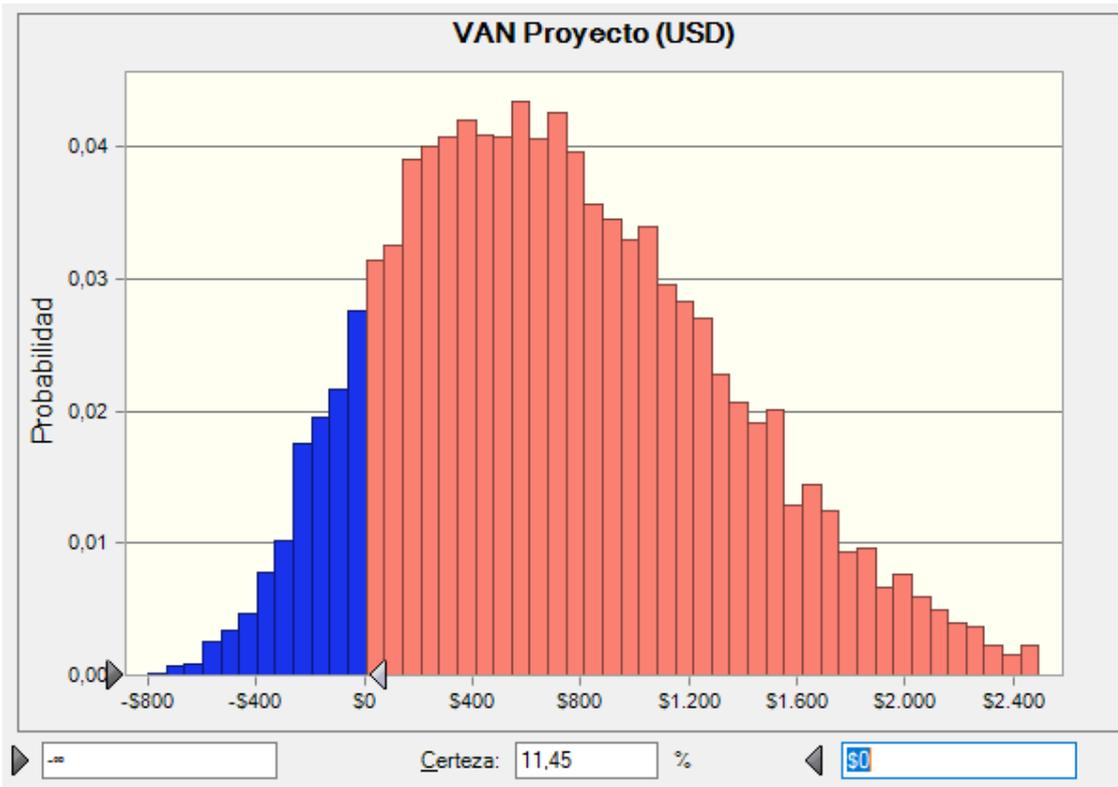
En función del análisis realizado, se procede a hacer la simulación de montecarlo completa en los tres escenarios, tomando como variables solamente el precio del maíz, el del petróleo, la inflación, el riesgo país y la apreciación del dólar.

Análisis de Montecarlo

ESCENARIO 0

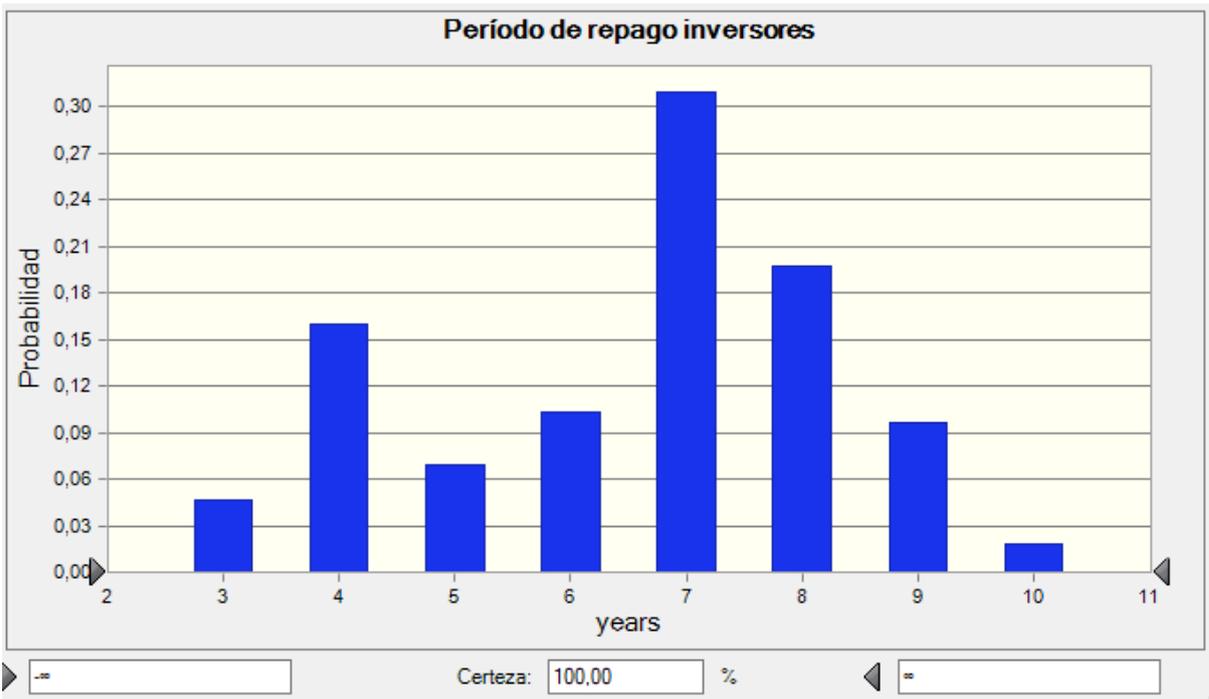


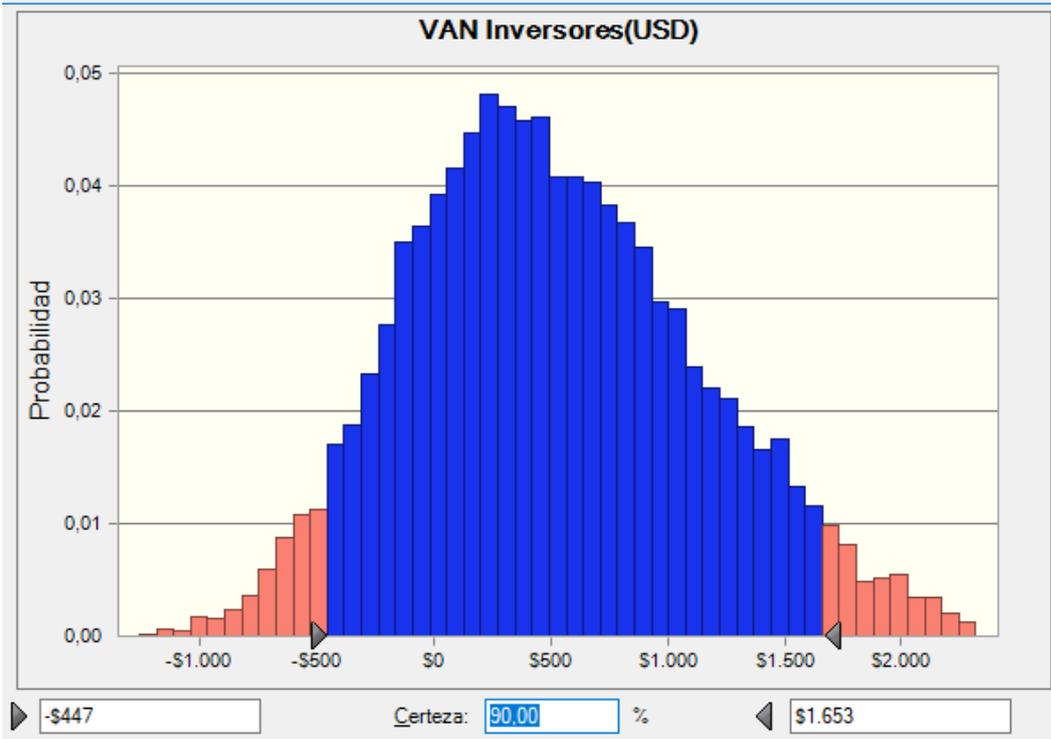
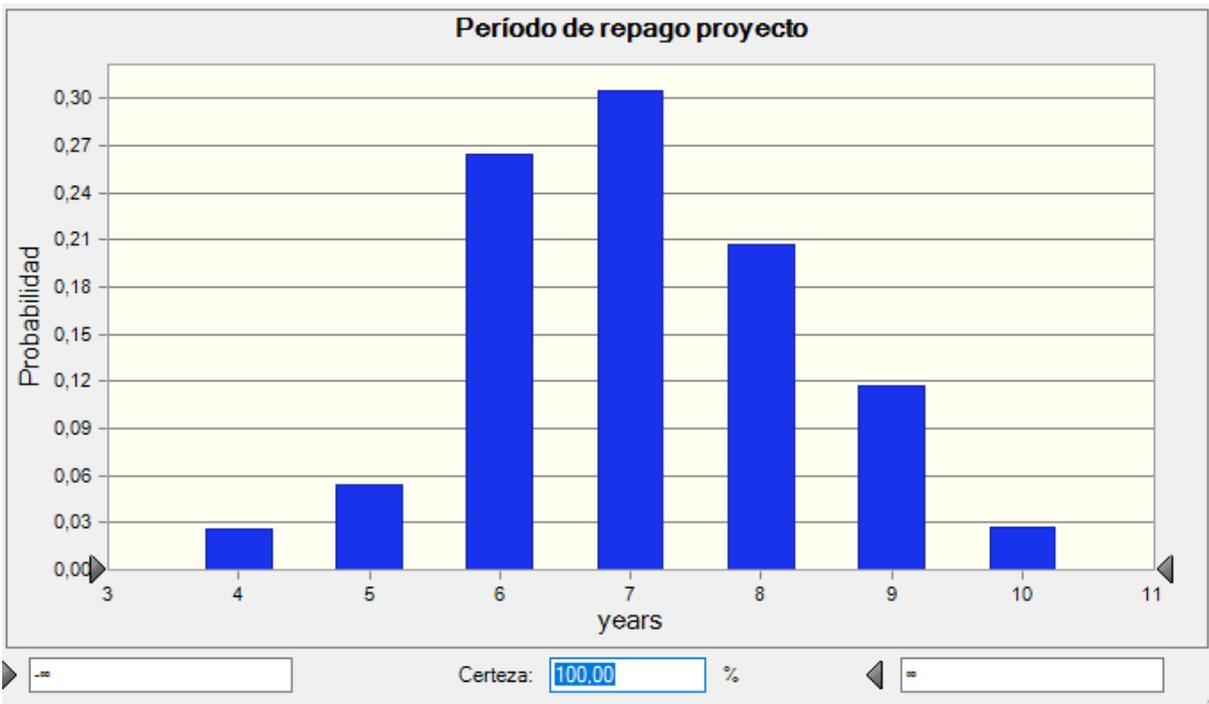


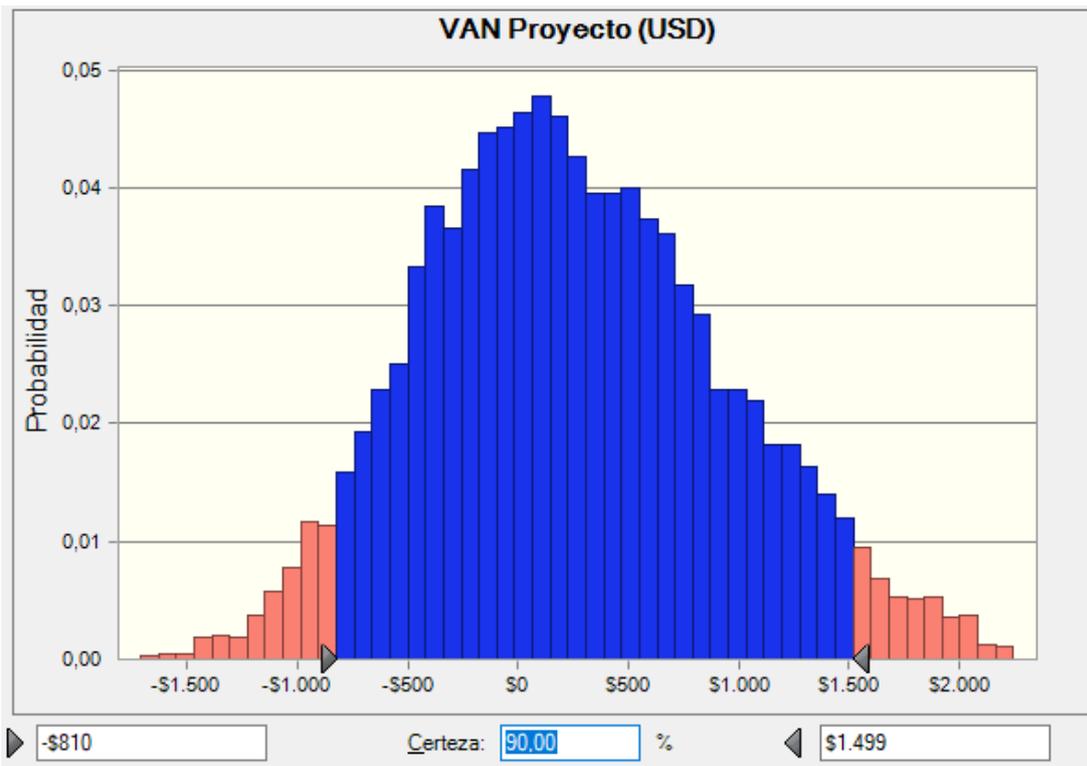


VAN esperado	Intervalo	Nivel de confianza	P(VAN<0)	Media
Inversores (USD)	[\$120;\$1985]	90%	2,45%	\$600
Proyecto (USD)	[-\$183;\$1867]	90%	11,45%	\$700

ESCENARIO 1

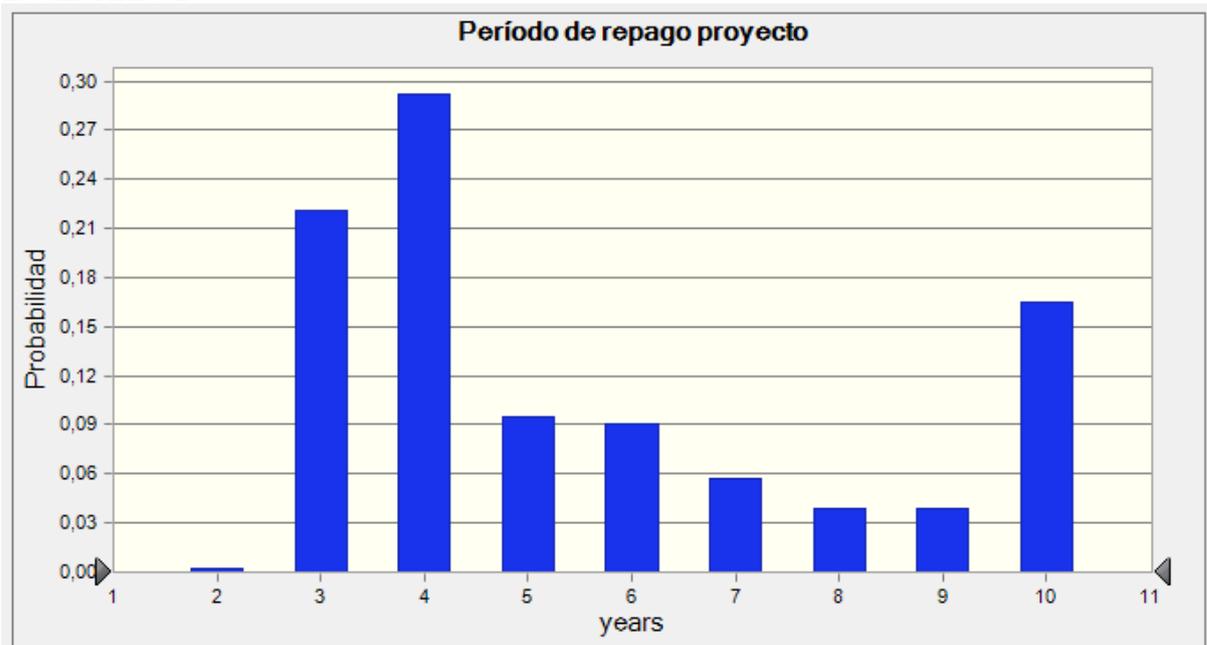


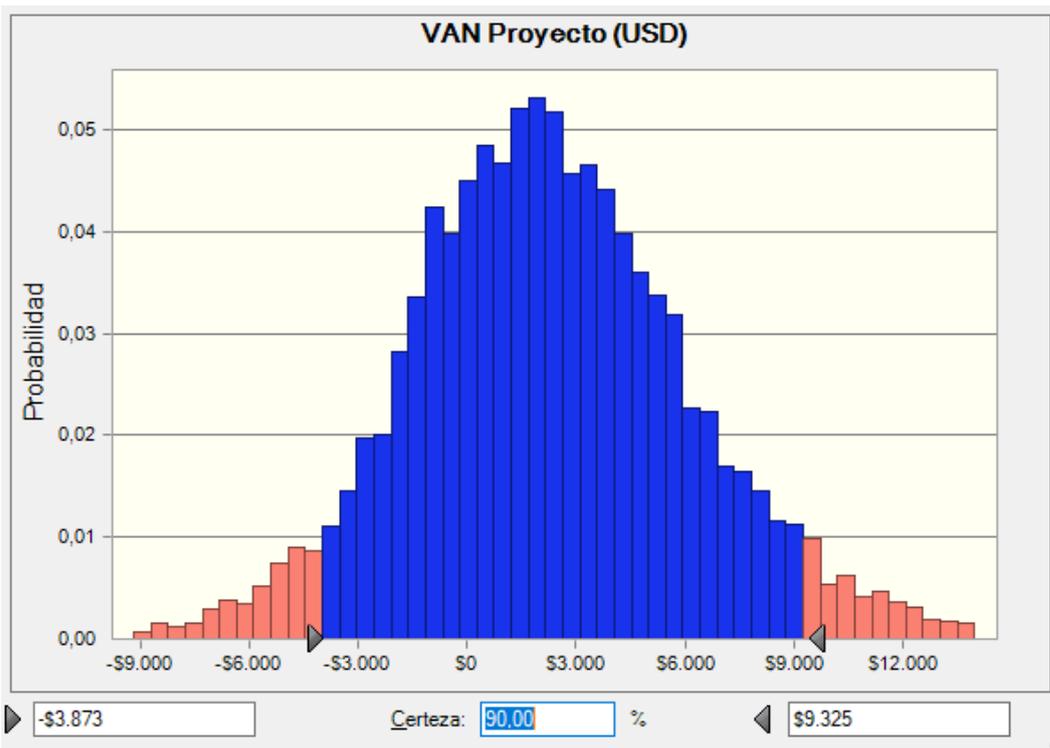
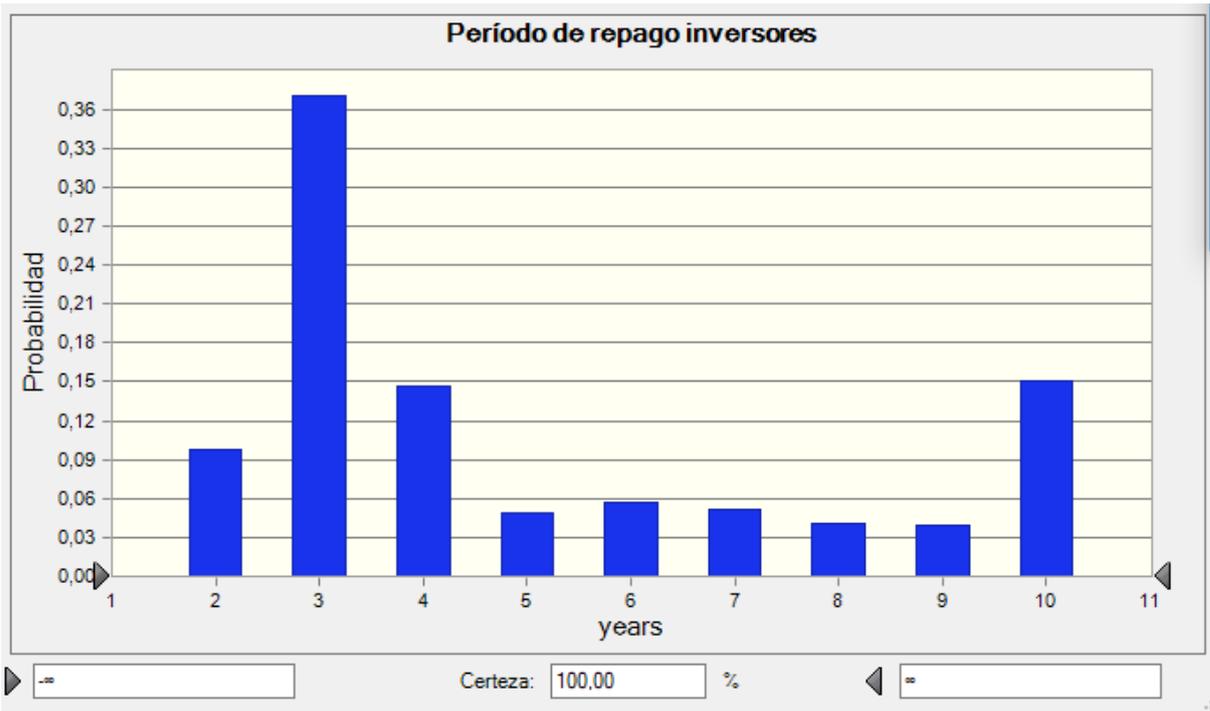


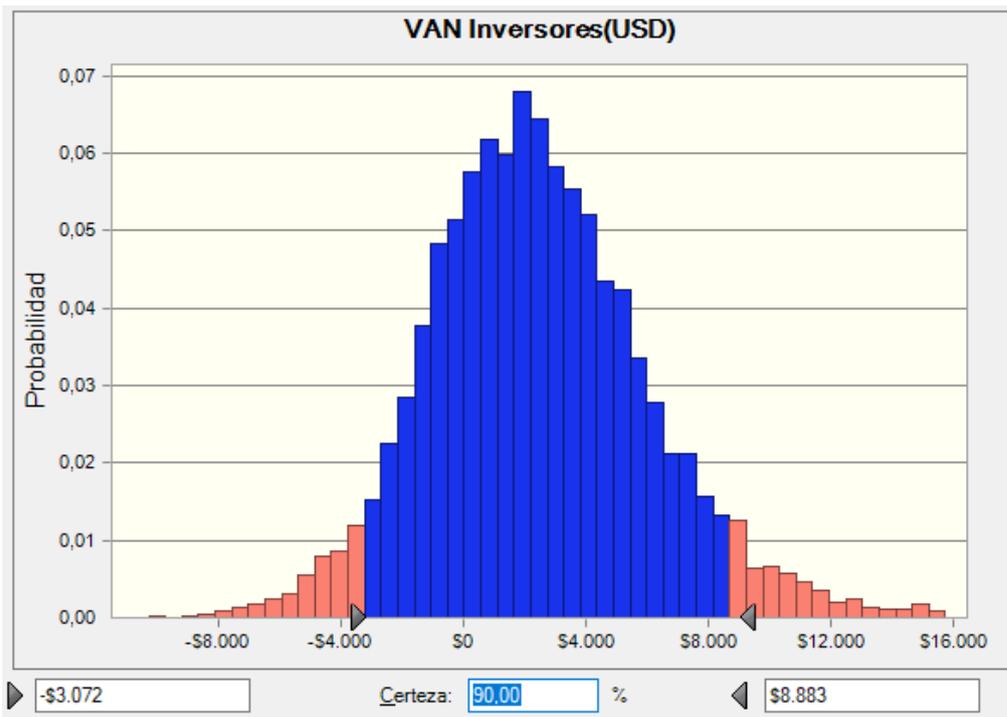


VAN esperado	Intervalo	Nivel de confianza	P(VAN<0)	Media
Inversores (USD)	[-\$447;\$1653]	90%	21,39%	\$300
Proyecto (USD)	[-\$810;\$1499]	90%	38,04%	\$0

ESCENARIO 2







VAN esperado	Intervalo	Nivel de confianza	P(VAN<0)	Media
Inversores (USD)	[-\$3873;\$9325]	90%	24,85%	\$1.500
Proyecto (USD)	[-\$3072;\$8883]	90%	27,73%	\$2.000

Se observa en los resultados obtenidos en las simulaciones de Montecarlo del escenario original (Escenario 0) tiene una probabilidad de tener VAN para los inversores negativo de 8.59%. Este escenario resulta bastante poco volátil ya que se supuso que el precio del bioetanol se mantiene regulado y por lo tanto relacionado al precio del maíz, el principal insumo. Desde el punto de vista de los riesgos, esto resulta muy conveniente, ya que los ingresos y egresos del proyecto se mueven de la misma manera.

El Escenario 1 también supone que el precio del bioetanol está regulado. Sin embargo, supone que no se liberan los cupos y por lo tanto no se le puede vender bioetanol directamente a las refinерías. Esto hace que los ingresos del proyecto sean sensiblemente menores ya que el bioetanol producido se le vende a Porta Hnos. durante todo el proyecto, y al estar hidratado su precio de venta es menor. Es por esto que se obtiene una distribución de VAN que está acotada pero sus valores son más negativos. La probabilidad de obtener una rentabilidad negativa es de 45.04%, un valor muy alto.

Por último, el escenario 2 presenta los resultados más variados. Esto se debe a que este escenario plantea que se libera el precio del bioetanol y los cupos. Así, los movimientos del precio del bioetanol dejan de tener relación con los del maíz, pasando a tener un precio marcado por el mercado que se relaciona con el precio del petróleo, presentando una volatilidad mucho más alta. Se obtuvo un VAN negativo el 24.66% de las corridas, con una amplitud de resultados mucho más amplia que en los otros dos escenarios.

Mitigación de riesgos

En base a consultas realizadas a empresas que se encuentran actualmente en el mercado del bioetanol, lo más probable es que ocurra el escenario 1. Sin embargo, es importante analizar todos los escenarios y evaluar planes de acción en cada uno de ellos, siempre que sea posible.

Es posible cubrirse de las fuentes de variabilidad del proyecto de distintas maneras.

Un aumento en el riesgo país impacta en el proyecto debido a que afecta la tasa a la que se descuentan los flujos de fondo, haciendo que el mismo tenga un VAN menor. Para contrarrestar este efecto sería necesario lograr que ante un incremento en el riesgo país, se pudiera tener una nueva fuente de ingresos al proyecto. Esto se podría conseguir tomando una posición corta en bonos soberanos. De esta manera, al subir el riesgo país y disminuir el valor de los bonos, el proyecto obtendría una ganancia de plata, reduciendo el efecto negativo en el VAN.

Por otro lado, los movimientos hacia arriba en el precio del petróleo afectan positivamente la rentabilidad del proyecto. Una manera de cubrirse de los movimientos hacia abajo de este commodity sería utilizar un instrumento financiero cuyo comportamiento sea contrario al del proyecto. Un ejemplo sería mantener una posición corta de barriles de petróleo: así, si el precio sube, el proyecto tendrá mejores resultados pero se tendrían las pérdidas asociadas al instrumento financiero. Si el precio baja, el instrumento financiero compensará las pérdidas del proyecto.

Otra de las variables que le agregan riesgo al proyecto en todos los escenarios analizados es el precio del maíz. El efecto de variabilidad en los resultados que le da la volatilidad de este precio al proyecto se puede mitigar usando instrumentos similares a los que usamos con el caso del precio del petróleo. La salvedad es que para los escenarios 1 y 2, el efecto del precio del maíz es inversamente proporcional a los resultados, por lo que en lugar de tomar una posición corta se debe tomar una posición larga comprando futuros, limitando la magnitud en la cual una variación en su precio puede impactar el resultado del proyecto. Para el escenario 0, la situación es la contraria ya que el precio del maíz afecta de manera directa al VAN, por lo que se toma una posición corta de maíz.

Todos estos instrumentos financieros, que, si bien pueden ser eficientes en la mitigación de efectos negativos ante ciertas variaciones en los precios, tienen también un potencial negativo en contratos a muy largo plazo. Este puede ser el caso de que los precios sufran alguna fluctuación muy grande y lo que en un momento parecía beneficioso termine jugándole en contra al proyecto. Esto fue lo que ocurrió en el caso de la empresa petrolera que vendió su petróleo con contratos de futuros en un momento que el precio estaba muy bajo a un precio que parecía conveniente. Sin embargo el precio real terminó superando por mucho el precio al que se había vendido en el contrato de futuros y por lo tanto la empresa terminó perdiendo. Es importante tener en cuenta estos aspectos a la hora de determinar la mejor forma de mitigar los riesgos del proyecto.

Por esta razón, se intentarán buscar alternativas a estos instrumentos financieros que den menor riesgo al negocio. Estas alternativas tienen que ver con la forma de los contratos, tanto con proveedores como con clientes. Se estudió el efecto de estas alternativas para el Escenario 2, que fue aquel en el que los resultados fueron más volátiles. En los otros dos escenarios, fijar los costos puede resultar contraproducente ya que, al estar el precio del bioetanol regulado y dependiente del precio del maíz, esto generaría mayor volatilidad en la rentabilidad del proyecto.

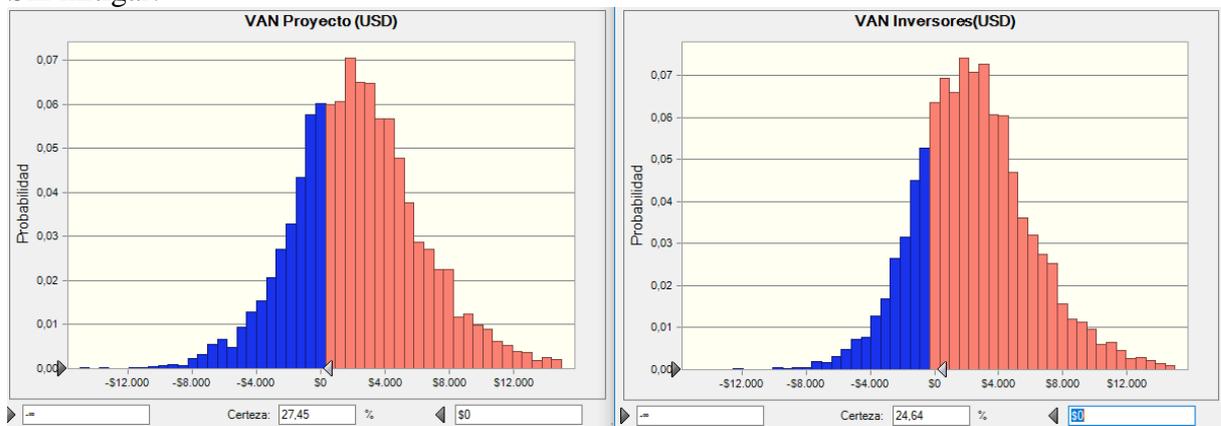
En el escenario 2, en el que el precio del maíz no está directamente relacionado con el precio del bioetanol, se corre el riesgo de que nuestra principal materia aumente su costo y nuestras ventas se mantengan constantes o incluso bajen. En este caso resultaría

muy útil realizar un contrato con los proveedores de maíz en el que se le asegure a los productores que se les va a comprar todo el maíz a un determinado precio. De esta manera, se puede fijar el precio de nuestro principal insumo, esperando que se reduzca considerablemente la incertidumbre en la rentabilidad del proyecto. Además, los productores de maíz también se asegurarían vender su producción a un precio que les resulte conveniente.

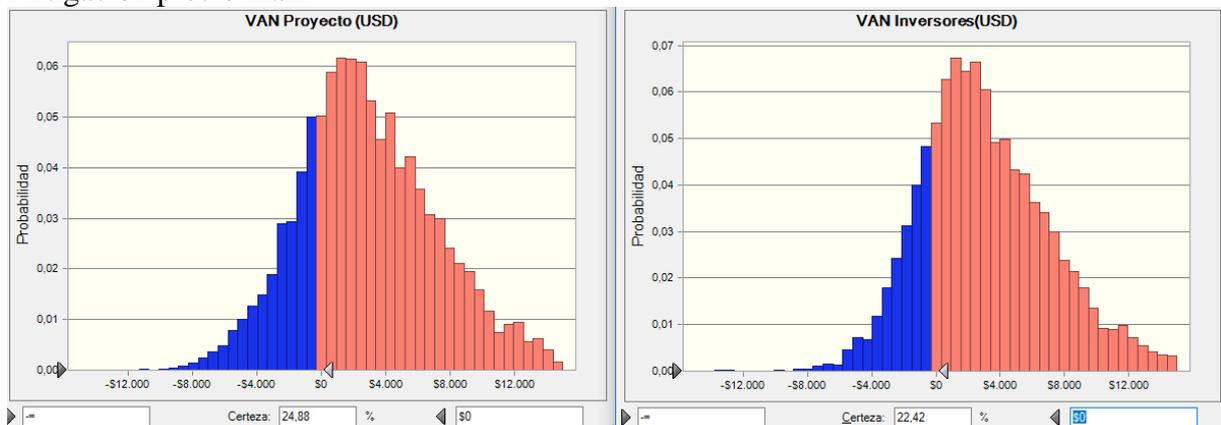
Otro contrato que puede establecerse es con las refinerías. Para las refinerías un riesgo es que el bioetanol aumente su precio, encareciendo su costo de producción de naftas. En este proyecto, si bien lo ideal es cobrar un precio alto por el bioetanol, es necesario protegerse de la posibilidad de que el precio de mercado del bioetanol sea demasiado bajo, con el potencial de ser menor que los costos de la planta de producción. Esta posibilidad impacta en el escenario en que se liberan los precios y los cupos. Para protegerse contra este riesgo se puede hacer un contrato con la refinería a la que se estableció que se le iba a vender en el estudio de localización. Este contrato podría estipular, junto con una cantidad fija de bioetanol, un precio mínimo y máximo de venta del bioetanol. Mientras el valor de mercado se mantenga en ese rango se le permitirá variar libremente. Sin embargo en caso de que el precio sea mayor a cierto porcentaje del costo de producción de la nafta, la refinería pagaría como máximo ese techo. De la misma manera, en caso de que el precio disminuya hasta un nivel menor que el costo de producción del bioetanol afectado por un margen de ganancia razonable, la refinería deberá pagar como mínimo ese precio.

Resultados obtenidos:

Sin mitigar:

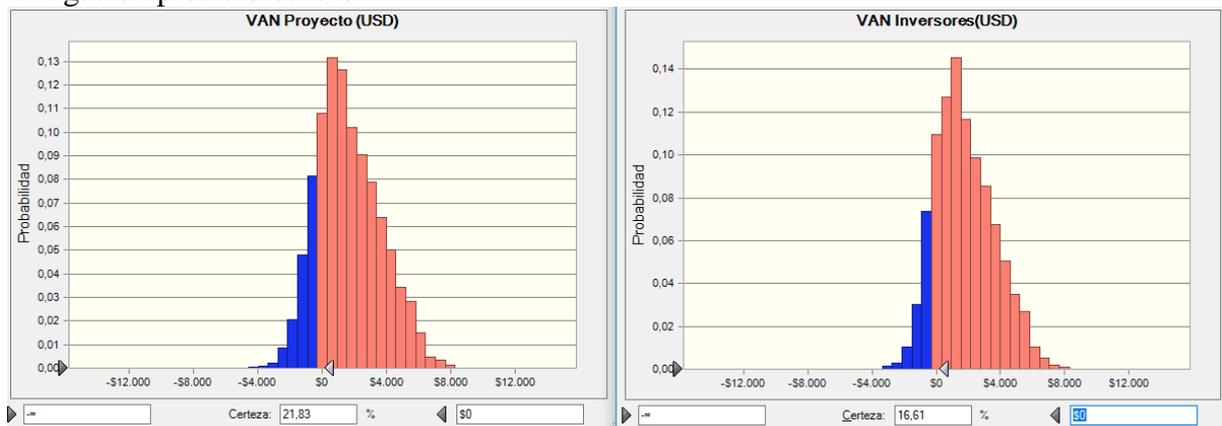


Mitigacion precio maíz



Al realizar la simulación del proyecto con la opción de fijar un precio del maíz previamente con los productores, los resultados no fueron los que se esperaban. Si bien el VAN mejoró levemente, no se puede apreciar una baja importante de la volatilidad del proyecto. Esto puede deberse a que el efecto que tiene el precio del maíz en la variabilidad de los costos es muy chica respecto de la preponderancia que toma en este escenario el precio del petróleo. Esto provoca que reducir la volatilidad del precio del maíz no modifique significativamente los resultados.

Mitigación precio bioetanol

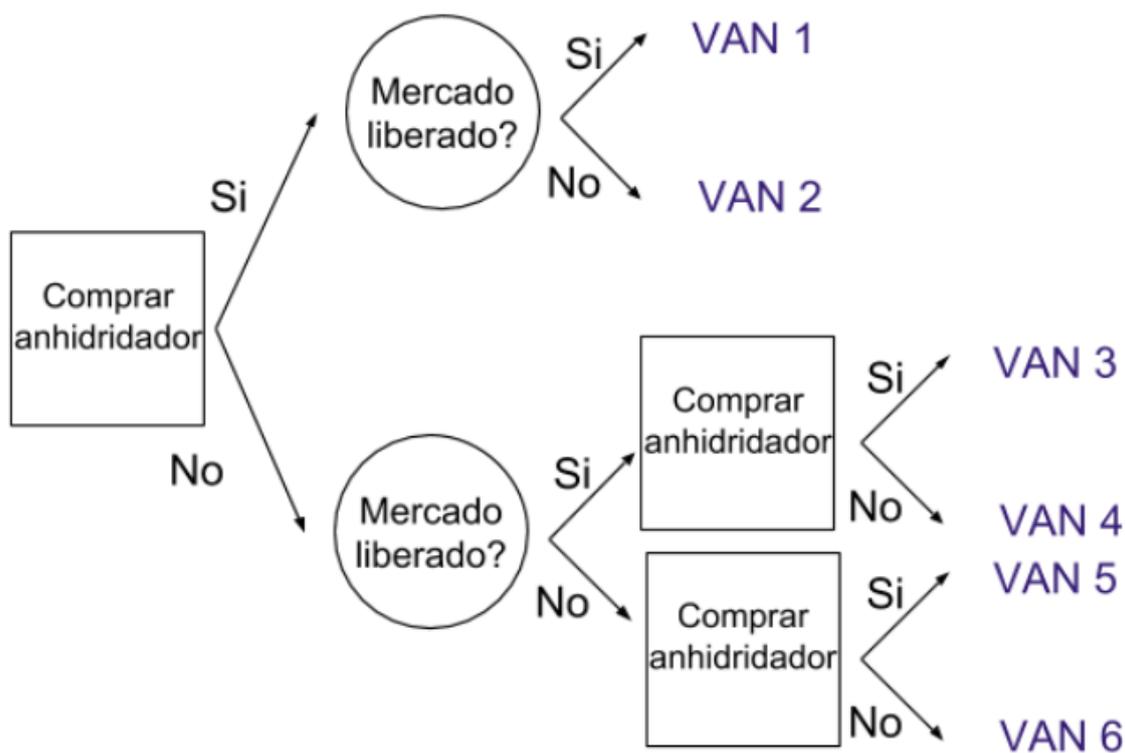


Cuando se realizó la corrida reduciendo la variabilidad del precio del bioetanol por medio de un contrato con las refinerías, se puede ver que los resultados cambian respecto del escenario base, mejorando considerablemente el riesgo del proyecto. Además de reducirse a 16.16% las probabilidades de que el VAN de los Inversores sea negativo, se reducen los valores posibles negativos que éste puede tomar, aunque por la naturaleza del contrato también se reducen los VAN positivos. Esta reducción en la volatilidad de los resultados hace que la opción de realizar un contrato de este tipo con las refinerías sea muy atractiva, en el caso de ser posible.

Opciones reales

La opción más importante del proyecto es la de instalar la planta anhidridadora, ya que representa aproximadamente un 10% de la inversión original. Esta inversión se puede realizar en distintos momentos del proyecto, o directamente no realizarse. Instalar esta planta es una decisión importante debido a que, de hacerlo, ofrece la posibilidad de independizarse de Porta y vender el bioetanol directamente a las refinerías al liberarse el cupo. Esta opción se analizará solamente en los escenarios 1 y 2 mencionados anteriormente.

En resumen las opciones son: instalar la planta anhidridadora desde un comienzo del proyecto, o esperar para ver si se liberan los cupos y analizar en ese momento si instalarla o no. Asimismo, existen los dos escenarios posibles planteados previamente, que son: que no se libere ni el precio ni el cupo, o que se liberen ambos.



Se esperaría que la compra de la planta anhidridadora no tenga sentido si no se libera el mercado y no se puede vender bioetanol anhidro a las refinerías. Es por esto que la opción de postergar la instalación los tamices moleculares pasa a tener un gran valor. De esta manera se puede esperar hasta el año 3 del proyecto, sin tener la incertidumbre de cómo va a estar regulado el mercado.

Si se instala la planta anhidridadora cuando se construye el resto de la planta y luego el mercado sigue regulado se obtendrán resultados muy negativos. Esto se debe a que se habrá instalado equipamiento muy costoso y no se podrá aprovechar completamente vendiéndole bioetanol anhidro a las refinerías.

Conclusión

El análisis de riesgos es una parte muy importante del análisis en un proyecto de inversión. En el estudio realizado se pudo observar como, un proyecto que inicialmente parecía muy rentable, al estudiar todas las fuentes de variabilidad se pudo ver que el mismo resultó mucho menos tentador.

Asimismo, en este caso existe un riesgo distinto que en muchos proyectos, que es que los riesgos de la instalación de una planta de bioetanol vienen dados por la gran cantidad de regulaciones que tiene este mercado y la incertidumbre de cuánto van a durar estas regulaciones. Por esta razón fue necesario hacer un análisis tanto de cambios en las variables como posibles escenarios en que se desarrollara el proyecto.

Con el mercado regulado, los principales ingresos varían de la mano de los principales egresos, con lo cual se tiene un proyecto poco riesgoso. Sin embargo, también existe la posibilidad de que se libere el mercado, con lo cual no se tiene mucha certeza de los valores que puede llegar a tomar el precio de bioetanol.

A partir de los resultados obtenidos, se puede decir que el proyecto en cuestión es muy riesgoso, y en los distintos escenarios es muy probable que el resultado sea negativo.

Incluso teniendo en cuenta algunas formas de mitigación de riesgos, sigue dando poco rentable. Por esta razón, luego de todo el estudio de prefactibilidad del proyecto de inversión en una planta de bioetanol, se aconsejaría no continuar con el proyecto.