



Biodiesel: determinación de una cota inferior en el margen de beneficio

Por **Alejandro Sampaolesi**

Escuela de Economía y Negocios

Universidad Nacional de San Martín, Argentina

El objetivo de este trabajo es determinar una *cota inferior* en el margen de beneficio de la industria del biodiesel. Dado el hincapié que las disposiciones vigentes hacen en la necesidad de fomentar el desarrollo de pequeñas y medianas empresas (PyMEs), el presente análisis busca determinar aquel margen de beneficio que garantice la participación de éstas en el mercado doméstico del biodiesel¹. Del mismo modo, dada la dualidad existente entre margen de beneficio y precio del producto, la determinación de dicho margen implica establecer una *cota superior* sobre el precio en planta de este último, producto de las fuertes economías de escala existentes en este tipo de industrias².

El algoritmo empleado representa un “shortcut” en el cálculo del margen de beneficio. Esto es, dada la imposibilidad de contar con una metodología de evaluación social, la cual permita analizar tanto los efectos directos (asociados al mercado del biodiesel, sus subproductos y el incremento de tierras para cultivo) e indirectos (asociados al análisis de las distintas materias primas y al medio ambiente), así como la localización y el tamaño óptimo de planta, se procedió a calcular el margen del beneficio en términos de la rentabilidad privada^{3,4}. Además, dado que el tamaño de una PyME depende de las características

del mercado a analizar, éste fue determinado a partir de estudios previos sobre tamaños de planta óptimos en la industria del biodiesel. De la misma forma, en materia de localización, se estipuló una distancia promedio de acceso a las distintas fuentes de materias primas^{5,6}. En este contexto, el algoritmo empleado extiende la literatura previa sobre el cálculo del margen de beneficio, en el sentido de que éste permite garantizar una determinada tasa interna de retorno (*TIR*) de la inversión⁷. Finalmente, debemos mencionar que aunque nuestro estudio esté focalizado en la producción de biodiesel a partir del aceite de soja refinado, es extensible a otros tipos de materias primas.

Es bueno subrayar que la creciente necesidad de reemplazar los denominados “combustibles fósiles” por los “biocombustibles” ha generado una rápida expansión del mercado mundial de estos últimos. Mientras que el interés inicial estuvo focalizado en el desarrollo del bioetanol, actualmente existe un creciente interés en el desarrollo del biodiesel. Sus razones asociadas incluyen una menor contaminación ambiental, relacionada especialmente con la disminución en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) provenientes de los combustibles fósiles, el potencial desarrollo de áreas rurales, dada la mayor demanda de aceites vegetales, y una menor dependencia de fuentes

externas de energía, dada la caída en las importaciones de petróleo⁸. En este marco, su competitividad de costos con respecto al diesel tradicional es el principal aspecto a tener en cuenta en su aceptación. Sin embargo, en la medida en que la política ambiental se vuelva más estricta y se acentúe el uso de energías renovables, surgirán mayores oportunidades para el biodiesel.

El trabajo está organizado de la siguiente forma: El apartado 2 presenta los distintos aspectos relacionados con la producción del biodiesel. El apartado 3 analiza la estructura de costos de producción para un determinado tamaño óptimo de planta. El apartado 4 presenta la metodología empleada para el cálculo del margen de beneficio y analiza la competitividad de costos entre el biodiesel y el diesel tradicional. El apartado 5 analiza la sensibilidad de los resultados obtenidos respecto de variaciones en la fuente de financiamiento y en la rentabilidad total del proyecto. Se dejan para el apartado subsiguiente las consideraciones finales.

2. Producción de biodiesel

2.1. Fuentes alternativas de producción:

El biodiesel puede ser producido a través de distintas fuentes o materias primas. Si bien nuestro estudio está focalizado en la producción de biodiesel por medio del aceite de soja, también puede ser generado a partir del aceite de girasol, de maíz, o de cualquier aceite vegetal. En general, cuanto mayor es la calidad de las grasas incluidas en los aceites (es decir, cuanto menor es el contenido de ácidos grasos), mayor es la producción de biodiesel y, por lo tanto, menor el costo de producción asociado. Así, cuando se usa el aceite de soja como fuente de producción, es preferible un aceite refinado, incoloro, no aromático y bajo en ácidos grasos⁹.

De lo anterior, es bueno remarcar que la calidad del biodiesel está en relación directa con el grado de procesamiento de las materias primas. Esto implicaría, dada la posibilidad de poder exportar parte de la producción alcanzada y ante la necesidad de satisfacer los requerimientos internacionales, priorizar la utilización de un aceite de soja refinado sobre uno no refinado en el análisis económico a desarrollar. En particular, con el desarrollo de nuevas tecnologías¹⁰, las cuales permiten obtener un biodiesel de alta pureza ($\geq 98\%$), el cumplimiento de tales estándares está básicamente ligado a la calidad del aceite de soja a utilizar.

2.2. Proceso productivo:

Estudios previos sobre eficiencia económica han demostrado que el tamaño óptimo de planta en la industria del biodiesel estaría en el orden de los 37 a 57 millones de litros por año¹¹. En general, plantas con una capacidad de producción por debajo de este rango están asociadas a un proceso productivo en tanda (*batch processing*)¹², el cual exhibe una inversión inicial menor, pero mayores costos operativos que un proceso productivo continuo (*continuous processing*)¹³.

El diagrama de flujo presentado para una planta no integrada (figura 1), aplicable a cualquier tipo de aceite vegetal, muestra los subproductos, glicerina y ácidos gra-

dos, asociados a la fabricación del biodiesel. No se toma en cuenta como subproducto al metanol reciclado, dado que éste constituye uno de los insumos involucrados en el proceso productivo.

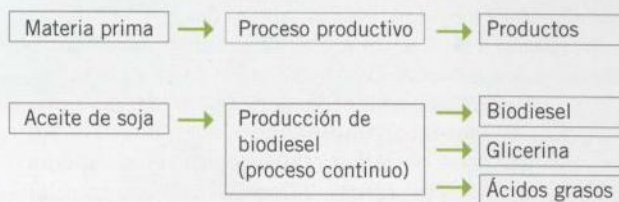


Figura 1. Obtención de biodiesel y sus subproductos a partir del aceite de soja.

Es bueno remarcar que el método de producción generalmente utilizado, por razones de costos, es el proceso de transesterificación, el cual consiste en reaccionar la grasa del aceite de soja con un alcohol (generalmente metanol) en la presencia de un catalizador (generalmente hidróxido de sodio)¹⁴. Este último tiene como finalidad incrementar la calidad del aceite de soja, dado el alto contenido de materiales no saturados y su bajo nivel de oxidación.

3. Costos de producción

Los principales componentes del costo de producción son: 1) *Costos de inversión y operativos*: incluyen básicamente la planta de procesamiento, servicios, catalizador, tanques de almacenamiento, e inmuebles. 2) *Principales insumos usados en el proceso productivo*: materia prima (aceite de soja) y alcohol (metanol). 3) *Subproductos obtenidos*: éstos proveen una fuente de ingresos secundaria en la producción de biodiesel o actúan como una compensación en el costo unitario de producción.

Debe recalcar que aunque el precio del diesel convencional no es un componente directo en la producción del biodiesel, éste constituye un referente contra el cual se debe comparar el costo unitario del biodiesel. Esto es, dado que el precio del biodiesel está estrechamente ligado al precio del diesel, este último tiene una influencia directa sobre el beneficio de los productores.

3.1. Costos de inversión:

Antes de comenzar el análisis de costos, debemos subrayar que la mayoría de las estimaciones disponibles en la literatura no están detalladas por tipo de fuente (materia prima), lo cual dificulta la posibilidad de calcular los costos de inversión y operativos asociados a la planta.

Para el análisis de los costos de inversión, se procedió a tomar como punto de partida un tamaño de planta de 37.850.000 litros (l) por año. Ésta, incluida en el rango de escalas óptimas, aunque es considerada pequeña, está asociada a una participación más que aceptable en los distintos mercados domésticos¹⁵. La elección de una planta no integrada (denominación utilizada para identificar emprendimientos que toman como materia prima al aceite de soja refinado) *versus* una planta integrada (denominación

asociada a emprendimientos que introducen la molienda de soja), obedece a las características del estudio a realizar. Básicamente, dado que las plantas integradas están asociadas a menores costos variables; su elección como marco de referencia implicaría la posibilidad de dejar fuera del mercado doméstico a las plantas no integradas.

En cuanto a la determinación de los costos iniciales de inversión, éstos fueron calculados sobre la base de estudios previos realizados en otros países para plantas similares. Éstos, aunque en algunos ítems pueden diferir de los costos domésticos, permiten establecer una cota superior en el monto de estos costos¹⁶. Además, dada la imposibilidad actual de contar con líneas de crédito directas, tanto nacionales como internacionales, para financiar parte de la inversión inicial, se procedió a contemplar dicha alternativa como parte del estudio de sensibilidad sobre costos (apartado 5). Respecto a los requerimientos físicos para nuestro tamaño de planta, encontramos que éstos consisten en un terreno de 5 a 7 acres de tierra, la planta de procesamiento, inmuebles, tanques de almacenamiento (tanto para la materia prima como para el biodiesel producido), facilidades de acceso (caminos, rieles) y facilidades de carga y descarga.

Planta de procesamiento (Transesterificación Machinery)	5.500.000
Trabajos civiles y de preparación del terreno	609.800
Terreno (7 acres)	70.000
Tanques de almacenamiento (8 tanques de 378.500 L cada uno)	680.000
Inmuebles (oficinas y planta de preprocesamiento)	300.000
Gastos varios	150.000
Capital de trabajo	1.500.000
Total	8.809.800

Tabla 1. Inversión Inicial (en US\$).

En general, como existen importantes economías de escala en la industria del biodiesel, las variaciones en los costos de inversión están principalmente asociadas al nivel de producción (note que la planta de procesamiento representa alrededor del 50% de la inversión inicial). Además, dada la necesidad de contar con una materia prima altamente refinada, se procedió a incluir dentro de los costos de inversión a aquellos asociados a la instalación de una planta de preprocesamiento de dicha materia prima¹⁷. Respecto al monto del capital de trabajo, éste fue establecido a partir de estudios previos sobre la industria del biodiesel, y por eso es precisado habitualmente en un 10 o 12% del valor de los costos de producción de la firma.

3.2. Costo de las materias primas, principales insumos y subproductos:

- Aceite de soja:

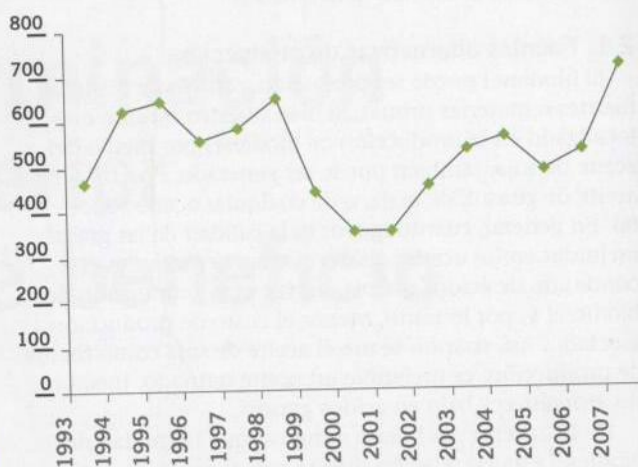
El aceite de soja es utilizado como un insumo en la producción de biodiesel y, además, constituye un produc-

to potencial en la molienda de soja. Su precio, como el de otros bienes exportables, depende de las condiciones reinantes en los mercados agrícolas de los países exportadores e importadores y, por lo tanto, está sujeto a importantes variaciones. Alcanzó un valor promedio de 528,36 US\$/tn en el período 1993/2007, con un desvío estándar de 106,72 dólares y un coeficiente de variación del orden del 20,2%, donde este último expresa el desvío respecto al valor medio en términos porcentuales. Asimismo, el 70%

Media	528,36
Valor máximo	714
Valor mínimo	349
Desvío estándar	106,72
Coeficiente de variación	20,2

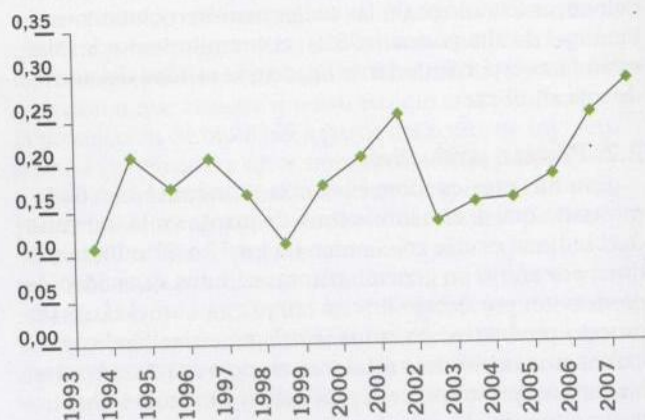
* Donde el desvío estándar = $((x^2 - (\sum x)^2 / n) / (n-1))^{1/2}$ y el coeficiente de variación = $100 * DE / Media$

Tabla 2. Aceite de soja refinado – Precio FOB (US\$/tn).



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la SAGPyA.

Figura 2. Aceite de soja refinado – Precio FOB (US\$/tn).



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del INDEC.

Figura 3. Metanol – Precio FOB (US\$/l).

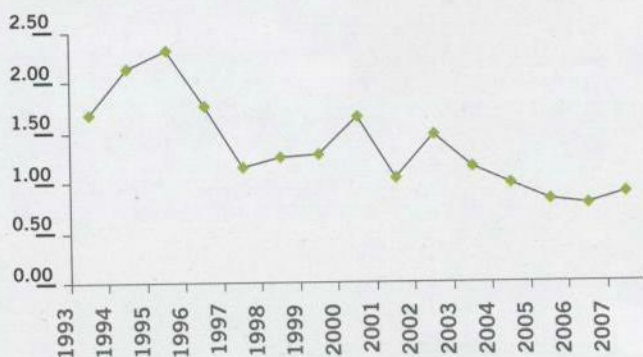
de los valores observados se encuentra en el rango de precios que va desde los 420 a los 629 US\$/tn (Anexo B).

- Metanol:

Su precio internacional, como el de la mayoría de los productos químicos, está sujeto a considerables fluctuaciones. Además, constituye una de las principales mercancías transadas internacionalmente y es usado ampliamente como insumo o solvente. Del análisis gráfico, podemos apreciar que su precio ha oscilado desde los 0,11 a los 0,29 US\$/l en los últimos 15 años (véase figura 3).

- Glicerina:

La venta de glicerina de origen oleaginoso representa una importante fuente de ingresos en la industria del biodiesel, y experimenta mayores precios que la obtenida a partir de grasas animales. Su precio ha fluctuado desde 0,77 hasta 2,32 US\$/kg en los últimos 15 años y ha sido afectado principalmente por la producción de biodiesel asociada a los subsidios agrícolas de la Comunidad Económica Europea (CEE). Esto es de fundamental importancia, dado que implica la sensibilidad de su precio con respecto a la producción de biodiesel y el consiguiente efecto en los costos de producción de este último (en otras palabras, la imposibilidad de absorber el aumento



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de HB International (<http://www.hbint.com>).

Figura 4. Glicerina - Precio FOB (US\$/kg).

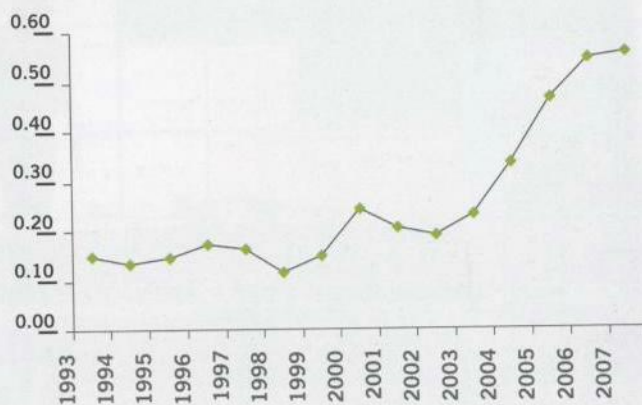
en la oferta por parte de la industria farmacéutica ha deteriorado significativamente el precio de la glicerina).

- Diesel convencional:

El precio del diesel convencional está directamente correlacionado con el precio del petróleo, aunque su rango de variación puede diferir sutilmente de acuerdo con las condiciones existentes. Básicamente, el precio del petróleo depende de un gran número de aspectos relacionados con la oferta y la demanda de éste, su disponibilidad en el corto plazo y las políticas intervencionistas. Del resumen estadístico, tabla 3, el precio promedio del diesel fue de 0,22 US\$/l en el período 1993/2007, con un desvío estándar de 0,14 dólares y un coeficiente de variación del 64,28%. Asimismo, el 53% de las observaciones se encuentra dentro del rango de precios que va de 0,10 a

Media	0.22
Valor máximo	0.56
Valor mínimo	0.11
Desvío estándar	0.14
Coeficiente de variación	64.28

Tabla 3. Diesel No. 2 - Precio FOB (US\$/l).



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Departamento de Energía de Estados Unidos.

Figura 5. Diesel No. 2 - Precio FOB (US\$/l).

0,19 US\$/l (Anexo B). En cuanto a su tendencia alcista de los últimos años, ésta representa en gran medida el efecto positivo del crecimiento económico de EE.UU. y China sobre la demanda mundial de petróleo.

3.3. Costos operativos:

El principal componente de los costos operativos está dado por las materias primas (aceite de soja), las cuales representan el 85% de los costos variables. Por su parte, el metanol y el catalizador contribuyen sólo en un 5% a tales costos.

Éstos, representados en la tabla 4, han sido derivados a partir de los distintos trabajos de investigación realizados para este tipo de emprendimientos¹⁸. Respecto de los costos de transporte, éstos están basados en la tarifa ferroviaria existente para el transporte de materias primas, tomándose una distancia promedio de acceso a las fuentes de 240 kilómetros¹⁹.

Donde Pas_T , Pm_T y Pg_T representan el precio del aceite de soja refinado, del metanol y de la glicerina en el período T respectivamente.

Además, dado el posible retraso existente en el valor de las tarifas públicas, éstas fueron ajustadas sobre la base de los datos utilizados en los estudios mencionados anteriormente. En cuanto al cálculo de la alícuota de depreciación, se utilizó el método de depreciación lineal para una vida útil de los activos físicos de 15 años y un valor de recupero de éstos de cero. Por último, los costos de transporte comprenden aquellos asociados al transporte del aceite de soja, considerándose no significativos los asociados al resto de los insumos productivos.

	Precio / unidad	Unid. / litro de biodiesel	Costo anual	Costo / litro de biodiesel
Materias primas y otros insumos				
Aceite de soja (lb)	Pas_T	1,9815	$Pas_T VUas_T^a$	CA/NP^b
Costo de transporte (tn/km)	0,052		424.568	0,0112
Metanol (l)	Pm_T	0,0369	$Pm_T VUm_T^c$	CA/NP^b
Catalizador (lb)	0,4	0,0211	319.454	0,0084
Servicios públicos				
Electricidad (kwh)	0,04	0,0240	36.336	0,0010
Gas natural /diésel (decatherms)	6,8	0,0020	523.600	0,0138
Agua (l)	0,003	0,1004	11.466	0,0003
Trabajo				
Manager	1.800/mes	1	21.600	0,0006
Operadores	1.000/mes	6	72.000	0,0019
Técnico de laboratorio	800/mes	1	9.600	0,0003
Mantenimiento	600/mes	2	14.400	0,0004
Ventas	800/mes	1	9.600	0,0003
Soporte técnico	500/mes	1	6.000	0,0002
Beneficios 35% sobre sueldos			46.620	0,0012
Depreciación				
Inmuebles			20.000	0,0005
Planta de procesamiento			366.667	0,0097
Tanques de almacenamiento			45.333	0,0012
Venta de subproductos				
Glicerina (2.948.400 kg /año)	Pg_T		$-Pg_T CPg_T^f$	$-CA/NP^b$
Ácidos grasos (4.000.000 lb /año)	0,01		- 40.000	- 0,0010

^a: $VUas_T$: representa el volumen utilizado de aceite de soja en el período T . ^b: CA/NP = Costo anual / Nivel de Producción. ^c: VUm_T : volumen utilizado de metanol en el período T . ^d: Costo de inversión: representa el costo de montaje de la planta industrial (es decir, el valor de la inversión inicial menos el valor del terreno y el capital de trabajo). ^e: Están asociados básicamente a la renovación de los distintos permisos de producción y a la eliminación y tratamiento de los residuos. ^f: CPg_T : representa la cantidad producida de glicerina en el período T .

Tabla 4. Costos operativos en el período T (en US\$)

4. Determinación del margen de beneficio

4.1. Aspectos generales:

Es bueno remarcar que el algoritmo empleado en el cálculo del margen de beneficio (markup) es de carácter general²⁰. Éste consiste en calcular, para cada período, aquel margen de beneficio del proyecto (es decir, que tiene en cuenta el flujo total de ingresos y egresos) que garantice una determinada TIR del mismo, donde los precios a ser utilizados en la estructura de costos son aquellos estimados para el período T y donde la TIR es determinada exógenamente por la autoridad económica. Note que al tener en cuenta la rentabilidad total del proyecto, los precios obtenidos a través de la utilización del markup implican un valor presente neto (VPN) igual a cero. Asimismo, dada la imposibilidad de predecir correctamente los valores futuros de las principales variables insertas en la estructura de costos, se incorporan como variables explicativas a los errores de predicción del período anterior ($T-1$). Entonces, podemos expresar dicho margen como:

$$MU_T + MU(Pas_T^e, Pm_T^e, Pg_T^e, \Delta Pas_{T-1}, \Delta Pas_{T-1}', \Delta Pg_{T-1}, \dots),$$

para $T = 1, \dots, n$,

con: Pas_T^e : precio estimado del aceite de soja para el período T ,

Pm_T^e : precio estimado del metanol para el período T ,

Pg_T^e : precio estimado de la glicerina para el período T ,

$\Delta x_{T-1} = x_{T-1}^* - x_{T-1}^e - x_{T-1}^e$ diferencia entre el precio real y el estimado de x en el período $T-1$, para $= Ps, Pm, Pg$,

$\cdot$: resto de las variables involucradas en la determinación del MU_T

Donde el signo de las derivadas parciales es el siguiente:

$$MU_{Pg_T^e} > 0, MU_{\Delta Pas_{T-1}} < 0, MU_{\Delta Pas_{T-1}'} < 0 \text{ y } MU_{\Delta Pas_{T-1}''} > 0.$$

Es importante subrayar que aunque nuestro análisis considera que MU_T es función básicamente de Pas , Pm y Pg , éste es fácilmente extensible al resto de las variables involucradas en los costos operativos (esto es, precio del catalizador, salarios, etc.). Además, si bien el cálculo de los valores esperados de los principales insumos está fuera del objetivo de este trabajo, éste resultará del análisis de series de tiempo (es decir, de la determinación del me-

canismo generador de la serie) o de algún procedimiento determinado por el gobierno. Por último, debemos apreciar que al abarcar la totalidad del proyecto, dicho markup puede ser calculado en forma indefinida.

4.2. Cálculo del margen de beneficio mínimo y estudio de competitividad:

En cuanto al cálculo del MU_T para el caso de nuestra PyME, ante la imposibilidad de poder generar proyecciones de precios confiables en el mediano y largo plazo y teniendo en cuenta que el estudio de los procesos (modelos) generadores de dichas series escapa al objetivo del presente trabajo, se procedió a determinar el MU_T sobre la base de las series históricas disponibles²¹. Además, la imposibilidad de poder precisar una función explícita del MU_T , producto de los errores de proyección en las series, implica tener que calcularlo en forma indirecta. Por lo cual, se lo definió como un porcentaje sobre los costos operativos²². En cuanto a los costos unitarios de producción, éstos fueron obtenidos a partir de la estructura de costos presentada en el apartado anterior. Finalmente, la *TIR* empleada en el estudio de rentabilidad fue del 12%^{23, 24}.

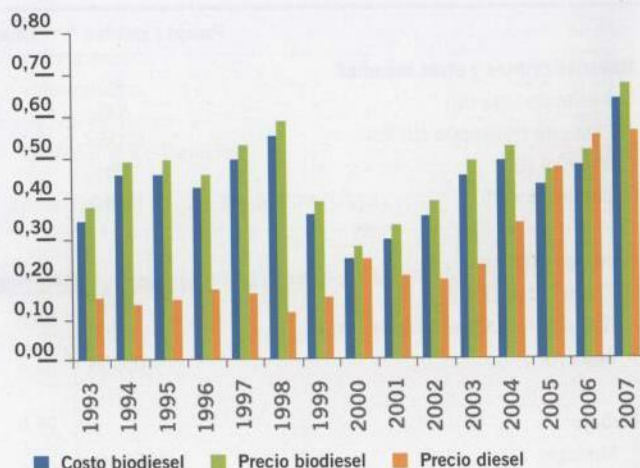


Figura 6. Análisis de competitividad (US\$/l)

promedio de 0,2936 dólares, aunque éste no incluye los costos de transporte del biodiésel hasta el lugar donde se realiza la mezcla y aquellos asociados a dicho proceso.

5. Análisis de sensibilidad

En esta sección procederemos a analizar los efectos sobre el margen de beneficio (precios) de una variación en la fuente de financiamiento y en la rentabilidad total del proyecto. La primera consiste en financiar el 60% de la inversión inicial a través de un préstamo bancario, en la cual éste es otorgado por un período de quince años a una tasa de interés del 15% anual²⁶. La segunda radica en calcular una medida de la tasa marginal de cambio del margen de beneficio con respecto a la *TIR*, en donde la variación tomada para la *TIR* es del 1%. De los resultados obtenidos, tabla 6, figura 7 y anexo C, podemos apreciar que la inclusión del préstamo incrementa el costo de producción promedio del biodiesel en un 5,6%, mientras que disminuye el margen de beneficio e incrementa su precio, siendo estos últimos en función de la *TIR* utilizada. Así, para una *TIR* del 12% (13%), encontramos que en promedio el *MU* decrece en un 4,69% (4,91%) y el precio del biodiesel crece en un 0,73% (0,49%). En el caso del aumento en la *TIR*, esto genera un acrecentamiento tanto en el *MU* como en el precio del biodiesel, donde tales incrementos son superiores sin la utilización del financiamiento bancario, 0,38%, que con su uso es de 0,16%.

Proyecto	Costo del biodiesel	MU (%)	Precio del biodiesel
TIR=12%	0,4266	7,7811	0,4608
TIR=13%	0,4266	8,1646	0,4626
Préstamo - TIR=12%	0,4505	3,0874	0,4642
Préstamo - TIR=13%	0,4505	3,2482	0,4649

Tabla 6. Análisis de sensibilidad (en promedios).

Año	Costo del biodiesel	MU (%)	Precio del biodiesel	Precio del diesel
1993	0,3381	9,1787	0,3723	0,15
1994	0,4506	7,0500	0,4847	0,13
1995	0,4536	7,0061	0,4878	0,14
1996	0,4197	7,5293	0,4539	0,17
1997	0,4903	6,5155	0,5245	0,16
1998	0,5465	5,8854	0,5807	0,11
1999	0,3510	8,8724	0,3852	0,15
2000	0,2425	12,3539	0,2766	0,24
2001	0,2927	10,4554	0,3269	0,20
2002	0,3489	8,9204	0,3831	0,19
2003	0,4473	7,0978	0,4815	0,23
2004	0,4834	6,6022	0,5176	0,33
2005	0,4270	7,4107	0,4611	0,47
2006	0,4744	6,7202	0,5085	0,55
2007a	0,6335	5,1183	0,6677	0,56
Promedio	0,4266	7,7811	0,4608	0,2527

a: incluye los ocho primeros meses del año 2007.

Tabla 5. Análisis de competitividad (US\$/l).

Del análisis de competitividad del precio del biodiesel puro (B100) versus el del diesel convencional, tabla 5 y figura 6, es evidente que, aun bajo la presencia de incentivos fiscales asociados al desarrollo de PyMEs, el primero tiene una clara desventaja de costos respecto al diesel proveniente del petróleo²⁵. Dicha comparación es directa en el sentido de que no incluye los impuestos a los combustibles. Sólo en los años 2005 y 2006, cuando el precio del aceite de soja estuvo por debajo de su valor medio, el biodiesel se volvió competitivo con respecto al diesel convencional. No obstante, dado que la mayoría de las mezclas de biodiesel contienen un pequeño porcentaje de biodiesel, su desventaja en competitividad (B5 o B20) no es tan extrema como la observada en los resultados. Así, el precio de una mezcla B20 libre de impuestos sería en

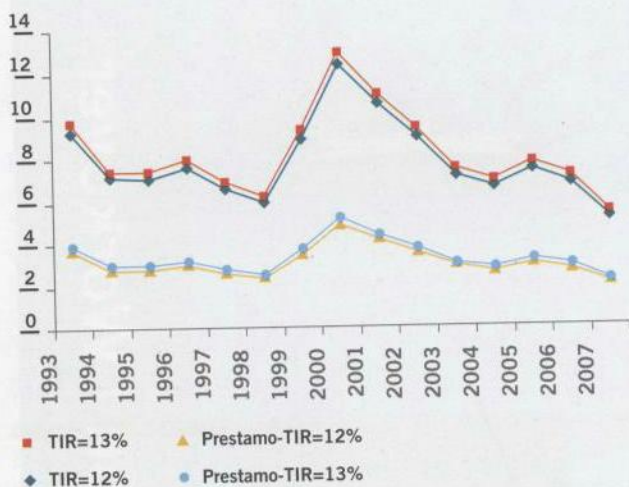


Figura 7. Variación en el margen de beneficio - MU (%).

6. Consideraciones finales

El creciente interés en el desarrollo de la industria doméstica del biodiesel, sustentado principalmente en una menor contaminación ambiental, en el potencial desarrollo de áreas rurales y en una menor dependencia de fuentes externas de energía, ha motivado el diseño de leyes y decretos regulatorios por parte del gobierno, donde uno de los principales objetivos de tales medidas es fortalecer el rol de las PyMEs en orden a establecer condiciones competitivas en dicho mercado. En este contexto, el trabajo presentado representa un "shortcut" en el cálculo del margen de beneficio mínimo que asegure la participación de tales empresas en la industria del biodiesel. A su vez, debido a las fuertes economías de escala existentes en el sector, dicho margen constituye una cota superior sobre el precio en planta percibido por los productores.

En cuanto a la metodología desarrollada, ésta consiste en calcular, para cada período, aquel margen de beneficio

total del proyecto que garantice una determinada TIR de él, donde esta última es establecida exógenamente por el gobierno y donde los precios utilizados en la estructura de costos son estimados a través de mecanismos tradicionales (análisis de series de tiempo) o de algún mecanismo establecido por la autoridad económica. Además, al tener en cuenta la rentabilidad total del proyecto, dicho margen puede calcularse en forma indefinida.

Los resultados obtenidos, generados sobre la base de series históricas, muestran que aun bajo la presencia de incentivos fiscales asociados al desarrollo de PyMEs, el precio del biodiesel tiene una clara desventaja de costos respecto del diesel proveniente del petróleo, dependiendo dicha brecha de la evolución futura del precio internacional del petróleo. Finalmente, interesantes relaciones surgen del análisis de sensibilidad. Así, por ejemplo, la posibilidad de financiar parte de la inversión inicial por medio de un préstamo disminuye el margen de beneficio, producto de la difusión de los costos financieros.

Bibliografía

- Bender, M. (1999), "Economic feasibility review for community-scale farmer cooperatives for biodiesel", *Bioresource Technology*, 70, 81-87.
- Bickel, K. and Strebig, K. (2002), *Evaluate Biodiesel made from Waste Fats and Oils*, University of Minnesota, Center for Diesel Research.
- Carriquiry, M. (2007), *Comparative Analysis of the Development of the United States and European Union Biodiesel Industries*, Iowa State University, CARD 07-bp51.
- Eidman, V. (2006), "Renewable liquid fuels: current situation and prospects", *Choices* 21 (1).
- Giampietro, M., Ulgiati, S. and Pimentel, D. (1997), "Feasibility of Large-Scale Biofuel Production". *BioScience* 47-9, 587-600.
- Hayes, D. (1995), *Biodiesel: Potential Economic Benefits to Iowa and Iowa Soybean Producers*, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State.
- Jacobson, S. and Johnson, A. (2000), *The diffusion of renewa-*



Petroconsult

- :: MANAGEMENT DE PROYECTOS
- :: ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD
- :: EVALUACIONES TECNICO - ECONOMICAS
- :: ASISTENCIAS EN NUEVAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS

BUENOS AIRES
Tucumán 540 - Piso 12 - C1049AAL
Tel.: (5411) 4394-1783

HOUSTON
4801 Woodway, Suite 100W, TX 77056
Phone: 281-914-4738

www.petroconsult-co.com - info@petroconsult-co.com

ble energy technology: an analytical framework and key issues from research, *Energy Policy*, 28, 625-40.

Johnston, M. and Holloway, T. (2006), *A comparative international analysis of the potential gains from biodiesel production and export*, University of Wisconsin-Madison, Center for Sustainability and the Global Environment.

Medina, J., Justo, A. y Adreani, P. (1996), *Caracterización del sector combustibles líquidos de la Argentina - Estudio básico para determinar la factibilidad técnica y económica de una planta de Biodiesel*, Convenio ASA - IESR.

Noordam M and Withers R., "Producing biodiesel from canola in the inland northwest: an economic feasibility study", *Idaho Agricultural Experiment Station*

Anexos

A. Series

Aceite de soja refinado - Precio FOB (US\$/tn)

Año	Precio
1993	461
1994	623
1995	643
1996	556
1997	583
1998	647
1999	439
2000	349
2001	349
2002	455
2003	535
2004	562
2005	483
2006	529
2007	714

Fuente: SAGPyA. Los precios anuales representan el promedio geométrico de los valores mensuales (el año 2007 incluye los ocho primeros meses).

Glicerina - Precio FOB (US\$/kg)

Año	Precio
1993	1,68
1994	2,14
1995	2,32
1996	1,76
1997	1,15
1998	1,26
1999	1,28
2000	1,65
2001	1,04
2002	1,48
2003	1,15
2004	0,99
2005	0,82
2006	0,77
2007	0,88

Fuente: HBI (<http://www.hbint.com>) (el valor para el año 2007 es calculado a partir de los precios de marzo y junio).

Metanol - Precio FOB (US\$/l)

Año	Precio
1993	0,11
1994	0,21
1995	0,18
1996	0,21
1997	0,17
1998	0,11
1999	0,18
2000	0,21
2001	0,25
2002	0,14
2003	0,16
2004	0,16
2005	0,19
2006	0,25
2007	0,29

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del INDEC (el año 2007 incluye los ocho primeros meses).

Diesel No. 2 - Precio FOB (US\$/l)

Año	Precio
1993	0,15
1994	0,13
1995	0,14
1996	0,17
1997	0,16
1998	0,11
1999	0,15
2000	0,24
2001	0,20
2002	0,19
2003	0,23
2004	0,33
2005	0,47
2006	0,55
2007	0,56

Fuente: Departamento de Energía, EE.UU. (el año 2007 incluye los ocho primeros meses).

B. Gráficos de distribución de frecuencia relativa

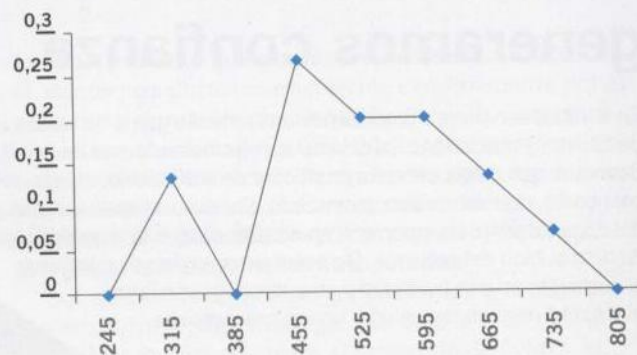


Figura B1. Aceite de soja refinado - Polígono de frecuencia relativa

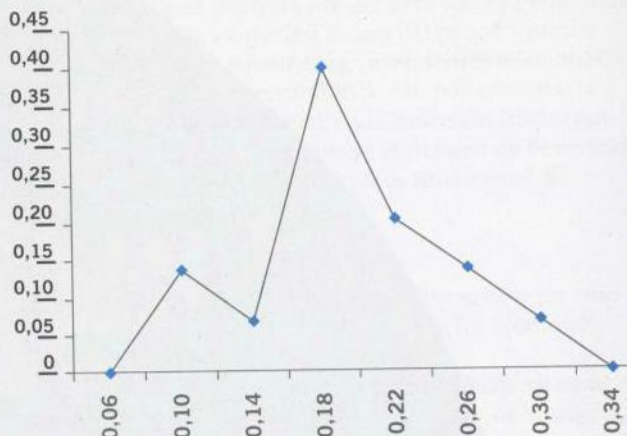


Figura B2. Metanol - Polígono de frecuencia relativa

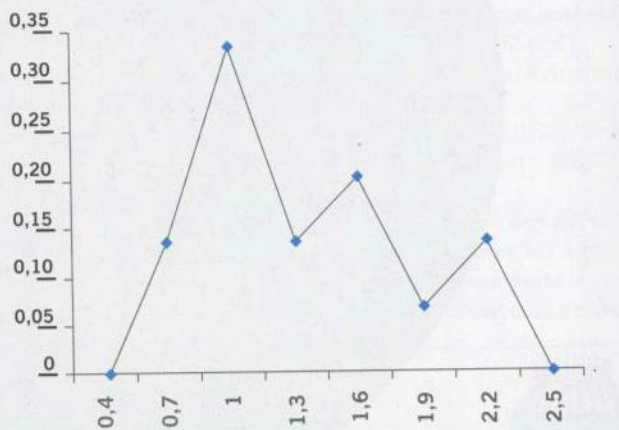


Figura B3. Glicerina - Polígono de frecuencia relativa

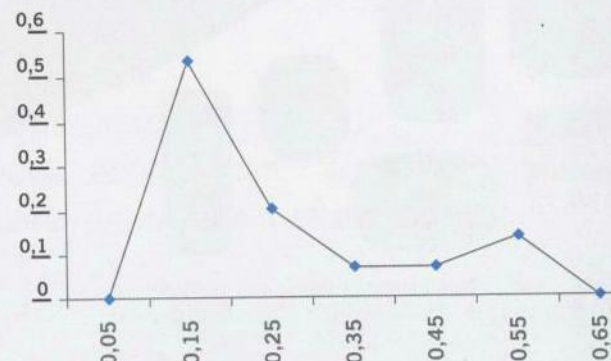


Figura B4. Diesel No. 2- Polígono de frecuencia relativa

C. Tablas de análisis de competitividad

Año	Costo del biodiesel	MU (%)	Precio del biodiesel	Precio del diesel
1993	0,3381	9,6260	0,3742	0,15
1994	0,4506	7,4021	0,4866	0,13
1995	0,4536	7,3561	0,4896	0,14
1996	0,4197	7,9032	0,4557	0,17
1997	0,4903	6,8428	0,5263	0,16
1998	0,5465	6,1831	0,5825	0,11
1999	0,3510	9,3063	0,3870	0,15
2000	0,2425	12,9340	0,2785	0,24
2001	0,2927	10,9574	0,3287	0,20
2002	0,3489	9,3564	0,3849	0,19
2003	0,4473	7,4520	0,4833	0,23
2004	0,4834	6,9336	0,5195	0,33
2005	0,4270	7,7792	0,4630	0,47
2006	0,4744	7,0570	0,5104	0,55
2007*	0,6335	5,3795	0,6695	0,56
Promedio	0,4266	8,1646	0,4626	0,2527

*: incluye los ocho primeros meses del año 2007.

Tabla C1. Análisis de competitividad - TIR=13% (US\$/l).

Año	Costo del biodiesel	MU (%)	Precio del biodiesel	Precio del diesel
1993	0,3620	3,6385	0,3757	0,15
1994	0,4744	2,8005	0,4881	0,13
1995	0,4775	2,7831	0,4912	0,14
1996	0,4436	2,9895	0,4573	0,17
1997	0,5142	2,5895	0,5279	0,16
1998	0,5704	2,3405	0,5840	0,11
1999	0,3749	3,5181	0,3886	0,15
2000	0,2663	4,8820	0,2800	0,24
2001	0,3166	4,1394	0,3302	0,20
2002	0,3728	3,5370	0,3865	0,19
2003	0,4712	2,8193	0,4849	0,23
2004	0,5073	2,6238	0,5210	0,33
2005	0,4509	2,9427	0,4645	0,47
2006	0,4982	2,6703	0,5119	0,55
2007*	0,6574	2,0370	0,6711	0,56
Promedio	0,4505	3,0874	0,4642	0,2527

*: incluye los ocho primeros meses del año 2007.

Tabla C2. Análisis de competitividad - Préstamo - TIR=12% (US\$/l).

Año	Costo del biodiesel	MU (%)	Precio del biodiesel	Precio del diesel
1993	0,3620	3,8272	0,3764	0,15
1994	0,4744	2,9471	0,4889	0,13
1995	0,4775	2,9288	0,4919	0,14
1996	0,4436	3,1456	0,4580	0,17
1997	0,5142	2,7254	0,5286	0,16
1998	0,5704	2,4636	0,5848	0,11
1999	0,3749	3,7008	0,3893	0,15
2000	0,2663	5,1317	0,2807	0,24
2001	0,3166	4,3529	0,3310	0,20
2002	0,3728	3,7206	0,3872	0,19
2003	0,4712	2,9669	0,4856	0,23
2004	0,5073	2,7613	0,5217	0,33
2005	0,4509	3,0965	0,4653	0,47
2006	0,4982	2,8103	0,5126	0,55
2007*	0,6574	2,1445	0,6718	0,56
Promedio	0,4505	3,2482	0,4649	0,2527

*: incluye los ocho primeros meses del año 2007.

Tabla C3. Análisis de competitividad - Préstamo - TIR=13% (US\$/l).

Bulletin, No. 785, University of Idaho, Moscow, Idaho, 12pp.

Ranese, A., Glaser, L., et al. (1999), "Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of the United States", *Industrial Crops and Products* 9(2): 151-162.

SAGPyA (2007), *Informe Preliminar del Transporte de Granos en la Argentina*, Dirección Nacional de Mercados.

Shumaker, G., McKissick, J., et al. (2003), *A Study on the Feasibility of Biodiesel Production in Georgia*, University of Georgia, Center for Agribusiness and Economic Development, FR-03-02.

Turner, B., Plevin, R., O'Hare, M. and Farrell, A. (2007), *Creating Markets for Green Biofuels: Measuring and improving environmental performance*, University of California-Berkeley, Institute of Transportation Studies.

Van Gemen, J. (2004), *Biodiesel Production Technologies*, University of Idaho, Department of Biological and Agricultural Engineering.

Ver Fortenbery, R. (2005), "Biodiesel Feasibility Study: An Evaluation of Biodiesel Feasibility in Wisconsin", University of Wisconsin-Madison, Staff Paper No. 481.

Zilberman, D. and Rajagopal, D. (2007), *Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels*, World Bank, Development Research Group, PRWP4341.

Notas

- 1 El régimen de regulación y promoción para la producción y el uso de biocombustibles se encuentra comprendido en la ley 26.093 y el decreto 109/2007. Conforme a este último, corresponde a la Secretaría de Energía determinar el precio (margen de beneficio) aplicable a las entregas de biocombustibles necesarias para cubrir la cuota obligatoria (5% de la producción total de gasoil).
- 2 La mayoría de los análisis económicos sobre precios de mercado están basados en el supuesto de que un peso tiene el mismo valor para los distintos agentes económicos. Lo cual es bastante discutible cuando estamos frente a una distribución del ingreso caracterizada, como en el caso argentino, por una gran inequidad. Esto último deja abierta la posibilidad de modificar, en el caso de ser necesario, los resultados tradicionales de la teoría económica.
- 3 La posibilidad de desarrollar una metodología de evaluación social está fuera del objetivo del presente trabajo.
- 4 Debe ser subrayado que la existencia de una demanda doméstica de biodiesel infinitamente inelástica (calculada como un porcentaje de la producción total de gasoil), implica tener que calcular el precio de éste (margen de beneficio) por el lado de la oferta.
- 5 Calculada sobre la base de los informes sobre el transporte de granos de la SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos).
- 6 La minimización de los costos de transporte privados implicaría posicionarnos en la teoría del *second-best*. Lo cual, como es bien conocido, no garantizaría una mejora en términos de bienestar.
- 7 Es bien conocido que la utilización de la TIR como criterio de evaluación es útil en proyectos que se comportan normalmente. Es decir, los que primero tienen costos y después generan beneficios.
- 8 De acuerdo con la Environmental Protection Agency (EPA), un biodiesel B20 (es decir, 20% diesel generado a partir del aceite de soja y 80% diesel tradicional) reduciría en 10,1% la emisión de partículas (PM), en 21,1% la emisión de hidrocarburos (HC) y en 11% la emisión de mo-

- nóxido de carbono (CO). En contraparte, éste incrementaría las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) en un 2% y reduciría la eficiencia del combustible en el orden del 1 al 2%.
- 9 Otra fuente potencial es el desperdicio de grasas animales. No obstante, éstas contienen un nivel mayor de ácidos grasos que el aceite de soja, lo cual disminuye la cantidad de biodiesel obtenido. Además, al ser más saturado que el aceite de soja, tiene un "pour point" (mínima temperatura a la cual un combustible dado puede ser utilizado sin excesiva cantidad de cristales cerosos) más alto que el aceite de soja. Esto implica su utilización en forma fraccionada o con aditivos ante bajas temperaturas.
 - 10 Es bien conocido que las nuevas tecnologías disponibles satisfacen las normas internacionales de calidad, principalmente aquellas ligadas al mercado europeo y americano.
 - 11 Ver Fortenbery, R. (2005), "Biodiesel Feasibility Study: An Evaluation of Biodiesel Feasibility in Wisconsin", University of Wisconsin-Madison, Staff Paper No. 481.
 - 12 Este método consiste en un proceso repetitivo donde una determinada mezcla de aceite y metanol se introduce en el reactor para llevar a cabo la reacción química (transesterificación). Una vez que la reacción está completa, se procede a repetir el proceso.
 - 13 Dicho proceso permite introducir un flujo continuo de mezcla en la fase de reacción.
 - 14 Entre las ventajas del método de transesterificación sobre otros métodos productivos encontramos: a) proceso de baja temperatura (69°C) y presión (1,42 kg/cm²), b) alta conversión (≥98%) con mínimas reacciones colaterales y mínimo tiempo de reacción, c) conversión directa a éster de metilo sin pasos previos.
 - 15 Debe subrayarse la existencia de un gran rango potencial de tamaños de plantas. Generalmente, aunque el tamaño de una planta pequeña puede abarcar desde el 1.500.000 hasta los 38.000.000 de litros por año, su desarrollo comercial en el mercado del biodiesel hace que sólo se tengan en cuenta aquellas cercanas al límite superior.
 - 16 Es bueno remarcar que, en muchos casos, no se han encontrado grandes diferencias entre los valores domésticos e internacionales.
 - 17 Aun cuando la materia prima cumpla las especificaciones requeridas, muchas plantas están optando por incorporar una planta de preprocesamiento de ella. Esto obedece a la necesidad de remover los fosfatos contenidos en el aceite de soja, con el fin de incrementar la eficiencia productiva.
 - 18 Éstos corresponden a los realizados por el departamento de Agricultural Economics and Applied Economics de la University of Wisconsin-Madison y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Están basados en contactos llevados a cabo con diferentes firmas de diseño y construcción de plantas y en contactos directos con productores de biodiésel.
 - 19 Ante la imposibilidad de contar con un estudio de localización óptima, el cual no sólo requeriría de la minimización de los costos de transporte con respecto a una combinación de las distintas fuentes potenciales de materias primas (dado que una planta de biodiesel puede utilizar distintas materias primas), sino también del cálculo de los costos de transporte en términos sociales (dada la necesidad de maximizar el bienestar nacional), se determinó una distancia promedio sobre la base de los informes sobre el transporte de granos elaborados por la SAGPyA. En general, desde el punto de vista privado, los costos de localización serán minimizados si las materias primas pueden ser transportadas por riel y el producto elaborado (biodiesel) por carretera.
 - 20 Su aplicabilidad a otras industrias implica redefinir las variables insertas en la estructura de costos.
 - 21 Es bien conocido que la teoría económica carece de herramientas para realizar proyecciones confiables en el mediano y largo plazo.
 - 22 Note que aun cuando una correcta definición del margen de beneficio implica la utilización del costo marginal de producción, $MU_T = (P_T - MC_T) / P_T$, la restricción existente sobre el flujo de fondos, $VPN = 0$, garantiza que el precio del bien sea el mismo. En nuestro caso, este último estará dado por $P_T = CO_T / (1 - MU_T)$, con CO_T : costos operativos en el período T .
 - 23 Dicho valor es generalmente utilizado en este tipo de emprendimientos. Asimismo, es bueno subrayar que, como el flujo de fondos está expresado en dólares, la misma contempla parte del riesgo país asociado a este tipo de emprendimientos.
 - 24 Donde el VPN calculado para nuestra PyME a partir de los precios del biodiesel expresados en tabla 5 y de una vida útil de la misma de 15 años es de -0,0075.
 - 25 Entre los incentivos económicos comprendidos en la ley 26.093 y el decreto 109/2007 para el desarrollo de PyMEs encontramos: a) acreditación o devolución anticipada del IVA, o amortización acelerada a los fines del impuesto a las ganancias, b) eximición de la tasa de infraestructura hídrica, c) eximición del impuesto sobre los combustibles líquidos y el gas natural y d) eximición del impuesto a la transferencia de combustibles. Donde en el caso del biodiesel mezcla, los impuestos específicos serán satisfechos aplicando las alícuotas respectivas sobre la proporción de combustibles fósiles.
 - 26 En el cual se utilizó un sistema lineal de amortizaciones.

Foro de la Industria del Petróleo y del Gas

La mejor opción para
sus consultas técnicas

- Upstream
- Midstream
- Downstream
- Comercialización
- General
- Comisión de Tecnología
- Búsqueda Laboral
- Energía

www.foroiapg.org.ar

