
PROYECTO DE GRADO
INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA / UDELAR

Producción de bio-oil a partir de lignocelulósicos

Dibarboure, Juliana
Ferrer, Manuel
Lanzavecchia, Germán
Nemeth, María Virginia
Rodríguez, María Pía

Tutores:
Ing. Quím. Cassella, Norberto
Ing. Quím. Lattanzio, Sergio

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto surge con el objetivo de evaluar la posibilidad de obtener a partir de biomasa un producto de mayor valor agregado en el Uruguay. Para ello, se desarrolla un estudio de la factibilidad técnico-económica de la producción de bio-oil a partir de residuos lignocelulósicos.

La composición del bio-oil involucra gran cantidad de compuestos orgánicos, derivados de la despolimerización de la celulosa, hemicelulosa y lignina. Tiene la ventaja de que puede ser almacenado, bombeado y transportado de manera muy similar a los productos derivados del petróleo, y tiene mayor poder calorífico que la biomasa original. En contraposición, debe ser estabilizado de inmediato luego de su producción, dado que las reacciones de descomposición disminuyen su pH y aumentan su viscosidad en tiempos muy cortos.

Se estudia la obtención de bio-oil por pirólisis rápida en un reactor de lecho fluidizado, con un tiempo de residencia de 2 segundos, y a una temperatura de 470°C. El bio-oil se obtiene gaseoso, y es condensado al pasar por una torre en contacto con bio-oil líquido. Una vez líquido, es bombeado hacia la etapa de estabilización, la cual se realiza mediante una reacción de esterificación. Para ello, se agrega un 10% de metanol, en tanto que se utiliza un catalizador ácido sólido de $\text{SO}_4/\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$.

Luego de analizar el contexto industrial y agropecuario, se determinó que la materia prima a utilizar es la paja o rastrojo de arroz. Actualmente, ésta es un residuo de la industria arrocera, y en su mayoría se quema o se descompone en el campo luego de la cosecha. La región arrocera en el Uruguay se concentra en la zona este del país, siendo por esta razón que la ciudad de Treinta y Tres es la localidad más conveniente para el emplazamiento de la planta. En ella se procesan 10,9 kg/s de paja de arroz, con un 12,7% de humedad en base seca.

Para la comercialización del bio-oil se estudiaron diferentes opciones, resultando la más favorable su utilización como combustible en un ciclo combinado para generación de energía eléctrica. La planta produce 58,1 MW, con una eficiencia global de 35,3%. A partir de dicha energía se alimenta el autoconsumo de la planta, y el excedente es volcado a la red eléctrica de UTE. Dentro de las alternativas de comercialización estudiadas, se encuentra la utilización del bio-oil como biocombustible para su uso acoplado a combustibles fósiles, así como también la posibilidad de quemarlo tanto en caldera, como en motores eléctricos. Dichas alternativas fueron descartadas frente al ciclo combinado, el cual resultaba más favorable en el análisis preliminar.

La empresa se constituye como una sociedad anónima cuyo nombre es Bio-oil S.A. Su régimen de producción es continuo, estimándose un tiempo de operación de 7920 horas anuales. En estas condiciones, se prevé que la energía disponible para comercializar será 444 GWh anuales.

El proyecto requiere una inversión total inicial de 197 millones de dólares americanos. Las ventas anuales ascienden a 39 M USD por concepto de energía volcada a la red de UTE. El

análisis económico-financiero tiene como resultado que no se logra obtener utilidad positiva en los diez años de vida útil del proyecto, lo cual indica que, en las condiciones planteadas, éste no es económicamente viable. Se obtiene una TIR de -3,11% y un VAN de -285 MM USD, lo cual es suficiente para justificar la no rentabilidad desde el punto de vista financiero. Al realizar el análisis se verifica que los costos variables tienen una alta incidencia en la utilidad obtenida, y dichos costos se componen en gran parte por el costo del metanol para estabilizar, así como por el de la materia prima. Al desglosar el costo de la materia prima, se verifica que tanto el costo de comprar la paja puesta en camión, como el de su traslado hasta la planta tienen gran incidencia sobre el total. Por lo tanto, las posibles alternativas a tener en cuenta para mejorar la utilidad podrían ser utilizar otra materia prima cuyo costo sea menor, o bien que involucre menos traslado, así como también evaluar otro método de estabilización que utilice un reactivo con mayor rendimiento o menor costo.

Es importante destacar que si se varía el tamaño de planta con el afán de obtener un proyecto rentable, la planta debería producir 16 veces más energía. Buscando alternativas para obtener un proyecto rentable, se analizó a su vez el caso de disponer de biomasa con costo cero, obteniéndose también resultados desfavorables. En este caso, el punto de equilibrio se alcanzaría si la planta produjera únicamente un 12% más energía. Por su parte, en el caso de que existiera un subsidio por parte del estado para incentivar el desarrollo del bio-oil, éste debería ser de 40 USD/MWh producido. Otra alternativa estudiada fue la no utilización de metanol en el tratamiento de producto, dado que éste compone un 41% de los costos variables. Esto conlleva como contrapartida, una disminución de la vida útil de la turbina de gas y un aumento de los costos de mantenimiento, así como una menor producción de energía. Por esta razón, tampoco se obtiene un proyecto rentable, dado que los costos totales por MWh varían menos de 1%.

Si se analiza este proyecto versus la quema de biomasa en un generador de vapor tradicional, se evita la emisión de 1,4 ton CO₂ por MWh producido. Esto posibilita la venta de bonos de carbono, la cual constituye otra vía posible para obtener rentabilidad. Evaluando dicha posibilidad, si se vendiera el bono de carbono a 70 USD/ton CO₂e se obtendría un VAN de 7 MM USD y un TIR igual a 8%. Vale destacar que el valor mínimo del bono de carbono para obtener rentabilidad sería de 69 USD/ton CO₂e.

A nivel nacional, la instalación de este proyecto involucraría dar otro paso hacia la diversificación de la matriz energética, y contribuiría a aumentar la capacidad de generación eléctrica instalada, aprovechando lo que hoy en día es un residuo de la industria agropecuaria. Adicionalmente, por tratarse de una tecnología emergente en el mundo, sería un impulso de carácter innovador que fomentaría en forma importante a la investigación y desarrollo en el Uruguay.