

**DEPARTAMENTO DE PROYECTO INDUSTRIAL  
INSTITUTO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR**

**PRE EXTRACCION DE  
HEMICELULOSAS PREVIA A  
LA COCCION DE CHIPS PARA  
PRODUCIR ACIDO ACETICO,  
XILITOL Y FURFURAL**

**Marzo 2014-Agosto 2015**

**Tutores:**

**Ing.Quim. Norberto Casella**

**Ing.Quim. Mario Furest**

**Matías Fossemale**

**Lucia Gonzalez**

**Martin Goyeneche**

**Emiliano Seija**

**Gianni Torres**

# Resumen Ejecutivo

---

El presente proyecto de inversión consiste en la obtención de xilitol como producto principal de alto valor agregado, a partir de las hemicelulosas extraídas de chips de eucalipto previo a la producción de pulpa de celulosa, mediante modificaciones en el proceso kraft, sin alterar la calidad de la pulpa de celulosa obtenida. Se valorizan de esta forma las hemicelulosas, componente de la madera que actualmente es incinerado a pesar de su bajo poder calorífico. También se obtendrán consecuentemente del proceso ácido acético, furfural y yeso como subproductos, en el caso del ácido acético y el yeso los mismos son considerados productos de valor comercial. El ácido acético será destinado a exportación hacia EE.UU, mientras que en el caso del yeso éste se destinará al mercado interno. Respecto al furfural más allá de que el mismo reviste importancia comercial en el presente proyecto las cantidades obtenidas no ameritan los costos que implica su comercialización, por lo que este se utilizará como combustible en la caldera de recuperación para la generación de energía en la planta.

El producto de principal importancia en este emprendimiento, el xilitol, ha sido utilizado en distintas partes del mundo desde hace más de 30 años, contando con diversas aplicaciones, como edulcorante, en la industria de alimento y la farmacéutica, observándose ventajas significativas frente al uso de otros edulcorantes comunes a nivel de los efectos en la salud de sus consumidores. Debido a sus múltiples ventajas, su consumo y utilización han ido en aumento en los últimos años, con estas perspectivas, el proyecto en estudio plantea la producción y exportación de este producto hacia los EE.UU. por representar dicho mercado un puesto de importancia mundial en la fabricación de artículos que presentan al xilitol como uno de sus componentes.

El emprendimiento en estudio producirá anualmente 1.819 toneladas de xilitol y 2.130 toneladas de ácido acético utilizando aproximadamente 84.000 toneladas de madera al año.

Adicionalmente se generarán 6.400 toneladas anuales de yeso. En este caso se obtiene como subproducto del proceso de encalado, por lo que en principio se podría considerar como un residuo, sin embargo será secado y vendido en su totalidad a una de las dos empresas cementeras presentes en Uruguay.

El proceso de producción de xilitol consta principalmente de las siguientes etapas: pre-tratamiento de chips donde se extraen las hemicelulosas, hidrólisis ácida para la formación de monómeros de azúcar, detoxificación del extracto con un disolvente adecuado en un sistema de extracción líquido-líquido, un sistema complejo de destilación para la recuperación de dicho disolvente, tren de evaporación para concentrar el producto principal, fermentación donde se verifica la transformación de la xilosa en xilitol, cristalización y secado.

Como consecuencia de la extracción líquido-líquido se obtiene ácido acético y furfural, los cuales son purificados en una etapa de destilación simple, obteniéndose el primero en concentraciones comerciales.

El emprendimiento se ubica en la ciudad de Juan Lacaze, en el departamento de Colonia, integrado a la planta de FANAPEL. De la cual se realizará la pre extracción de hemicelulosas al 100% de los chips previo a su ingreso al sistema Kraft, sin alterar la calidad de la pulpa obtenida.

Se dispondrá de los servicios auxiliares provenientes de FANAPEL como lo son el tendido eléctrico, el emisario subacuático, los tratamientos de emisiones gaseosas y la generación de vapor.

Se deberán generar 17,4 Ton/h de vapor extra, en la caldera de biomasa de FANAPEL, la cual produce actualmente 35 Ton/h, y es capaz de cubrir la nueva demanda. Esta caldera genera vapor de 60ata que pasa por una turbina de donde se obtiene vapor de media y baja, mediante la generación de energía eléctrica, lo que provoca un excedente de 0,75 MW que serán volcados a la red de UTE.

Los efluentes líquidos producidos en este emprendimiento serán tratados mediante un sistema de dos lagunas en serie, para luego ser volcados al Rio de la plata atravez del emisario subacuático perteneciente a FANAPEL. A su vez los residuos sólidos generados serán dispuestos en el mismo terreno privado que utiliza la empresa actualmente para este fin.

Otros residuos como lo son la lignina y furfural son incinerados en la caldera de recuperación aprovechando sus altos poderes caloríficos. Además se utiliza un sistema de enfriamiento abierto con una descarga al Rio de la Plata de 7.300 Ton/d, lo cual implica un cero de gasto de agua potabilizada.

Éste ocupará un área que ronda los 3.500 m<sup>2</sup>, generando 45 nuevos puestos de trabajo directos y otros tantos indirectos.

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto es de aproximadamente 35.400.000 USD, de los cuales las inversiones amortizables representan el 85% aproximadamente.

Debido a la complejidad y al tamaño del emprendimiento y teniendo en cuenta que se realiza la evaluación del mismo a nivel de ante proyecto. Se desarrolló en detalle el diseño de procesos y equipos, desde la etapa de hidrolisis acida hasta la etapa de extracción líquido-líquido, inclusive. El detalle del mismo se puede encontrar en el capítulo *Ingeniería en detalle*.

Desde el punto de vista económico el proyecto genera utilidad, pero esta no compensa la inversión a realizar en el periodo de tiempo establecido.

La factibilidad del proyecto se evaluará únicamente para el caso de Capital Propio.

En lo que respecta a la viabilidad financiera del proyecto se obtiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 3.6%. Esta es menor a la tasa de interés de referencia tomada en un 5%.

Como consecuencia de lo expuesto en los párrafos anteriores este proyecto no resulta viable desde el punto de vista económico ni financiero.

Para revertir dicha situación se debería analizar la optimización de la tecnología utilizada sumado a la comercialización global de productos, incluyendo la biomasa generada en el proceso de fermentación, el furfural y la lignina.

Es de destacar la importancia que presenta este proyecto a nivel nacional por significar la introducción en el país del concepto de biorrefinería. El mismo se encuentra en pleno auge a nivel mundial. La integración de industrias de celulosa y papel con el concepto de biorefinerías que permitan la producción de bioproductos con mayor valor agregado son vistas como la solución a la ecuación económica de estas industrias debido al poco margen de ganancia por ventas de la pasta de celulosa. Esta tiende a la baja en sus precios contra un incremento de los costos de madera como materia prima.

También se destaca el hecho de que la materia prima utilizada no compite con la producción de alimentos. Se introduce además un proceso innovador, fuentes de trabajo y formación de mano de obra especializada en áreas de relevancia industrial a nivel mundial.