

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA MADERA

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA
APLICACIÓN DE HONGOS DE PUDRICIÓN BLANCA
(HPB) EN PULPAJE KRAFT**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

DAVID ALEJANDRO PEÑALOZA CATALÁN

Profesor Guía: Ing. Forestal, Ingeniero EFP, Dr. INP, Sr. Javier González Molina

SANTIAGO – CHILE

2004

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.	Industria de Celulosa Kraft.....	3
2.1.1.	<i>Antecedentes Generales.....</i>	3
2.1.2.	<i>Clasificación de pastas celulósicas</i>	4
2.1.3.	<i>Descripción del Proceso Productivo.....</i>	4
2.1.4.	<i>Utilización de Reactivos Químicos.....</i>	9
2.2.	Antecedentes sobre Biopulpaje.....	9
3.	METODOLOGÍA	11
4.	ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA	13
4.1.	Sector Forestal	13
4.2.	Industria de Celulosa Kraft en el Mundo.....	14
4.2.1.	<i>Producción mundial.....</i>	14
4.2.2.	<i>Precios</i>	15
4.2.3.	<i>Estructura de la Industria</i>	17
4.3.	Industria de Celulosa Kraft en Chile.....	17
4.3.1.	<i>Estructura</i>	18
4.3.2.	<i>Producción.....</i>	19
4.3.3.	<i>Exportaciones e Importaciones</i>	19
4.3.4.	<i>Disponibilidad de Materia Prima.....</i>	22
4.3.5.	<i>Precios</i>	23
4.3.6.	<i>Proyecciones</i>	24
5.	DESCRIPCIÓN DEL MERCADO DE HONGOS DE PUDRICION BLANCA (HPB) ..	26
5.1.	Análisis del Mercado de los Consumidores	27
5.1.1.	<i>Definición del mercado relevante</i>	27
5.1.2.	<i>Segmentación.....</i>	27
5.1.3.	<i>Poder de Negociación.....</i>	28
5.1.4.	<i>Análisis de la Demanda</i>	28
5.2.	Mercado de Proveedores.....	29

5.2.1.	<i>Centro Tecnológico</i>	29
5.2.2.	<i>Proveedores de Aserrín</i>	30
5.2.3.	<i>Proveedores de Energía Eléctrica</i>	30
5.3.	Mercado de Competidores	31
6.	ESTUDIO TECNICO	32
6.1.	Planta Productora de hongos de Pudrición Blanca	32
6.1.1.	<i>Localización</i>	32
6.1.2.	<i>Determinación del Tamaño de Producción</i>	32
6.1.3.	<i>Descripción del Proceso Productivo</i>	33
6.1.4.	<i>Descripción de la Organización</i>	35
6.1.5.	<i>Identificación de los requerimientos</i>	36
6.1.6.	<i>Elección de Alternativas de Producción</i>	41
6.2.	Aplicación de hongos de Pudrición Blanca a Pulpaje Kraft	42
6.2.1.	<i>Descripción del proceso de aplicación del inóculo</i>	42
6.2.2.	<i>Beneficios asociados al Biopulpaje</i>	43
6.3.	Costos derivados del Biopulpaje	45
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	47
7.1.	Análisis de Rentabilidad de Planta Productora de Hongos	47
7.1.1.	<i>Tasa de descuento</i>	47
7.1.2.	<i>Depreciación y amortización</i>	48
7.1.3.	<i>Capital de trabajo</i>	48
7.1.4.	<i>Valor de desecho</i>	48
7.1.5.	<i>Indicadores de rentabilidad</i>	49
7.1.6.	<i>Análisis de Sensibilidad</i>	49
7.2.	Análisis de Rentabilidad del Biopulpaje Kraft	51
7.2.1.	<i>Beneficios incrementales</i>	52
7.2.2.	<i>Flujo de caja incremental</i>	52
8.	CONCLUSIONES	54
9.	BIBLIOGRAFÍA	55
10.	APÉNDICE	59

RESUMEN

El desarrollo de esta memoria de título se centra en una evaluación técnico económica de la aplicación de hongos de pudrición blanca en operaciones aplicadas a pulpaje kraft. Para ello se realizó una caracterización de la estructura y funcionamiento del mercado de la industria de celulosa Kraft y el mercado en el cual estará inserta la comercialización de hongos de pudrición blanca (HPB), se determinaron los requerimientos técnicos para los distintos niveles de producción de HPB, se identificaron y cuantificaron los efectos de la aplicación de HPB en la producción de celulosa de fibra larga y por último se efectuó una evaluación económico – financiera de la producción y aplicación de HPB en pulpaje Kraft.

En lo que se refiere a la industria de celulosa en Chile, ésta se encuentra concentrada en dos grupos económicos, favoreciendo las economías de escala que a esta industria le son fundamentales para competir a nivel mundial. La producción nacional está orientada principalmente al mercado internacional, siendo Chile un tomador de precios, debido a la baja participación que alcanza en la producción mundial de celulosa (1,63%).

La demanda que enfrentará el mercado de hongos de pudrición blanca es constante en el tiempo, ya que la cantidad demandada es proporcional a la producción de celulosa. Según lo anterior, la curva de adopción de la tecnología, la puesta en marcha y el “*learning by doing*” la demanda cubierta por la planta productora de HPB será de 30%, 50% y 100% durante los años 1, 2 y 3 en adelante, respectivamente.

Para la realización de la evaluación económica de la planta productora de hongos se considera un horizonte de evaluación de 10 años con un precio máximo de US\$ 500 por tonelada de inóculo. La tasa de descuento se calculó a través del modelo CAPM. Bajo estos supuestos, se tiene que la inversión inicial total es de US\$2.100.724 con un período de recuperación de 3,5 años. El VPN del proyecto puro o la rentabilidad del proyecto es de US\$4.148.134 y la TIR alcanza un valor de 35,95%. Al sensibilizar la variable precio se tiene que el valor que debe tomar esta variable, para que el inversionista sea indiferente al proyecto, es de US\$317 por tonelada de inóculo.

En relación con la rentabilidad incremental para la industria de celulosa, con la adopción del biopulpaje, se tiene que para un horizonte de evaluación de 10 años la planta Arauco I y II obtiene una rentabilidad adicional de US\$ 28.588.163 y US\$ 30.931.750 para la producción de celulosa estándar y ECF respectivamente, con flujos anuales superiores a los US\$ 4,6 millones para ambas pulpas.

En función de los resultados obtenidos se concluye que la adopción de la tecnología de biopulpaje kraft es altamente recomendable, dada la alta rentabilidad que muestran tanto la instalación de una planta productora de hongos de pudrición blanca como la aplicación de éstos en la industria de celulosa.

Palabras clave: Hongos de pudrición blanca, industria de celulosa, evaluación de proyectos.

SUMMARY

This study analyzes the technical and economics prefeasibility of the application of white decay fungi (WDF) to Kraft pulping. For it a characterization of the structure and operation of the Kraft cellulose market and the market in which the commercialization of WDF was made, the technical requirements for the different levels were determined from WDF production, the effects of the application of WDF in the production of Bleached Softwood Kraft Pulp Radiata Pine (BSKP) were identified and quantified and finally an economic - financial evaluation of the production and application of WDF in Kraft pulping.

The Chilean pulp industry, is concentrated in two economic groups, favoring the economies scale that in this industry are fundamental, to compete at world-wide level. The national production is oriented mainly to the international market, being Chile a prices taker, due to the low participation that reaches in the world-wide production of cellulose (1,63%).

The demand that will face the market of WDF is constant through time, since the demanded amount is proportional to the pulp production. According to the previous consideration, the curve of the technology adoption, the beginning and "learning by doing" the demand covered by the producing plant of WDF will be of 30%, 50% and 100% during years 1, 2 and 3 in ahead, respectively.

For the accomplishment of the economic evaluation of the producing mill of WDF, a evaluation horizon of 10 years is considered with a maximum price of USD 500 by ton of inóculo. The rate of discount is calculated through model CAPM. Under these assumptions, a total initial investment is USD 2.100.724, with a period of recovery of the investment of 3.5 years. The NPV the pure project or the yield of the project is of USD 4.148.134. The IRR reaches a value of 35,95%. When sensitizing the variable price has the value that must take this variable, so that the investor is indifferent to the project, is of USD 317 by ton of inóculo.

In relation to the incremental yield for the pulp industry, with the adoption of biopulping, it makes Arauco I y II obtain an additional yield of USD 28.588.163 and USD 30.931.750 for the production of standard cellulose and ECF, with annual flows superior to the USD 4,6 million for both pulp, for 10 years.

Based on the results obtained we can concludes that the adoption of the technology of Kraft biopulping is highly recommended, given the high yield that show so much the installation of a producing mill of WDF, like the application of these in the pulp industry.

Key words: white decay fungi, pulp industry, project evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la producción mundial de celulosa química, es obtenida a partir del proceso "Kraft". En Chile la industria de celulosa Kraft ha tenido gran dinamismo en las últimas décadas, transformándose en la principal fuente generadora de divisas del sector. Esto, gracias a una constante modernización y mejora de procesos, como también al fuerte desarrollo que experimentaron las plantaciones forestales de *Pinus radiata*, transformándose esta especie, en la principal materia prima para los procesos de pulpeo, aunque se espera que esta tendencia cambie a futuro hacia *Eucalyptus globulus* y mezclas con *Eucalyptus nitens*.

Esta industria es sumamente sensible a la opinión pública, debido principalmente a las descargas de elementos contaminantes a la atmósfera y a los cursos de agua. Estos elementos son generados mayoritariamente en los procesos de blanqueo, en donde se utilizan compuestos clorados, así gran parte de los esfuerzos tecnológicos de la industria se centran en la disminución de impactos ambientales, como también en el desarrollo de investigaciones orientadas a mejorar la productividad de sus procesos.

Existen en la naturaleza hongos que atacan la madera, dentro de ellos se encuentran los llamados hongos de pudrición blanca que degradan selectivamente la lignina (elemento cementante de las fibras). El proceso Kraft emula en parte la acción de estos organismos a través de la utilización de reactivos químicos, por su parte la acción de hongos de pudrición blanca (HPB), provoca una reducción importante del contenido de lignina inicial de la madera, previo a la entrada al digestor, implicando una disminución en el consumo de químicos. De esta manera la "cocción" necesita, para un mismo número Kappa, menor cantidad de soda y sulfuro ó a un mismo nivel de consumo de agentes de cocción, la obtención de un número Kappa más bajo resultando la etapa de blanqueo más económica y menos contaminante, por el menor uso de reactivos químicos.

Respecto a la estructura de costos directos, los químicos son uno de los ítem más importante, después de la madera. Por lo tanto, cualquier nueva tecnología que apunte a reducir la utilización de estos compuestos generará un efecto positivo en los costos de producción (costos variables). Por esto, la aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB) en la producción de celulosa, denominada biopulpaje, reviste gran importancia dadas las múltiples bondades que ofrece esta tecnología a la industria del sector.

El estudio de los HPB en relación a su uso en la industria de celulosa, comenzó a mediados de la década de los ochenta, enfocado principalmente al proceso de tipo termo - mecánico (Kirk et al, 1993). En los últimos años se ha desarrollado una tecnología aplicable al proceso químico, en la cual las maderas son tratadas, con anterioridad al proceso de pulpaje, con hongos que degradan selectivamente la lignina presente en ellas (González et al, 2002).

Dadas las múltiples ventajas generadas por el proceso de biopulpaje, resulta importante cuantificar en términos monetarios, los beneficios que pueda traer la implementación de esta tecnología en la industria de celulosa. Considerando los altos volúmenes comercializados, una pequeña disminución en los costos por unidad de producción generaría importantes márgenes de utilidad adicionales.

En función de lo anterior y como objetivo de este trabajo se evalúa en términos técnicos y económicos la prefactibilidad de la aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB) en los procesos de pulpaje Kraft. Para esto se caracteriza la estructura y funcionamiento del mercado de la industria de celulosa Kraft y el mercado en el cual estará inserta la comercialización de hongos de pudrición blanca (HPB), se determinan los requerimientos técnicos necesarios para obtener distintos niveles de producción de HPB, se identifican y cuantifican los efectos de la aplicación de HPB en la producción de celulosa y por último se efectúa una evaluación económico – financiera de la producción y aplicación de HPB en pulpaje Kraft.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Industria de Celulosa Kraft

2.1.1. Antecedentes Generales

La madera está compuesta por tres elementos principales, ellos son la celulosa, la lignina y la hemicelulosa. La celulosa es un polímero lineal de hidroglicosa, la hemicelulosa está compuesta por cadenas cortas de heteropolisacáridos, compuestos de hexosas y pentosas, por lo cual, una de las características de la hemicelulosa es ser fácilmente hidrolizable. Por otro lado, la lignina es descrita como un compuesto altamente heterogéneo, y sus componentes aunque tienen similares propiedades químicas, tienen distintos pesos moleculares (González y Garay, 1998).

Existen distintos métodos para obtener celulosa, uno de ellos es el pulpaje Kraft que consiste en la adición de compuestos químicos para degradar la lignina presente en las maderas. Dentro de los pulpajes químicos el proceso Kraft es el más utilizado, obteniéndose alrededor del 81% de la producción total de pulpas químicas, mediante esta técnica (González y Garay, 1998).

En lo que respecta a la producción de celulosa blanqueada de fibra larga, el país presenta ventajas comparativas importantes a escala mundial, entre ellas se destacan diferencias en costo de capital, costo de personal y principalmente en el costo de materia prima (madera), como ejemplo se puede citar que el costo de materia prima en Chile representa un 35% del costo total mientras que en los países escandinavos, este costo supera el 50% (Undurraga, 2001).

Cuadro 2-1 Estructura de costos (US\$), por tonelada de celulosa producida

Costos de Producción	Arauco	CMPC	Finlandia	USA	Canadá
Madera	100	100	199	122	207
Químicos	37	39	34	49	50
Energía	- ¹	9	6	15	38
Costos variables	137	148	239	186	295
Mano de Obra	15	12	33	64	76
Otros	21	36	26	54	79
Costos fijos	36	48	59	118	155
Costos Operacionales	189	196	298	304	450
Costo flete Europa	48	42	35	66	43
Ventas y Marketing	17	23	8	10	12
Costos Totales de Operación	238	261	341	380	505

Fuente: FIT Research, 2003

¹ En la generación de energía se incurre en costos, pero dado que se generan excedentes que son inyectados al SIC, los ingresos por venta de energía anulan el costo asociado.

2.1.2. Clasificación de pastas celulósicas

La celulosa se puede clasificar según el tipo de materia prima utilizada para su producción y por la calidad de ésta, derivada principalmente de la zona geográfica de desarrollo de las plantaciones. Según esta clasificación y Paperloop (2003) se tiene:

Celulosa de fibra larga

- Celulosa NBSKP (Northern Bleached Softwood Kraft Pulp): producida a partir de bosques naturales de coníferas de lento crecimiento en Canadá y los países Escandinavos, presenta gran resistencia y en el mercado se transa a un mayor precio.
- Celulosa BSKP “Southern Pine”: se produce en base a coníferas de rápido crecimiento en el sur de Estados Unidos y norte de Argentina, su resistencia es menor a la celulosa NBSKP.
- Celulosa BSKP “Radiata Pine”: celulosa producida en Chile y Nueva Zelanda, se ubica, en términos de calidad y precio, entre las dos anteriores. La materia prima proviene de plantaciones de rápido crecimiento.

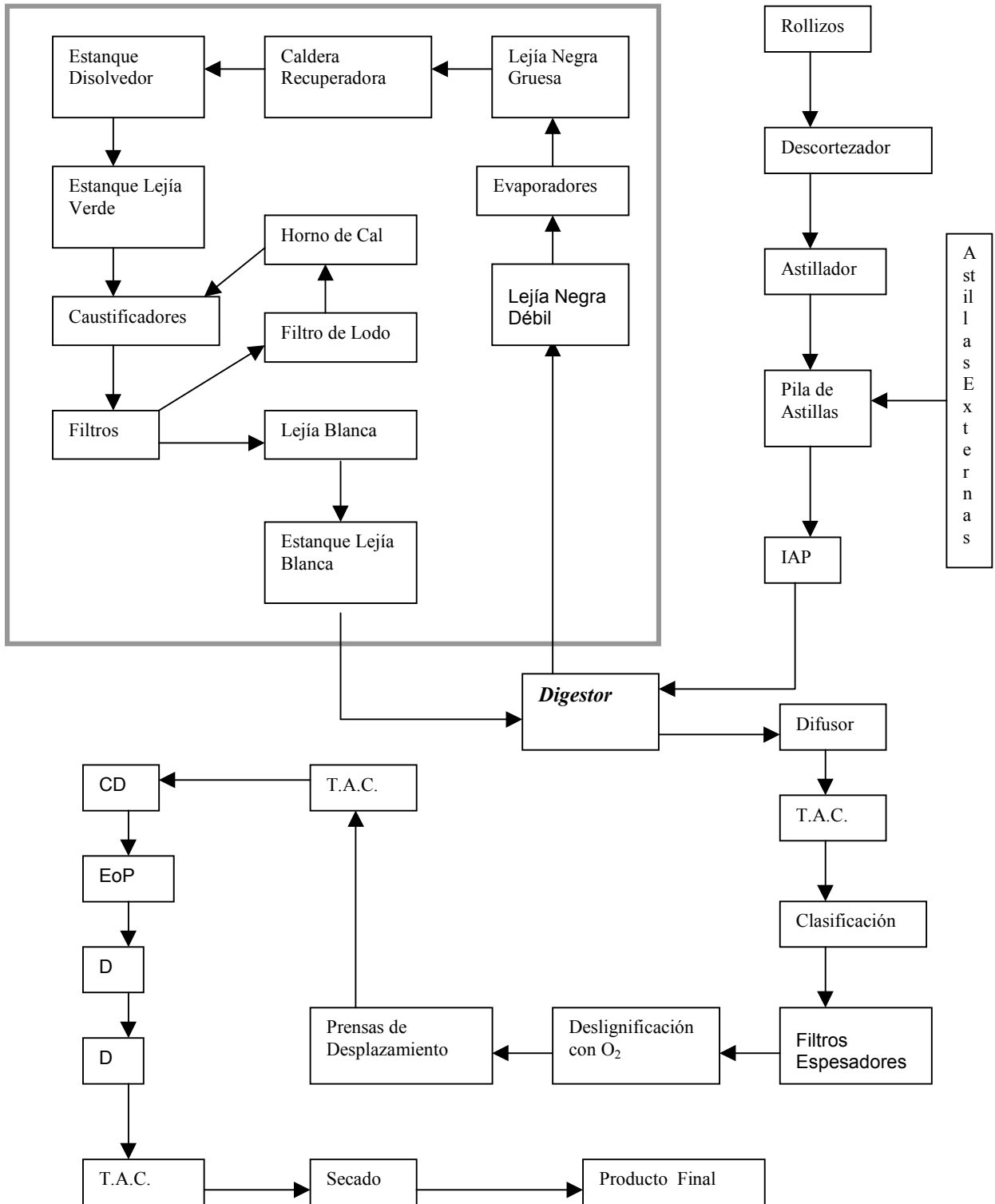
Celulosa de fibra corta

- Celulosa BEKP (Bleached Eucalyptus Kraft Pulp): la materia prima utilizada para producir esta celulosa son plantaciones de eucaliptus de rápido crecimiento, ubicadas principalmente en Brasil, Chile, Península Ibérica, Australia y Nueva Zelanda.
- Celulosa Birch: su producción se concentra en Finlandia y Suecia, se obtiene a partir de abedules.
- Celulosa NMHW (Northern Mix Hardwood): este tipo de celulosa se produce en Canadá, Francia, Japón, Corea y el este de Europa, en base a una mezcla de varias especies de madera dura (hardwood).
- Celulosa MTH (Mix Tropical Hardwood): producida en Indonesia a partir de mezclas de varias especies tropicales de madera dura.
- Celulosa SMHW (Southern Mix Hardwood): celulosa valorada con un mayor precio en el mercado, producida en base a mezcla de distintas especies de maderas duras en el sur de Estados Unidos.

2.1.3. Descripción del Proceso Productivo

Para obtener celulosa Kraft blanqueada de fibra larga, primeramente la madera es astillada y posteriormente entra a un proceso de “cocción”, el cual es bastante homogéneo en términos de su aplicación en las distintas plantas que lo utilizan. Luego la pulpa cruda es blanqueada con compuestos clorados principalmente, este proceso es muy variable, pudiendo utilizarse distintas secuencias de blanqueo y a distintas intensidades. La figura 2.1 muestra una configuración tipo para plantas de celulosa blanqueada.

Figura 2-1 Diagrama de la línea de producción de Planta Pacífico



Fuente: Gestión Ambiental Consultores, 2001

Proceso de cocción

La materia prima (madera), que se utiliza en el proceso proviene de una mezcla compuesta por trozos pulpables (60%) y astillas provenientes de aserraderos (40%). Para entrar al proceso la madera debe estar descortezada, por lo tanto, las trozas se introducen al descortezador de donde deben salir con un porcentaje de corteza menor al 0,08%. Seguidamente los trozos descortezados son astillados en chipeadores, los finos o "pin-chip" generados en el proceso son utilizados como combustible y las astillas sobredimensionadas son reintroducidas al chipeador. Idealmente las astillas debieran tener 22-26 mm de largo, 18 - 20 mm de ancho y 3 - 4 mm de espesor (González, 2000).

La mezcla de astillas es apilada con el propósito de homogeneizar la misma, luego son transportadas hacia el cilindro de impregnación en donde, son saturadas con el licor de cocción, se aumenta la temperatura y la presión en forma progresiva, hasta alcanzar una temperatura entre los 100 - 115 °C, con el fin de flexibilizar y comenzar a solubilizar la lignina. Luego, se mantienen las condiciones durante un período de tiempo determinado para que se realice la "cocción" (subida a 170 °C) de las astillas, posteriormente se pasa a una etapa de soplado en donde se produce una brusca baja de presión, haciendo explotar las astillas, para obtener la celulosa cruda (Fuentes, 1981).

El licor de cocción o licor blanco está compuesto por:

$Na_2S + NaOH$, disuelto en agua en proporciones 2:5 y con un pH cercano a 13.

La cantidad de reactivos son:

- Alkali activo $NaOH + Na_2S$: 19%² sobre el peso seco de la madera.
- Sulfidez $\frac{Na_2S}{NaOH + Na_2S}$: 30% en base al peso seco de la madera.

A partir del proceso de "cocción" de la madera, se genera el licor negro que está compuesto por el licor blanco degradado, más lignina y extraíbles de la madera. Éste, después de un proceso de concentración, es enviado a la caldera de recuperación, donde adicionalmente a base del vapor generado, se produce energía para el funcionamiento de la planta. La pasta comienza un proceso de lavado para eliminar el licor negro remanente y de esta forma quedar en condiciones para ser blanqueada y/o producir papel (González, 2000).

Blanqueo

El blanqueo se realiza con el objeto de eliminar la lignina residual en la pasta, para ello se utilizan compuestos químicos, tales como dióxido de cloro, oxígeno, peróxido y soda cáustica. En este proceso ocurre una degradación de las fibras de celulosa, producto de

² Este porcentaje puede variar, según el tipo de madera que se utilice.

la acción de los agentes químicos utilizados, y eliminación de gran parte de la lignina residual. Esto trae como consecuencia una disminución de 5 a 9% de la pasta café, o lo que es lo mismo una pérdida de rendimiento de alrededor de 2,5%, para lograr blancura de 87 - 90% ISO (Papelnet, 2002).

El tipo de producto a obtener depende de los reactivos que se utilicen, de esta forma, se obtiene celulosa "estándar" cuando la pasta se blanquea con cloro (Cl_2) y dióxido de cloro (ClO_2), por su parte la celulosa "ECF" se produce sin la utilización de cloro (*elemental chlorine free*) en este caso se reemplaza el cloro por dióxido de cloro. También se puede producir celulosa "TCF", sigla que significa *total chlorine free*, este tipo de pasta es totalmente libre de cloro y compuestos clorados, para su producción se realizan varias secuencias de deslignificación con oxígeno principalmente, este tipo de celulosa no se produce en Chile, por lo que no se considerará en los análisis posteriores.

Es posible utilizar distintas secuencias de blanqueo, pero los reactivos utilizados en cada una de las etapas son fundamentalmente los mismos, las etapas y reactivos utilizados en cada una de ellas son (Papelnet, 2002):

- O: oxígeno gaseoso (O_2), utilizado tanto en la etapa de deslignificación como también para reforzar la de extracción. Tiene un poder oxidante 4,4 veces superior al del cloro.
- C: en esta etapa se aplica Cl_2 , el cloro reacciona con la lignina residual en la pasta formando compuestos que luego son solubles en agua.
- E: extracción con soda cáustica (NaOH), solubiliza los compuestos clorados generados en la etapa anterior. Esta etapa puede incluir adicionalmente la utilización de oxígeno y/o peróxido de oxígeno, representándose como Eo y Eop, respectivamente.
- D: dióxido de cloro (ClO_2), el efecto que provoca en la pasta es similar al que presenta el cloro, pero con la salvedad que comparativamente degrada menos la pasta, además genera menos residuos (también produce AOX, pero de mayor peso molecular), toda vez que 1 kg. de ClO_2 equivale en poder oxidante a 2,63 kg. de Cl_2 .
- P: peróxido de hidrógeno (H_2O_2), usado para reforzar la etapa de extracción.

Dentro de las secuencias de blanqueo utilizadas para coníferas, se encuentran:

- Para celulosa Estándar: O (C70/D30) E P D E D. En forma extensa, Deslignificación con Oxígeno – 70% Cloro 30% Dióxido – Extracción – Peróxido de Hidrógeno – Dióxido – Extracción - Dióxido.
- Para celulosa ECF: O D E P D E D. En este caso la secuencia es: Deslignificación con Oxígeno – Dióxido – Extracción – Peróxido – Dióxido – Extracción - Dióxido.

En la industria actual prácticamente todas las plantas cuentan con una o dos deslignificaciones con Oxígeno, previas a la etapa de blanqueo. De esta forma, una secuencia normalmente usada es:

O – O – C/D – E_O – D – E_{OP} – D: Doble deslignificación con Oxígeno, Cloro – Dióxido, Extracción con Oxígeno, Dióxido, Extracción Oxígeno – Peróxido, Dióxido.

Línea de recuperación

Los químicos que se utilizan en la cocción del proceso Kraft son, en parte, recuperados después de una combustión de los mismos. Producto de la recuperación de estos reactivos, la planta genera energía para autoabastecerse y en algunos casos comercializar el excedente. A continuación y basado en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Optimización de Planta Pacífico, PROPAC”, presentado el año 2001, se detalla el proceso de recuperación de químicos de cocción:

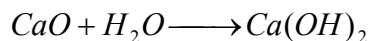
Producto de la cocción se genera la lejía negra débil (LND) que está compuesta por H₂O, carbohidratos, sales y extraíbles. Ésta es transformada en lejía negra gruesa (LNG) en la planta de evaporadores, pasando de una concentración de sólidos del orden de 15 – 17% hasta un 70 – 75%. Posteriormente la LNG es transportada a la caldera recuperadora donde es calcinada, comenzando con esto la recuperación de los reactivos. La caldera produce vapor que es utilizado para los requerimientos de la planta y para generar energía eléctrica.

Durante la combustión, en la caldera recuperadora, se originan 2 reacciones químicas:

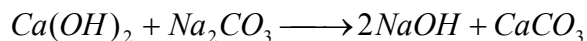
- Compuestos orgánicos de sodio (Na) y azufre (S) $\longrightarrow Na_2S + Na_2CO_3$
- $Na_2SO_4 \longrightarrow Na_2S + O_2$

Los reactivos se recuperan como fundido en el fondo del hogar de la caldera y además se captan como polvo en los gases de combustión mediante precipitadores electrostáticos. El material colectado está compuesto por sulfuro de sodio, carbonato de sodio y trazas de sulfato de sodio. El fundido es mezclado con lejía blanca débil en el disolvedor originando el licor verde o lejía verde.

La lejía verde es conducida a un estanque clarificador, separando el líquido y eliminando el residuo sólido o “dreg”. Una vez clarificada se le agrega cal viva, ésta reacciona con el agua que forma la lejía verde obteniendo cal apagada, según muestra la reacción:



La fase sólida se retira como desecho sólido llamado “grit” y la fase líquida pasa a los caustificadores donde se verifica la reacción:



Así se obtiene el licor blanco o lejía blanca, con filtración previa del carbonato de calcio. Este último alimenta el horno de cal, donde por medio de una reacción térmica se genera la cal.

2.1.4. Utilización de Reactivos Químicos

Dada la naturaleza del proceso de pulpaje Kraft, los químicos que se utilizan son recuperados en un alto porcentaje, por lo que los consumos por unidad de producción se ven bastante reducidos, respecto a los niveles que tendrían si no se recuperasen. A continuación se detallan los requerimientos en términos de reactivos químicos, para la producción de celulosa Kraft de fibra larga.

Cuadro 2-2 Consumo de químicos para la producción de Celulosa de fibra larga.

ITEM	CELULOSA ESTANDAR (Kg/t)	CELULOSA ECF (Kg/t)
Soda	36.65	35.79
Peróxido de hidrógeno	0	3.24
Cloro líquido	20.52	0
Oxígeno	24.70	24.56
Clorato de sodio	22.20	39.10
Ácido sulfúrico	15.81	38.43
Metanol	2.06	3.63
Caliza	8.52	10.03
Sulfato de aluminio	0.53	0.54
Dióxido de azufre	2.12	2.13
Cal viva	11.60	7.65
Ceniza de soda	1.35	1.88
Antiespumante	0.50	0.51
Talco	0.68	0.67
Petróleo	57.05	56.28
Propano	4.11	5.76

Fuente: Gestión Ambiental Consultores, 2001

2.2. Antecedentes sobre Biopulpaje

El biopulpaje consiste en un pre-tratamiento fungoso de la madera destinada a pulpaje. Este pre-tratamiento se traduce como la aplicación de ciertas técnicas, con las cuales se favorece la acción de hongos que muestran selectividad por la degradación de la lignina, a estos hongos generalmente se les llama hongos de pudrición blanca (HPB) (Kirk et al, 1993).

Según Vicuña (1998) la aplicación de técnicas de biopulpaje traería como consecuencia que el proceso industrial se hiciera más rápido, más efectivo, más limpio y más económico. A la vez vislumbra un auspicioso futuro en el desarrollo de esta técnica.

En un trabajo realizado por Kirk et al (1993), en donde se estudió y evaluó la factibilidad de las técnicas de biopulpaje, encontraron que en pulpaje termo - mecánico la aplicación de cierto hongo de pudrición blanca, redujo el consumo de energía de refinación en un 40% o más y a la vez mejoró las propiedades de resistencia del papel.

La aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB) resulta en un pulpaje Kraft más fácil, con índices Kappa³ menores, aumentos en el rendimiento y mayor grado de polimerización de la celulosa en las fibras. El posterior proceso de blanqueo se hace mucho más fácil consumiendo una menor cantidad de productos clorados (haciendo el proceso menos contaminante y a un menor costo), aumentos de 9,5% en viscosidad y mejores grados de blancura de hasta cinco puntos y a lo menos tres (González et al, 2001).

Con la aplicación de hongos de pudrición blanca Gómez (1995) concluyó que el rendimiento total, en el proceso de pulpaje, fue superior para los tratamientos con hongos en al menos unos 6 puntos porcentuales, que para las muestras testigo, también aumentó el rendimiento clasificado, como también el número de rechazos fue menor para los tratamientos fungosos.

Colonelli (1996), estudiando el efecto de hongos de pudrición blanca en el proceso Kraft en Pino radiata obtuvo disminuciones de un 14% en el índice Kappa al tratar las astillas con *Pleurotus ostreatus* durante 45 días, disminución del consumo específico de energía, sin afectar de manera significativa las propiedades mecánicas del papel obtenido de las biopulpas. Este hongo a su vez, mostró preferencia a la selectividad de la lignina en el proceso de degradación de la madera.

La mayor importancia que revierte los tratamientos fungosos en las maderas para pulpaje, se centra en el hecho de que estos hongos (HPB), provocan una modificación química y física de los medios de comunicación, tanto en la lamela media como en las paredes de las células. Este efecto puede resultar en una actividad más rápida, de los reactivos sobre la lignina, y conjuntamente, una menor actividad sobre la holocelulosa, principalmente la hemicelulosa, al inicio del pulpaje (González et al, 2001).

En relación con los resultados de la aplicación de hongos de pudrición blanca al proceso Kraft, González y Garay (1998) explican que luego de varios años de investigación se han obtenido: aumentos en el rendimiento de entre 1,9 a 2,8%, disminución de 9 a 14% en el índice Kappa, 8 a 12% de aumento en el contenido residual de hemicelulosa, mayor grado de polimerización de la celulosa (4 a 11%), mayor facilidad para el refinado de la pasta, con un ahorro de 18 a 26% de consumo específico de energía (CEE) expresado en kwh por tonelada producida a 25° SR.

En general, la aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB), en condiciones naturales de crecimiento y de ataque a la madera, no presenta mayores problemas con hongos antagónicos, puesto que el más agresivo de ellos y el de mayor efecto entre los hongos de pudrición blanca, es *Trichoderma viride*, éste aunque presenta una actividad agresiva sobre los HPB tiene una corta acción, ya que sus colonias envejecen rápidamente, siendo su antagonismo no tan permanente (Silva, 2002).

³ El Índice Kappa es un variable que mide la cantidad de lignina residual en la pasta (celulosa), al final de la cocción en un proceso químico. Por tanto, un Índice Kappa alto indica que hay aún bastante lignina en la pasta.

3. METODOLOGÍA

En el desarrollo de esta memoria de título, se evalúa la rentabilidad de la aplicación de HPB en pulpaje Kraft de *Pinus radiata*, considerando como consumidores de este producto a las Plantas Arauco I y II de Celulosa Arauco y Constitución S.A. En este sentido, la situación sin proyecto la constituye el funcionamiento actual de la industria (representado por estas Plantas), a su vez, la situación con proyecto considera la instalación de una planta productora de hongos y la aplicación de éstos en los procesos productivos de las plantas mencionadas. En la situación con proyecto se evalúa la producción de hongos de pudrición blanca como una empresa individual y por otro lado, se determina la rentabilidad adicional para la planta de celulosa con la aplicación de esta tecnología.

Para obtener lo recientemente expuesto fue necesario realizar un conjunto de actividades en función de los objetivos planteados.

Caracterización de la estructura y funcionamiento del mercado de la industria de celulosa Kraft y del mercado de los hongos de pudrición blanca.

Para desarrollar este objetivo se llevó a cabo un análisis del mercado, tanto de la industria de la celulosa y sus actores, como del escenario al cual se verá enfrentada la producción de HPB. En esta etapa y como una forma de simplificar el análisis, se consideró como proyecto la producción de hongos de pudrición blanca, de esta forma el mercado competidor no existe, el mercado proveedor son los insumos para la producción de HPB, el mercado consumidor conformado por las Plantas Arauco I y II. En este punto se determina:

- La estructura y conducta de una empresa productora de hongos de pudrición blanca, de sus clientes y proveedores.
- Las condiciones de oferta y demanda para la producción de hongos de pudrición blanca.

Determinación de los requerimientos técnicos necesarios para obtener distintos niveles de producción de hongos de pudrición blanca.

Adicionalmente al estudio técnico de la producción de HPB, se efectuó en forma separada un estudio técnico de la aplicación de hongos en pulpaje Kraft, el cual identifica los aspectos más relevantes de costos e ingresos asociados a la tecnología y su utilización. Para el caso de la planta productora de hongos se obtiene:

- Descripción del proceso productivo, técnicamente factible, para la obtención de hongos de pudrición blanca.
- Determinación de distintos niveles (o volúmenes) de producción posibles de obtener en función de la situación del mercado, actual y proyectada. Las condiciones de mercado reflejan el ambiente en el cual se desarrollará la actividad productiva, esto es, además del tamaño del mercado y el poder de negociación con clientes y proveedores, incluye normas ambientales, técnicas y jurídicas.

- La cuantificación y dimensionamiento de los requerimientos necesarios para obtener los volúmenes de producción definidos. Estos corresponden a las inversiones en infraestructura, maquinarias y puesta en marcha, además de los costos y gastos de operación y administración para el funcionamiento del proyecto en evaluación. En este punto también se realizará un análisis costo – beneficio de la maquinaria a utilizar, principalmente en función de su productividad, costos de mantenimiento y tamaño.
- El diseño y valoración de la estructura organizacional de una empresa productora de hongos de pudrición blanca.

Identificación y cuantificación de los efectos de la aplicación de hongos de pudrición blanca en la producción de celulosa Kraft

Se cuantificaron los efectos directos en la estructura de costos de la producción de biopulpas. Esta cuantificación se realizó en base a los resultados arrojados por los ensayos establecidos a nivel de laboratorio y pruebas industriales realizadas por el equipo investigador del proyecto “Biopulpaje Kraft aplicado a Pinus Radiata” (FONDEF D971-2032 y D00T-2057).

Evaluación económico - financiera de la producción y aplicación de hongos de pudrición blanca en pulpaje Kraft.

En esta etapa se organizó y jerarquizó toda la información obtenida y creada por los estudios de mercado y técnico. Las tareas que se enuncian a continuación se realizaron para la producción de hongos y para la aplicación de éstos en trozas pulpables, según corresponda.

- Cálculo de la depreciación y valor residual de los activos.
- Cálculo de la amortización de los activos intangibles.
- Cálculo del capital de trabajo.
- Estimación de la distribución de probabilidades de los ingresos de la empresa, a través del horizonte de planificación.
- Estructuración de flujos de caja a partir de los cálculos antes mencionados y de la información obtenida en el estudio técnico.
- Definición y evaluación de estructuras de financiamiento.
- Simulación (mediante software Crystal Ball) y cálculo de VPN (Valor Presente Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).

Los antecedentes respecto de la aplicación de hongos de pudrición blanca en el proceso de pulpaje Kraft, fueron proporcionados por el Proyecto Fondef D971 – 2032 años 1997 - 2001 y por el Proyecto Fondef D00T – 2057, años 2001 – 2003.

4. ANALISIS DE LA INDUSTRIA

La industria forestal, entendiéndose como tal aquella que va desde la producción de plantas (árboles) hasta la elaboración de productos de alto valor agregado, es una de las más dinámicas dentro de la actividad económica del país, por lo que mantiene un lugar privilegiado en la economía nacional y un merecido reconocimiento, a nivel internacional. Siendo el segundo sector en importancia después de la minería, representa cerca del 3% del PIB nacional y proporciona alrededor de 118.000 puestos de trabajo, incluyendo los servicios (12%), la industria (54%) y la silvicultura y cosecha (34%).

Las proyecciones que se manejan para el sector; las nuevas inversiones que materializarán las grandes compañías, en el transcurso de la presente década; y los tratados de libre comercio; sin duda, ayudarán a que el sector siga manteniendo una posición de vanguardia en el desarrollo de la economía nacional, como también lo podrán llevar a ser el primer sector exportador, en términos de montos exportados, del país.

4.1. Sector Forestal

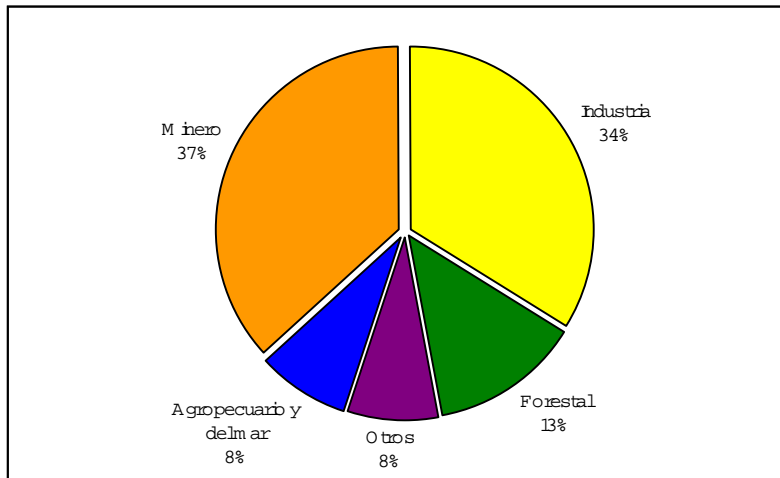
En las últimas dos décadas, el sector forestal, ha presentado un gran desarrollo y ha alcanzado una notable competitividad en el ámbito internacional. Esto gracias a políticas económicas adecuadas, a la alta tasa de crecimiento de las plantaciones, condiciones climáticas favorables, como también al continuo mejoramiento de las prácticas de manejo del bosque y el mejoramiento genético e investigación en las especies de cultivo intensivo, entre otras.

Las plantaciones forestales cubren el 3% de la superficie nacional con 2.193 miles de ha, de las cuales el 76% corresponden a plantaciones de Pino radiata, situándose la mayor parte de esta superficie (47%) en la VIII Región, donde se concentra alrededor del 80% del total producido y exportado de celulosa del país. Respecto a la existencia en términos de volumen, éstas se estiman en cerca de 280 millones de m³ concentradas principalmente en la VIII, VII y IX Regiones con 50%, 20% y 17% del volumen total respectivamente.

En la década pasada la balanza comercial de productos forestales presentó, cada año, saldos positivos (con una marcada tendencia al alza y crecimiento constante), llegando el año 2000 a US\$ 1.823 millones, lo que indica que el sector tiene una orientación muy fuerte hacia el mercado exportador y su actividad y estabilidad, por cierto, dependen en gran medida de lo que ocurra en el ámbito internacional.

Respecto a los montos de exportación, de la figura 4-1 se extrae que el sector forestal, representa el 13% del total exportado por la economía nacional. El año 2003 el sector totalizó un monto de exportación de US\$ 2.524 millones FOB, de los cuales el 47% corresponde a exportaciones de pulpa química (celulosa), siendo éste el producto proporcionalmente más importante, en términos de montos exportados. Se espera para el año 2004 alcanzar un monto de US\$2.900 millones en exportaciones forestales. En relación con los principales destinos de las exportaciones chilenas, el año 2002 fueron Estados Unidos, Japón y China.

Figura 4-1 Exportaciones chilenas según sector de la economía



Fuente: Infor, 2003

4.2. Industria de Celulosa Kraft en el Mundo

4.2.1. Producción mundial

El pulpaje Kraft, proceso que consiste en la adición de compuestos químicos para degradar la lignina presente en las maderas, es el más utilizado a nivel mundial para la obtención de pulpas químicas, produciéndose alrededor del 81% de la producción total de pulpas químicas mediante esta técnica (González y Garay, 1998).

El cuadro 4-1 muestra la producción de pulpa química por continente y a nivel mundial, se observa que la mayor producción se concentra en Norte América, seguida por Europa. Por otro lado, Latinoamérica representa el 8,5% de la producción mundial, cuyo principal exponente es Brasil. En cuanto a la producción total de pulpas, se estima, esta alcanza las 180 millones de toneladas métricas anuales.

Cuadro 4-1 Producción mundial de celulosa año 2001, miles de toneladas

	Pulpa Química	Total
Europa	30.084	45.718
Asia	14.637	38.993
Australasia	1.232	2.422
Norte América	61.800	77.713
Latino América	10.193	12.150
Africa	1.645	2.378
Total	119.599	179.374

Fuente: Paperloop, 2003

Sin duda Estados Unidos es el mayor productor de celulosa en el mundo y actualmente genera alrededor del 30% de la producción mundial. En el cuadro 4-2 se visualiza la participación de los principales países productores en el mercado de la celulosa.

Cuadro 4-2 Principales productores mundiales de celulosa (miles de toneladas)

País	Producción anual	% de la producción total
USA	52.795	29,43
Canadá	24.918	13,89
China	17.570	9,79
Finlandia	11.160	6,22
Suecia	11.000	6,13
Japón	10.813	6,03
Brasil	7.405	4,13
Rusia	6.225	3,47
Indonesia	4.326	2,41
Chile	2.921	1,63

Fuente: Paperloop, 2003

La industria de celulosa Kraft se caracteriza por grandes producciones, derivadas de apreciables economías de escala. Es así como en el año 2000 la industria de pulpa química blanqueada y semiblanqueada alcanzó una producción cercana a las 130 millones de toneladas métricas (Fact & Price Book, 2002).

4.2.2. Precios

A nivel mundial la industria de celulosa y papel presenta una alta integración vertical, de esta forma un porcentaje algo mayor a los tres cuartos de la producción mundial de celulosa, es consumida por sus propios fabricantes.

En función de lo anterior, la producción de celulosa se puede dividir en aquella que es consumida como materia prima en otros procesos productivos, dentro de la misma planta o empresa, y la celulosa de mercado o “market pulp”, que es transada en los mercados internacionales y que representa alrededor del 22% del consumo mundial de celulosa.

Esto provoca que el precio internacional de celulosa sea muy volátil, ya que una disminución del consumo de papel, generará que las empresas pongan un mayor porcentaje de su producción en el mercado como “market pulp”, aumentando los niveles de inventario de celulosa por sobre el de equilibrio generando, como consecuencia, una disminución en el precio de ésta.

Figura 4-2 Evolución de inventarios Norscan (miles de t) y Precio de celulosa Kraft de fibra larga



Fuente: FIT Research, 2003

En la figura 4-2 se aprecia claramente la relación existente entre el nivel de inventarios Norscan y la cotización de la celulosa, observándose caídas en los precios cuando aumentan los inventarios, y por el contrario, aumento en los precios cuando disminuye el nivel de acumulación del commodity. También se verifica cierta estabilidad en el nivel de precios cuando los stock bordean el nivel de equilibrio, que según analistas internacionales es de 1.500.000 toneladas, generando un precio de equilibrio de 500 US\$/t.

Otro factor que cobra cada día más relevancia en la cotización de la celulosa es la demanda de parte de China. Actualmente este país representa el 11% de las compras de este commodity a nivel mundial, por lo tanto, cualquier variación de la demanda China por celulosa, podría generar variaciones importantes en el nivel de los inventarios, generando un desplazamiento del nivel de equilibrio, y como consecuencia, una caída o subida, según sea el caso, en el nivel de precios.

La tasa de reciclaje de papel es un punto que, indudablemente, tiene efecto en la valoración de la pulpa virgen. El aumento de esta actividad, genera una disminución de la demanda de pulpa, puesto que parte del consumo de papel será satisfecho con fibra recuperada.

En los últimos años ha aumentado el reciclaje de papel, como muestra se tiene que Japón recicla cerca del 60% del consumo. Aún así esta actividad no representa una amenaza, al menos a mediano plazo, para la industria de celulosa, fundamentalmente por el costo asociado y la creciente demanda de papeles de muy buena calidad y/o de excelente resistencia.

4.2.3. Estructura de la Industria

Con relación a la concentración de la producción se tiene que 11 firmas mantienen el 45% de la producción mundial, pero esto no provoca imperfecciones en el mercado, manteniéndose altamente competitivo, ya que generalmente la parte de la producción que es puesta en éste es mucho menor.

Cuadro 4-3 Principales productores de celulosa a nivel mundial

Ranking	Compañía	Localidad	Capacidad (Mton)	Capacidad mundial (%)
1	Weyerhaeuser	Usa/Canadá	2.300	5,5%
2	International Paper	Usa	2.250	5,4%
3	Tembec	Canadá	2.100	5,0%
4	Georgia-Pacific	Usa	2.000	4,8%
5	Aracruz	Brasil	1.980	4,7%
6	Sodra	Suecia	1.900	4,5%
7	Stora-Enso	Finlandia/Suecia	1.465	3,5%
8	Celarauco	Chile/Argentina	1.450	3,5%
9	Canfor	Canadá	1.180	2,8%
10	Cmpc	Chile	1.135	2,7%
11	Parsons&Whittemore	Usa	1.125	2,7%

Fuente: FIT Research, 2003

Del cuadro 4-3 se desprende que, las firmas que actualmente presentan las mayores producciones de celulosa se encuentran en el hemisferio norte, aunque la tendencia futura se espera sea hacia el hemisferio sur. Tal tendencia se ejemplifica con la expansión de la industria chilena de celulosa y, en general, en Latinoamérica y próximamente en Sudáfrica.

4.3. Industria de Celulosa Kraft en Chile

La historia de la producción de celulosa Kraft en el país comenzó a escribirse en el año 1959, cuando entró en funcionamiento la planta de Laja perteneciente a Empresas CMPC, con una producción anual de 80.000 ADT (toneladas secas al aire). Luego, en los años 70, se pusieron en marcha dos nuevas plantas, planta Arauco y planta Constitución, ambas propiedad de Celulosa Arauco y Constitución.

En la década de los noventa esta industria mostró su mayor expansión, entrando en operación cuatro nuevas plantas: Arauco II de Celulosa Arauco y Constitución, Celulosa del Pacífico, Celulosa Licancel y Forestal e Industrial Santa Fé. Estos nuevos proyectos totalizaron una inversión del orden de los US\$ 2.500 millones.

En la actualidad se encuentran en operación 6 plantas de celulosa que producen pulpa química en base a pino radiata, las que en total suman una capacidad instalada del orden de 1.875.000 toneladas métricas anuales. Por otro lado, la capacidad instalada de la industria de celulosa nacional es del orden de las 2,4 millones de toneladas anuales. De

éstas el 51% corresponde a celulosa Kraft blanqueada de pino radiata, el 18% a pulpa Kraft blanqueada de eucalipto y el 15% a celulosa Kraft cruda de fibra larga. El porcentaje restante (16%) corresponde a pulpas mecánicas y termomecánicas.

4.3.1. Estructura

La producción de celulosa Kraft de fibra larga está concentrada en 2 empresas, CMPC con el 37,6% de la producción nacional y Celulosa Arauco y Constitución con el 62,4%. La industria se abastece de madera para su producción a partir de bosques propios, en un 68%, y de compras a terceros (32%), cabe mencionar que estos porcentajes varían a lo largo del año, llegando incluso, en algunas ocasiones, a invertirse. Esta materia prima comprende madera pulpable en metro ruma, desechos de aserraderos y astillas pulpables.

La capacidad instalada de plantas productoras de celulosa Kraft de fibra larga en el país es de 1.875.000 toneladas métricas anuales, cuyo destino principal es el mercado externo. En el cuadro 4-4 se observa la capacidad instalada de las distintas plantas de celulosa Kraft de fibra larga existentes en el país.

Cuadro 4-4 Capacidad instalada de plantas productoras de celulosa Kraft de fibra larga

EMPRESA	PLANTA	PRODUCCIÓN (t/año)	CELULOSA KRAFT
Celulosa Arauco y Constitución	Arauco I	213.000 ⁴	Blanqueada
	Arauco II	472.000	Blanqueada
	Constitución	365.000	Cruda
	Licancel	120.000	Blanqueada
CMPC	Laja	325.000	Cruda - Blanqueada
	Pacífico	380.000	Blanqueada

Fuente: Empresas.

Cabe destacar que la planta Laja es una planta integrada verticalmente hacia adelante, puesto que parte de su producción de celulosa la utiliza para la fabricación de papel, obteniendo papel de impresión, papel de escritura y papel para sacos multipliegos. Adicionalmente, CMPC es la empresa forestal con mayor grado de integración vertical en el país, lo que le permite sortear de mejor manera las oscilaciones en los precios internacionales de celulosa.

En cuanto a la participación mundial, Celulosa Arauco y Constitución mantiene el 6% del mercado de celulosa, porcentaje que se ha visto incrementado con la entrada en

⁴ Dado que la línea 1 de Planta Arauco produce celulosa tanto de fibra larga como de fibra corta, el valor citado corresponde sólo a la producción de fibra larga, por lo que al considerar ambas materias primas la producción anual se incrementa a 284 mil toneladas anuales.

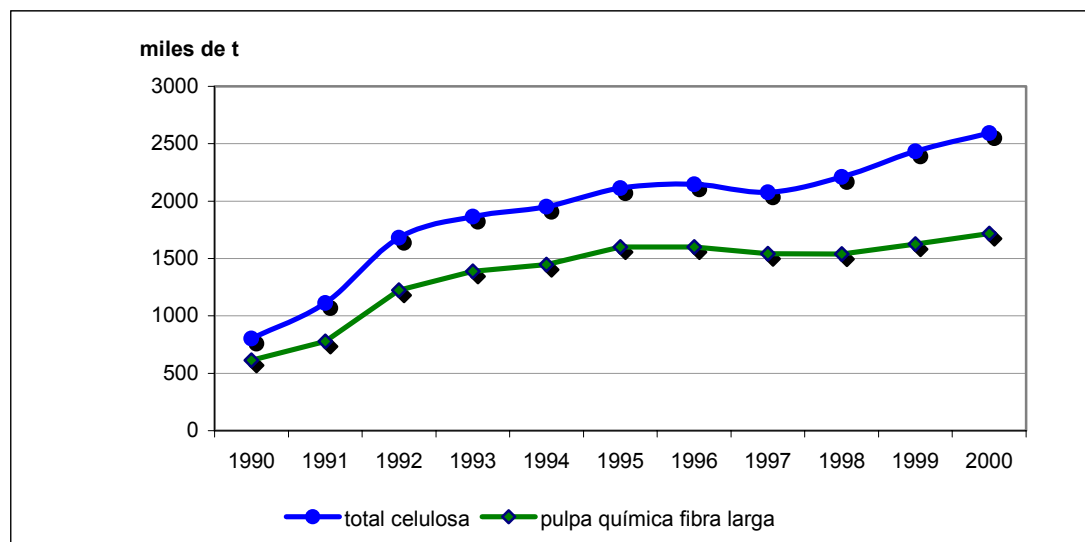
operación de la planta Valdivia. Por otro lado, la planta Itata perteneciente a este mismo grupo se espera entre en operación a fines del 2006, continuando con la expansión mostrada últimamente.

4.3.2. Producción

Según cifras de INFOR, en el año 2002 la industria de celulosa alcanzó un consumo de trozas de madera de Pino Radiata cercano a los 9.111.200 m³, volumen que representa el 29% del consumo total de madera de la industria forestal nacional y el 37% del consumo total de madera de Pino Radiata. La producción total de celulosa Kraft de fibra larga en este mismo año estuvo por sobre las 1,8 millones de toneladas métricas.

En la figura 4-2 se observa un continuo y sostenido incremento en la producción nacional de celulosa (provocado principalmente por aumentos de producción de pulpa química de fibra larga) en la década de los noventa, pasando de una producción de 804,1 mil toneladas métricas a comienzos de la década a 2.591.900 toneladas en el 2000. El mayor incremento en la producción de pulpa química se constató en el año 1992 provocado por la puesta en marcha de la planta Pacífico propiedad de Empresas CMPC, como también la puesta en marcha de la línea 2 de Planta Arauco, en esta misma década. Del total de la producción nacional de celulosa, un 72% corresponde a pulpa química de fibra larga; si se incluye la producción de pulpa química a partir de fibra corta este porcentaje sube a 88%.

Figura 4-2 Producción nacional de celulosa y de pulpa química de fibra larga.



Fuente: Infor, 2001

4.3.3. Exportaciones e Importaciones

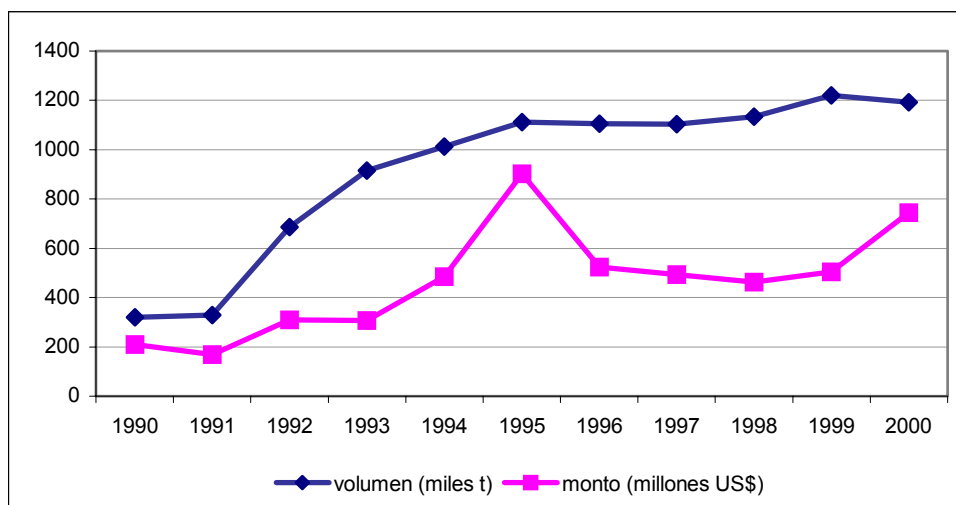
La industria de celulosa en Chile, tiene una fuerte orientación hacia el mercado externo, es así como algo más del 70% de la producción se exporta. Ahora, si se considera sólo la industria de pulpa química, este porcentaje aumenta a un 83%, lo que provoca que los resultados de la industria dependan en gran medida de lo que esté pasando en el

concierto mundial. Además, dada esta estructura de comercialización, las mayores inversiones han sido orientadas a satisfacer la demanda internacional.

La producción de pulpa química destinada a la exportación, presenta sus principales mercados en Europa (Bélgica e Italia con un 15,5% y 12,8% de los envíos totales, respectivamente) y Asia (Taiwán con el 10,7% de los envíos).

En la figura 4-3 se observa un aumento continuo en los volúmenes de exportación a partir del año 1991, llegando al año 2000 con un volumen exportado del orden de 1.200.000 toneladas métricas anuales. Esto demuestra el explosivo desarrollo que mostró la industria en la década pasada, y que la producción se destina principalmente al mercado internacional.

Figura 4-3 Monto y volumen exportado de celulosa Kraft Blanqueada y Fluff de pino

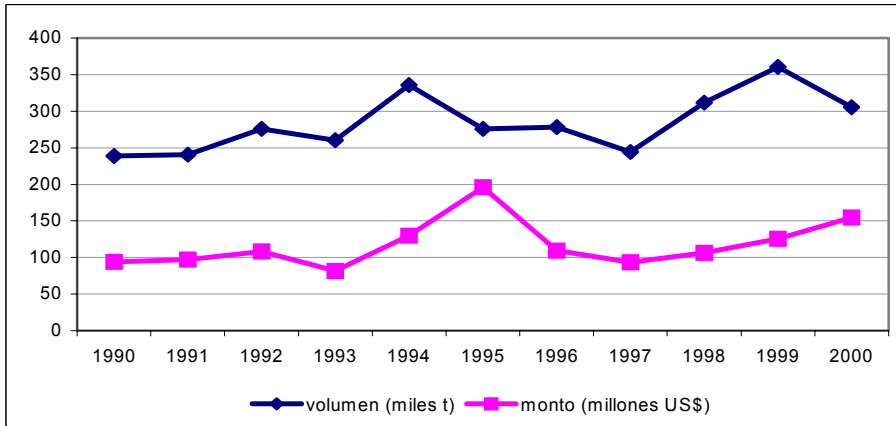


Fuente: Infor, 2001

Respecto a los montos transados, éstos muestran una amplia variación año tras año, por efecto de las reiteradas alzas y bajas en la cotización de este commodity en los mercados internacionales, que por lo demás son una característica en este tipo de bienes.

En el caso de la pulpa Kraft cruda, la figura 4-4 muestra variaciones tanto en los volúmenes como en los montos exportados, aunque éstas se presentan en un rango de variación menor al observado en la pasta Kraft blanqueada. Existe una relación entre los montos y los volúmenes exportados de celulosa Kraft cruda, lo que se puede deber a que los exportadores producen este tipo de celulosa en función del precio de mercado que se obtiene. Así, en períodos de baja cotización de la celulosa Kraft cruda, se opta por producir menor cantidad de ésta y se aumenta la producción de celulosa blanqueada.

Figura 4-4 Monto y volumen exportado de celulosa Kraft Cruda, década del '90.

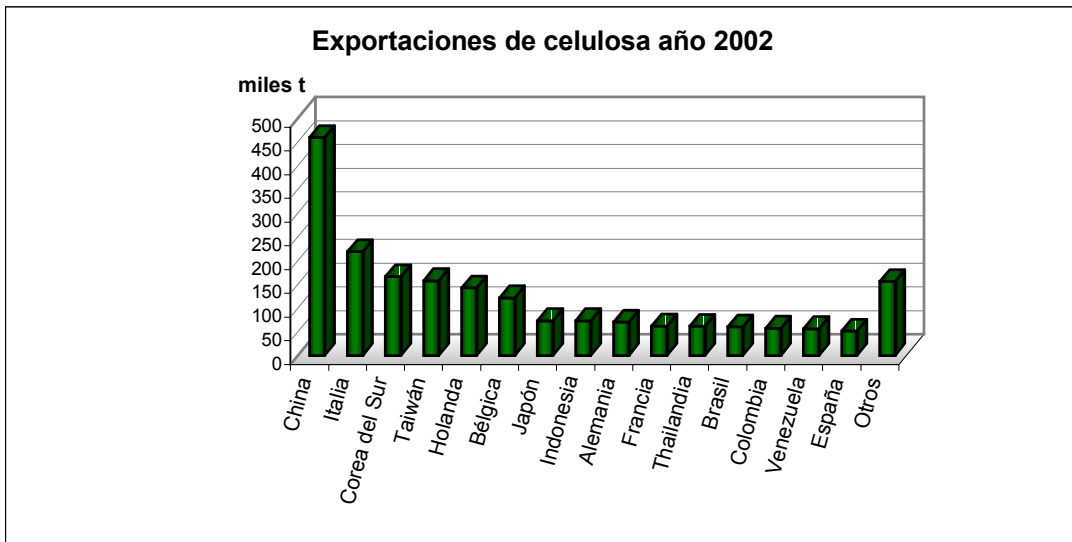


Fuente: Infor, 2001

En lo que respecta a las exportaciones de celulosa Kraft cruda de Pino radiata, Celulosa Arauco y Constitución maneja la mayor proporción de este mercado, alcanzando una participación cercana al 95% del total exportado por el país. En el caso de la pulpa blanqueada, el grupo Arauco ostenta el 50% del mercado exportador de pulpa Kraft blanqueada de fibra larga.

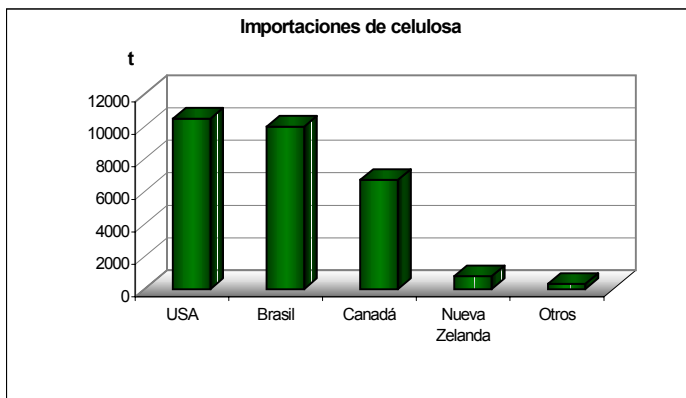
El año 2002 y según estadísticas de Papermarket (2003), se exportaron 1.982.000 toneladas de celulosa por un monto de US\$ 756,48 millones FOB. Este mismo año las importaciones de celulosa alcanzaron las 28 mil toneladas, por un monto de US\$ 11,56 millones FOB. Las figuras 4-5 y 4-6 muestran los principales países de destino de las importaciones y exportaciones chilenas de celulosa respectivamente.

Figura 4-5 Principales países de destino de las exportaciones chilenas de celulosa



Fuente: Papermarket, 2003

Figura 4-6 Principales países de origen de las importaciones de celulosa, año 2002.



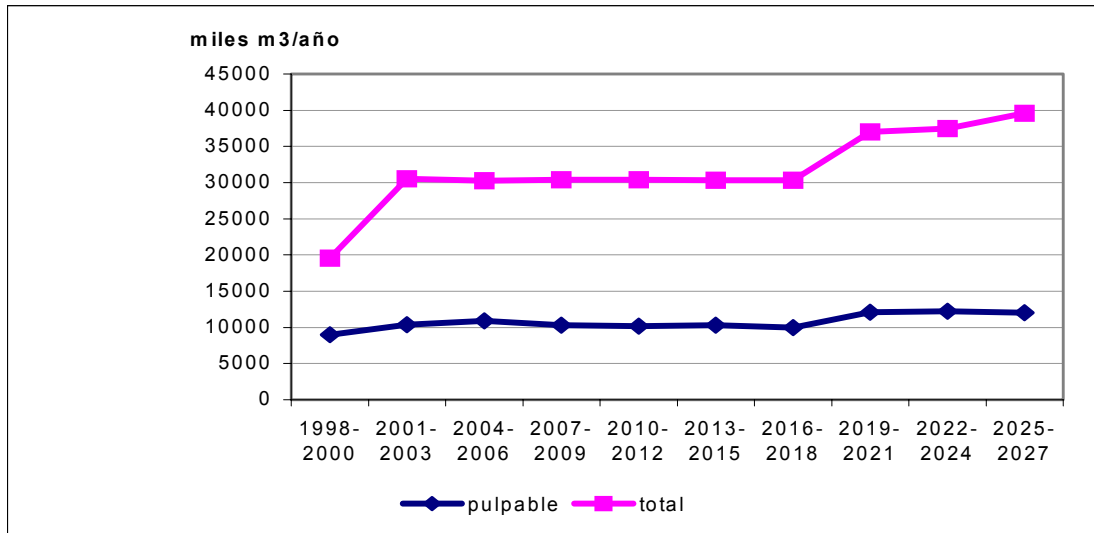
Fuente: Papermarket, 2003

4.3.4. Disponibilidad de Materia Prima

Según un estudio realizado por INFOR (1999), la disponibilidad futura de madera de plantaciones de Pino Radiata muestra una tendencia ascendente, acorde al desarrollo sustentable de la actividad, llegando a duplicarse en un período de 30 años de proyección, siempre y cuando se mantengan las tasas de forestación actuales.

En lo que respecta a la distribución regional de este recurso, como se estableció anteriormente, la Octava región concentra el 45%, la Séptima el 25% y la Novena el 17% de la disponibilidad futura proyectada. En la figura 4-8 se observa la disponibilidad futura de madera de Pino Radiata.

Figura 4-7 Disponibilidad futura de madera de Pino Radiata (miles m³/año).



Fuente: Infor, 1999

Cabe hacer notar que la disponibilidad de madera pulpable incluye trozas provenientes de raleos comerciales y corta final, además de desechos provenientes de aserraderos.

Es importante mencionar que, aunque se duplique el consumo de madera por parte de esta industria en los próximos años, su abastecimiento se encontraría asegurado. Esto es fundamental para asegurar la estabilidad de la industria en el largo plazo, como también, ofrece tranquilidad respecto al precio de esta materia prima, derivado del concepto de valor de los bienes, esto es, a medida que un bien se hace más escaso y aumenta su demanda sube su valor; por otro lado si los niveles de existencias son mayores a las necesidades los niveles de precios no presentarán una amenaza para la industria.

4.3.5. Precios

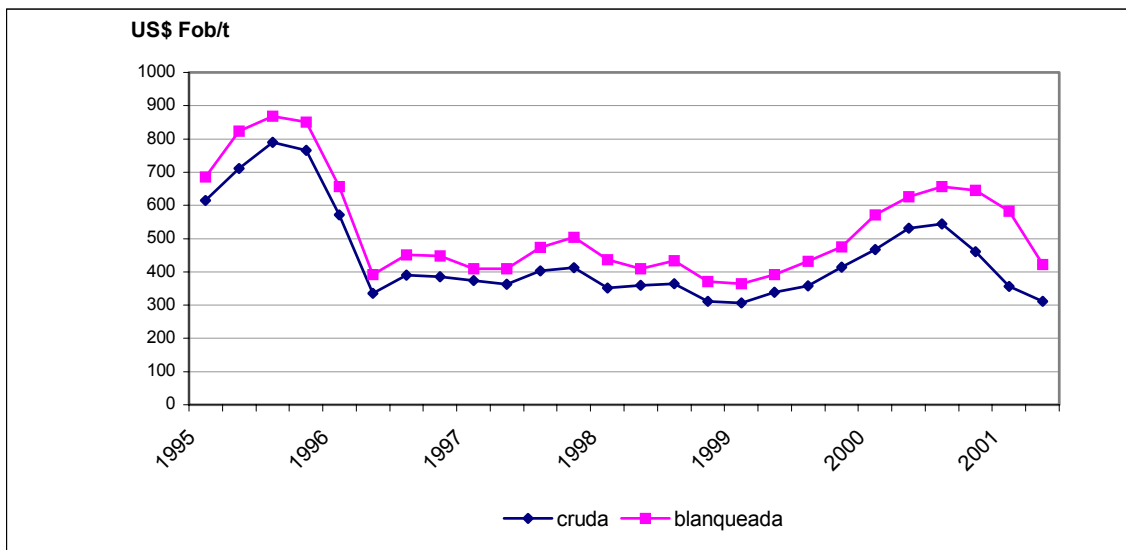
Los precios de pulpa química de fibra larga exportada por el país, presentan una gran volatilidad, éstos tienen como referencia el precio de la celulosa NBSK (Northern Bleached Softwood Kraft) producida en el norte de los Estados Unidos. La cotización que alcanza la pulpa chilena es de aproximadamente un 15% menor a los niveles en que se transa la NBSK, debido principalmente a que es de calidad inferior, comparativamente. Esto depende en gran medida del factor de rasgado, propiedad que está relacionada preferentemente con el largo de fibra.

El país es un tomador de precios en lo que a comercialización de celulosa se refiere. Esta posición está dada, principalmente, por la baja participación que presenta la producción nacional respecto a la internacional, la que representa sólo el 1,63% de la producción total mundial de celulosa.

La demanda de celulosa está en función de la demanda de papel en el ámbito mundial, la que a su vez depende del crecimiento de la economía, reflejado en el PIB mundial, y en la actividad económica de las potencias mundiales, que son justamente los mayores consumidores de papel y sus derivados. Lo anterior, sumado a que la oferta a corto plazo de celulosa es bastante constante, hace que frente a una disminución de la demanda, los inventarios aumenten y por consiguiente los precios caigan. En la figura 4-8 se aprecia la volatilidad del precio.

En lo que respecta a las cotizaciones más bajas alcanzadas, se tiene que, para la pulpa blanqueada de fibra larga, su precio más bajo se alcanzó en el año 1993, cuando promedió US\$ 330 la tonelada FOB. En el caso de la pulpa cruda, ésta mostró su peor ejercicio el año 1983, cuando la tonelada se transó a US\$ 249 FOB (Lignum, 2003).

Figura 4-8 Precios nominales de exportación de pulpa química de fibra larga.



Fuente: Archivos Diario Financiero

4.3.6. Proyecciones

Según estimaciones de CORMA, la inversión proyectada en la industria de celulosa y papel para el período 2000 - 2010 es de US\$ 3.060 millones, monto que representa el 83% de la inversión total proyectada para el sector (US\$ 3.670 millones).

En cuanto a las inversiones a realizar por el grupo Arauco, éstas se centran en la VIII y X regiones. En la X región se encuentra terminada la construcción de una planta de celulosa, con una capacidad instalada de 600 mil toneladas anuales de pulpa Kraft blanqueada de pino radiata (60%) y eucalipto (40%). La inversión total de este proyecto

es de 1.200 millones de dólares y su puesta en marcha se materializó en marzo de 2004.

El proyecto “Complejo Forestal e Industrial Itata”, ubicado en la VIII región y perteneciente al grupo Arauco, contempla una planta de trozado de rollizos, una planta de remanufactura para la producción de madera decorativa y para muebles, y una planta de celulosa Kraft blanqueada de fibra larga y corta, con una producción anual de 550 mil toneladas métricas. La inversión estimada para este megaproyecto es del orden de los US\$ 1.000 millones. La entrada en funcionamiento de la planta de celulosa está pronosticada para el año 2006.

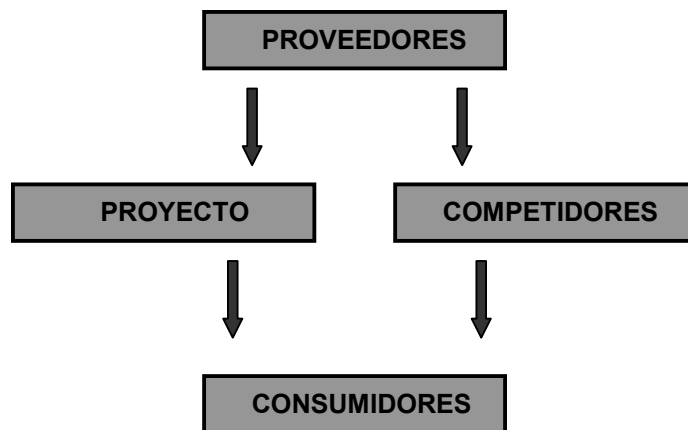
Empresas CMPC, a través de su planta Pacífico ubicada en el límite de la VIII y IX regiones, presentó un Estudio de Impacto Ambiental el año 2001 para la aprobación del aumento de capacidad en 90.000 t/año, alcanzando así una capacidad instalada de 470.000 t/año de celulosa Kraft de fibra larga. La inversión total alcanza los US\$ 73 millones y se espera que esté operativa en el transcurso del año 2004. También este grupo ampliará la producción de su Planta Santa Fé, en 750.000 t/año de celulosa de fibra corta para el año 2007, con una inversión cercana a los US\$ 980 millones.

El grupo Arauco y Constitución, una vez que entren en operación las dos nuevas plantas (Valdivia e Itata) pasará a ser la tercera firma más importante del rubro a nivel mundial. Su capacidad de producción se incrementará a 2,2 millones de toneladas anuales con el proyecto Valdivia y a 2,8 millones cuando entre en operación la planta Itata (Lignum, 2003).

5. DESCRIPCIÓN DEL MERCADO DE HONGOS DE PUDRICION BLANCA (HPB)

El mercado a abordar por este proyecto de inversión es la industria nacional de celulosa Kraft de fibra larga. Específicamente, el proyecto pretende abastecer a esta industria con HPB para su proceso productivo, que por cierto, al asumir esta tecnología se enfrentará a nuevos costos de producción, pero también, obtendrá atractivos beneficios derivados de ella.

Para realizar en forma exitosa la investigación de mercado, se efectúa una descripción de los actores y un análisis de las relaciones entre ellos. En forma esquemática, estos mercados son los siguientes:



Proyecto:

El proyecto considera la producción de hongos de pudrición blanca por medio de una empresa especializada en ello, la asesoría técnica será prestada por el Centro Tecnológico de la Facultad de Ciencias Forestales, como también la venta de cepas madres de HPB.

Proveedores:

Éstos serán todos aquellos actores que aporten con los principales insumos para la producción. Dentro de éstos se encuentran: las empresas que en su proceso productivo generan como desecho aserrín, corteza o despuntes de madera; productor de cepas madres de HPB y distribuidores de energía eléctrica. Las principales industrias asociadas a desechos de madera son las de aserrío, las plantas astilladoras y plantas de celulosa. Las cepas madres serán provistas por el Centro Tecnológico de la Facultad de Ciencias Forestales. La energía eléctrica será comprada mediante contrato con una empresa distribuidora del Sistema Interconectado Central (SIC).

Competidores:

Los competidores son todas aquellas firmas que proveen al mercado consumidor con un producto de iguales características, o sustituto, al que comercializará este proyecto. En este caso no hay competidores directos, puesto que esta tecnología, la producción de hongos de pudrición blanca, es nueva y está patentada en Chile y en otros 8 países. Respecto a productos sustitutos, por ahora no existen aplicaciones biológicas de degradación de la lignina presente en las maderas, y a mediano plazo es poco probable que aparezcan, debido al largo proceso de investigación y desarrollo, y al alto costo que implican.

Consumidores:

Los consumidores del producto son las plantas productoras de celulosa Kraft de fibra larga nacionales, independientemente que en un futuro cercano, el mercado consumidor se abra al mercado externo y/o se expanda a pulpage Kraft sobre la base de fibra corta.

5.1. Análisis del Mercado de los Consumidores

5.1.1. Definición del mercado relevante

El mercado consumidor del proyecto es la industria nacional de celulosa Kraft de fibra larga. Esta segmentación responde al hecho de que la tecnología a producir (HPB) fue desarrollada especialmente para aplicarse a este proceso productivo y para este tipo de especie arbórea, independientemente de que en un futuro cercano el mercado consumidor se extienda hacia fibra corta, o incluso, al mercado internacional.

El consumidor de HPB cae dentro de la categoría de consumidor institucional, esto es, se caracteriza por tomar decisiones muy racionales y basa su consumo en ciertas variables técnicas del producto, como calidad, precio, oportunidad de entrega y disponibilidad, entre otras.

Para este proyecto, el segmento del mercado a abordar estará formado por las Plantas Arauco I y Arauco II del grupo Arauco y Constitución, las que se encuentran ubicadas en la VIII Región de Chile. Ambas plantas alcanzan una producción anual de 685.000 toneladas métricas de celulosa Kraft blanqueada de fibra larga.

Derivado de lo anterior, se deduce que la demanda por HPB, para este proyecto específicamente, es de tipo monopólica. Además, dado el carácter permanente que presenta la adquisición de HPB para la producción de celulosa, ésta queda definida como demanda de flujo.

5.1.2. Segmentación

La segmentación dice relación con la parte del mercado que se quiere abordar, o con la cantidad de demanda a satisfacer. En este caso, dicha segmentación está dada por la localización de la planta productora de hongos, que en este caso se ubicará en la VIII región del país.

La ubicación geográfica del mercado objetivo se justifica por los siguientes aspectos: La VIII región concentra la mayor producción de celulosa Kraft de fibra larga a nivel nacional;

en esta región se concentra la mayor cantidad de plantas elaboradoras de madera, las cuales producen desechos de madera que forman parte de los insumos para la producción de hongos de pudrición blanca; en esta misma región se materializará, a corto plazo, la instalación de una nueva planta de celulosa (proyecto Itata de Celulosa Arauco y Constitución).

5.1.3. Poder de Negociación

A nivel mundial, la industria de celulosa nacional tiene un limitado poder de negociación, debido principalmente a los relativamente bajos niveles de producción. En el caso de Celulosa Arauco y Constitución (principal exportador de celulosa del país), su participación en el mercado mundial de celulosa es del 6%. Es así como la industria es un tomador de precios, que tienen como referencia la valoración que alcancen las producciones nórdicas.

En el ámbito nacional, dado el tamaño y la alta integración vertical de la industria, su poder de negociación es bastante alto, llegando incluso a influir fuertemente en el precio de las trozas pulpables que consume.

Con relación al poder de negociación de la industria de celulosa con la planta productora de hongos, comparativamente serían bastante similares, ya que, por un lado, el productor de hongos tiene como único demandante de su producto a la industria de celulosa (Planta Arauco I y II, en este caso), y por otro lado la industria de celulosa tiene como único oferente al productor de hongo.

Por lo tanto, y considerando todo lo anterior, la negociación respecto a precios y condiciones de compra, debería ser tratada mediante contrato de abastecimiento según condiciones establecidas a priori por las partes.

5.1.4. Análisis de la Demanda

Para la determinación de la demanda de HPB, se utiliza un modelo causal, específicamente el de insumo – producto. Al realizar el análisis de la demanda mediante este método se obtiene el flujo de bienes y servicios, así como también, entrega los flujos de insumos necesarios para la obtención de los productos. Ahora bien, debido a que los hongos de pudrición blanca son un insumo para la producción de celulosa, y además se conoce la cantidad requerida de HPB por unidad de producto⁵, el modelo se perfila como el más adecuado para realizar este análisis.

Derivado de lo anterior se tiene que la demanda por HPB será proporcional a la producción de celulosa. Por lo tanto, considerando que el proyecto en cuestión abastecerá a las Plantas Arauco I y II se tiene lo siguiente:

- La producción conjunta de la plantas Arauco I y II es de 685.000 toneladas métricas anuales en la actualidad, pero se espera que a partir del 2004 una de sus líneas producirá celulosa sólo a partir de fibra corta, lo que dará como resultado una producción conjunta de fibra larga de 548.000 t/año. Además, se espera la puesta en

⁵ A través de la investigación realizada en el proyecto D97 I2032, se ha obtenido la proporción óptima de aplicación de HPB sobre la madera, para obtener los efectos esperados.

marcha del proyecto (Planta Productora de Hongos de Pudrición Blanca) para el año 2005, por lo que se considerarán las 548.000 t/año para la determinación de la demanda.

Cuadro 5-1 Demanda de hongos de pudrición blanca⁶

	Períodos		
	1	2	3 al 10
% de la producción cubierta	30%	50%	100%
Demanda (t)	2.174	3.623	7.245

El análisis de la demanda anteriormente expuesto, considera sólo las plantas mencionadas (Arauco I y II), debido a que, es con esta firma con la que se tienen conversaciones avanzadas respecto a la aplicación del biopulpaje. Esto no quiere decir que las demás plantas no entren en el negocio, si no muy por el contrario, se espera que estas plantas sirvan como demostrativas para la masificación de la tecnología, a corto plazo para fibra larga y a mediano plazo para fibra corta.

5.2. Mercado de Proveedores

El mercado proveedor para este proyecto de inversión está compuesto por 3 actores principales, que corresponden al Centro Tecnológico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile, el mercado del aserrín de la VIII región y empresas distribuidoras de energía eléctrica de la VIII región.

5.2.1. Centro Tecnológico

Dado que la tecnología a utilizar para la producción de HPB se encuentra protegida bajo patente, la única entidad que podrá comercializar cepas madres será el Centro Tecnológico, por lo que en este caso la adquisición de esta materia prima se encuentra inserta en un mercado monopólico.

La comercialización de la cepa madre será bajo contrato, por un volumen de compra-venta establecido. Este volumen estará sujeto a la demanda de hongos por parte de las plantas de celulosa. Por otro lado, el Centro Tecnológico cuenta con una capacidad de producción, de cepas madres, suficiente para abastecer la demanda generada por el proyecto de inversión.

Respecto al precio de compra de las cepas, éste incluirá el pago del royalty correspondiente. La fijación del valor de la cepa madre se realizará, como es común en estos casos, mediante un mecanismo que asegure una rentabilidad mínima a la empresa productora de hongos. En este caso, el precio de comercialización será de 3.000 US\$/t. Este valor puede parecer muy alto, pero se debe considerar la proporción existente entre cepa madre e inóculo industrial, esto es, una tonelada de cepa madre se produce entre 24

⁶ La obtención de estos valores se explica en detalle en el capítulo 6.

y 30 toneladas de producto, lo que representa un costo de US\$ 125 por unidad de producto (tonelada).

5.2.2. Proveedores de Aserrín

Dada la relevancia que tienen los costos de transporte en el abastecimiento de los insumos, se consideraran aquellos potenciales proveedores de aserrín que se encuentren ubicados en la provincia de Arauco.

Se consideran como potenciales proveedores a aquellas industrias que a partir de su proceso productivo generen (como desecho) aserrín, pin – chip y/o corteza. Dentro de éstas se encuentran principalmente las centrales de astillado, aserraderos y plantas de celulosa.

Dentro de la provincia de Arauco y según estadísticas de INFOR (2001), la producción de astillas de *Pinus radiata* para el año 2000 fue de 681.738 m³, esto equivale a 477.217⁷ toneladas de astillas. La generación de desechos en los procesos de astillado, según un estudio realizado por el autor en la Central de Astillado Licantén, es en promedio de un 14% del consumo de trozas, por lo tanto, para la producción antes mencionada se tiene un volumen de desechos del orden de 66.810 toneladas.

En esta misma provincia el consumo de madera para la industria del aserrío local fue de 1.886.073 m³ el año 2000. Considerando las pérdidas por concepto de aserrado, que para el caso del aserrín es de aproximadamente 3,6%, la generación de desechos supera las 85.552⁸ toneladas anuales de aserrín verde.

La demanda de desechos, por parte del proyecto es de 10.204 toneladas anuales por lo que considerando la oferta de este recurso, la fracción de este mercado a abordar por el proyecto es de 6,5%.

Por lo tanto, y dada la baja participación del proyecto en este mercado, no existirían grandes amenazas en el consumo y abastecimiento de este insumo. Además su valoración en el medio plazo no debiera aumentar significativamente. Según información recogida en la VIII región los precios de estos subproductos (aserrín y corteza) se ubican en el rango de 7 – 10 US\$/ m³.

5.2.3. Proveedores de Energía Eléctrica

El abastecimiento de energía eléctrica será encargado a la empresa distribuidora de la comuna de Arauco, que por lo demás es la única alternativa, puesto que las empresas distribuidoras presentan un monopolio natural. Por lo tanto, este proveedor será FRONTEL, Empresa Eléctrica de la Frontera S.A., creada en el año 1956. Actualmente es la empresa con mayor electrificación rural del país, atendiendo las necesidades energéticas de 226 mil clientes, con cobertura en la VIII y IX regiones de Chile.

⁷ Esto es considerando que 1 m³ de astillas pesa alrededor de 700 kg a un 40% de contenido de humedad.

⁸ 1 m³ de madera equivale a aproximadamente 1.260 kg a un 40% de contenido de humedad.

Respecto de las tarifas, éstas se encuentran reguladas por la Comisión Nacional de Energía (CNE) cuando se trata de clientes regulados, y en forma libre cuando es el caso de clientes no regulados. Los clientes regulados son aquellos cuya capacidad conectada es inferior a 2.000 kilowatts, sobre esta potencia son clientes libres y los precios se fijan entre las partes. Además, los suministros se clasifican en: Clientes en alta tensión (AT) conectados a líneas de voltaje superior a 400 volts; y Clientes en baja tensión (BT), cuyo empalme es igual o inferior a 400 volts (CNE, 2003).

Las tarifas de FRONTEL, vigentes a septiembre de 2003 para el tipo de cliente AT2 y para la zona de Arauco, son las siguientes:

Cargo fijo (\$/cliente)	: \$ 815,530
Cargo por potencia (\$/kw/mes)	
<i>Consumo parcialmente presente en punta</i>	: \$ 8.955,964
<i>Consumo presente en punta</i>	: \$ 10.122,984
Cargo por energía (\$/kwh)	: \$ 23,569

5.3. Mercado de Competidores

Desde el punto de vista del futuro productor de HPB, el mercado de HPB, en principio, no presentaría competidores directos, puesto que el proceso de producción y aplicación de esta tecnología se encuentra patentado. Esto implica que el negocio de producción y aplicación de HPB en pulpaje Kraft se encuentra protegido, y por lo tanto, monopolizado por un período de tiempo superior al de la evaluación del proyecto.

El hecho de contar con la tecnología patentada, implica una gran ventaja para controlar el mercado, así se puede controlar la entrada de nuevos actores al negocio, permitiendo una estabilidad en los precios. Lo anterior asegura un cierto nivel de rentabilidad, factor determinante en lo que a inversiones se refiere.

Existen en el mercado tecnologías sustitutas al biopulpaje, pero éstas no son sustitutos perfectos, en el sentido que actualmente no existe un proceso que logre los mismos efectos que el biopulpaje, esto es, que reduzca la utilización de químicos en el proceso y que además mejore las características de las pulpas obtenidas.

Por otro lado, el ingreso de una nueva tecnología perfectamente sustitutiva al HPB, se ve poco probable en el mediano plazo, ya que el proceso de gestación, desarrollo e implementación de nuevos procesos es algo costoso y que consume un período de tiempo importante, por lo que no se prevén sustitutos dentro de los próximos 10 años.

Dado el caso en que se verificara la entrada de algún producto sustituto, este no sería antes de 7 u 8 años (para ello, en este momento, debería estar en la etapa de gestación al menos), período de tiempo en que el mercado de HPB se encontrará bien establecido y ya maduro, por lo que la entrada de algún competidor no se vislumbra hoy como una amenaza.

6. ESTUDIO TECNICO

6.1. Planta Productora de hongos de Pudrición Blanca

El estudio técnico a realizar, tiene por objeto desarrollar las funciones de producción, técnicamente factibles, más adecuadas para la realización de la actividad productiva. Por lo tanto, se determinarán los distintos niveles de producción en función de la demanda del mercado de Hongos de Pudrición Blanca, las inversiones en infraestructura y puesta en marcha y maquinarias para cada nivel de producción a obtener, así como también costos y gastos de operación y administración.

6.1.1. Localización

La Planta productora de hongos de pudrición blanca, se ubicará en la VIII Región. Luego de un detenido análisis de las distintas opciones se determinó que la VIII Región es el lugar más adecuado para instalar dicha planta, por los siguientes motivos:

- En esta región se ubicará la demanda del mercado objetivo a abordar por el proyecto.
- En esta misma región se asegura el abastecimiento de insumos para la producción, tales como, aserrín y desechos de madera para combustible. En esta zona del país se elabora una gran cantidad de madera por lo que los volúmenes de desecho son importantes y aseguran un buen abastecimiento para la planta productora de hongos.
- Ligado al punto anterior, se tiene que en esta región gracias al nivel de oferta de aserrín y corteza (insumos de producción) se pueden obtener precios razonables y competitivos de estas materias primas.
- Dado que la demanda por el producto y los principales insumos se encuentran cercanos a la ubicación geográfica de la planta productora de hongos, los costos de transporte, tanto de insumos como del producto final, se ven reducidos.

Respecto a la microlocalización del proyecto, ésta (planta productora de hongos) se ubicará cercana a los centros de abastecimiento de insumos, debido principalmente a que los costos de transporte de los insumos son mayores a los del producto final. De todas formas la planta se ubicará en la localidad de Arauco.

6.1.2. Determinación del Tamaño de Producción

Como se indicó en el punto del Análisis del Mercado Consumidor, el tamaño de producción será proporcional a los volúmenes de celulosa producidos, dado que por cada tonelada de celulosa producida se necesita una cantidad determinada de inóculos. Por lo tanto, considerando una aplicación del 0,6% de peso seco de hongo, sobre peso seco de las trozas, se obtiene un requerimiento de 13,22 kg de inóculo por tonelada de celulosa producida. Según esto se necesitan 7.245 toneladas de inóculo por año, para cubrir el 100% de la demanda. Este nivel de producción se espera alcanzar a partir del tercer año de operación, para el primer año se considera una producción menor debido fundamentalmente a la puesta en marcha y al proceso de aprendizaje del proceso productivo y de la operación de la planta, lo propio ocurre para el segundo año.

Cuadro 6-1 Nivel de producción de HPB para el período de evaluación del proyecto.

	<i>Períodos</i>		
	1	2	3 al 10
Producción (t)	2.196	3.660	7.318

Los niveles de producción consideran la demanda de HPB, más un 1% adicional sobre ese volumen. De esta forma se cubren eventuales pérdidas y además se asegura el abastecimiento de la demanda generada por las plantas. Como se mencionó en el análisis de la demanda, el proyecto pretende cubrir en el primer año de operación el 30% de la producción, el segundo año el 50% y a partir del tercer año en adelante el 100% de ésta.

6.1.3. Descripción del Proceso Productivo

En todo proyecto de inversión se pueden distinguir distintas opciones de producción, por lo que se deben tomar consideraciones respecto a; la tecnología a utilizar; el grado de automatización; y en general las características técnicas de los equipos. Según Lange (1968), existe una relación inversa entre la inversión inicial y los costos de operación, esto es, un proyecto con altos costos de operación está asociado a una inversión inicial baja, por lo tanto, a medida que la inversión inicial sea más fuerte los costos operacionales serán menores y viceversa, hasta cierto punto.

La producción de hongos de pudrición blanca comienza con la recepción de las cepas madres, las que serán enviadas a la planta desde el Centro Tecnológico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. El abastecimiento de esta materia prima será bajo el formato de “just in time”, así se elimina el problema del almacenamiento de las cepas en condiciones controladas en la planta. Posteriormente, son puestas en unos contenedores llamados bioreactores, los cuales previamente deben ser llenados con aserrín, sometiéndose éste (aserrín) a un proceso de esterilizado previo.

Carga del digestor

El aserrín se utiliza como sustrato para el desarrollo del hongo, éste se carga al bioreactor en forma manual y es transportado, desde el lugar de acopio, en carros especialmente diseñados para esta función. El llenado del bioreactor se realiza por la parte superior de éste, una vez que ha quedado herméticamente cerrado, se procede a la esterilización del sustrato.

Esterilización del Sustrato

Una vez que el bioreactor se encuentra con aserrín en su interior, se procede a eliminar todo tipo de microorganismos que puedan afectar el desarrollo del hongo. Existen variados procedimientos para esterilizar todo tipo de sustratos, en este caso específico se eligió esterilizar con ozono, puesto que, ofrece (dentro de las alternativas factibles) un buen control microbiano a un costo razonable.

Por su parte la ozonificación consiste en aplicar ozono al sustrato, mientras éste se mantiene con un movimiento en espiral, para asegurar que el ozono penetre la totalidad de las partículas de aserrín contenidas en el bioreactor. Gracias a la composición gaseosa y al alto poder germicida del ozono, el proceso de esterilización es altamente efectivo.

Condiciones de Operación

Seguidamente a la esterilización del aserrín, es necesario darle al sustrato las condiciones de temperatura, humedad y pH óptimas para el desarrollo de las cepas. Las variables antes mencionadas deben ser testeadas y reguladas periódicamente, para asegurar la sobrevivencia y buen desarrollo de los hongos. Para esto, es necesario aplicar vapor de agua al bioreactor, en la cantidad y frecuencia que sea necesario.

Las condiciones descritas se deben mantener durante los 10 días que demora el hongo en desarrollarse y estar listo para ser inoculado en las trozas. Durante este período se debe llevar un control estricto de las condiciones ambientales dentro de cada una de las unidades en operación.

Descarga

Una vez que el hongo se encuentra listo para su aplicación en trozas de madera (10 días), se procede a descargar la unidad, manteniendo estrictamente las condiciones de esterilidad para evitar cualquier tipo de contaminación del producto. Luego es envasado en bolsas de 30 Kg y se almacena para su posterior despacho. El tiempo de almacenamiento no deberá superar los 3 meses, para asegurar una buena colonización de las cepas en las trozas, cuando el producto sea aplicado.

6.1.3.1. Abastecimiento de vapor

Para mantener las condiciones ambientales dentro del bioreactor, éste debe ser alimentado con vapor, así se mantienen las condiciones óptimas de desarrollo del inóculo y se asegura una eficiente y eficaz producción.

Las necesidades de vapor en el proceso, pueden ser satisfechas a través de distintos mecanismos, éstos son:

- Abastecimiento mediante arriendo de una unidad generadora. Este servicio incluye, la instalación de una caldera portátil, servicio técnico, mantenimiento y la garantía de un buen y continuo funcionamiento de ésta. Los costos de operación son cubiertos por el arrendador.
- Generación de vapor con caldera propia. Esta alternativa requiere la adquisición de una unidad, la instalación, mantenimiento y operación de ésta. Además, se considera el arriendo de una unidad de similares características por un período de 15 días al año, tiempo en el que la caldera se encuentra en mantenimiento y/o reparación.

Dado el nivel de producción y los requerimientos unitarios de vapor, se necesita una capacidad instalada de generación de vapor de 4 toneladas por hora. A continuación se

presentan las especificaciones y requerimientos para la operación de una unidad de estas dimensiones:

- Potencia térmica Mcal/hr : 2.600
- Presión de trabajo Kg/cm² : 10,5
- Tipo de Combustible : Biomasa forestal
- Consumo de combustible Kg/hr : 930
- Consumo de agua m³/hr : 4,04
- Consumo eléctrico Kw/hr : 50
- Potencia eléctrica (A) : 100
- Estanque de agua m³ : 2,0

En el caso que el vapor sea provisto por generación propia, será a través de la operación de una caldera acuotubular de lecho fluidizado. En este tipo de calderas los gases de combustión circulan por el exterior de los tubos, que llevan el agua en su interior.

La elección de este tipo de caldera responde a los siguientes aspectos:

- Las calderas acuotubulares tienen un gran espectro de producción de vapor, pudiendo variar desde una pequeña producción hasta 1000 t/h y altas presiones (150 kg/cm²).
- El lecho fluidizado permite tener un adecuado control ambiental, con emisiones de CO₂ < 100 ppm y bajas de NOX. Admite combustibles con alto contenido de humedad y bajo poder calorífico. Presentan una eficiencia de combustión del 99% sin reinyección de partículas no quemadas y los costos de mantenimiento son extremadamente bajos.

6.1.4. Descripción de la Organización

La organización de la Planta tendrá dos áreas principales, éstas son el Área de Producción y el Área de Administración.

El área de administración estará encargada de aspectos relativos a la comercialización del producto, contratación de personal, remuneraciones y todos aquellos aspectos distintos de la producción pero necesarios para el funcionamiento de la planta. Esta área tendrá una jornada laboral de lunes a viernes y se conformará con el recurso humano que se indica a continuación:

- Gerente General (1): administración de la empresa y gestión de recursos.
- Contador (1): encargado de los aspectos contables, remuneraciones y leyes sociales atinentes a la empresa.
- Secretaria (1): encargada de realizar todo tipo de labores administrativas.

El área de producción, por su parte, será la responsable de todo lo relativo a la producción, esto es: abastecimiento de insumos, programación de las actividades, mantenimiento de equipos y maquinarias. Será responsabilidad de esta área alcanzar los volúmenes de producción para cubrir las necesidades del cliente.

Dado que la planta operará las 24 horas del día, es necesaria la implementación de 4 turnos, cada uno de ellos de 8 horas. Sólo algunas actividades se realizarán en forma continua, por lo tanto, parte del personal tendrá el sistema de turnos, el resto realizará sus labores en la forma habitual (1 turno diario), la jornada laboral, en este caso, también será de 8 horas al día de Lunes a Sábado. El recurso humano requerido para este sistema de producción es el siguiente:

- Jefe de Planta (1): encargado de la producción, su responsabilidad principal es mantener la planta operativa las 24 horas.
- Jefes de Turno (4): debe organizar el recurso humano, informar desperfectos, informar posibles desabastecimientos de insumos. Encargado de hacer operativas las decisiones del Jefe de Planta.
- Operario bioreactor (4): operación y mantenimiento de la unidad.
- Operario Caldera (1): operación y mantenimiento diario de la caldera.
- Jornaleros (12): realizarán la alimentación de los bioreactores y la caldera, la descarga, embalado, etiquetado y almacenamiento del producto. Además el carguío y despacho del inóculo. Estas labores se realizarán en turno único, por lo tanto, la fuerza de trabajo en este caso estará concentrada en forma simultánea.

6.1.5. Identificación de los requerimientos

La valoración de los costos de inversión y operación se realizó en dólares, los principales aspectos que avalan esta decisión son la estabilidad de esta moneda respecto al peso, ser la principal moneda que se cotiza en el país, la industria en la cual se encuentra inserta el proyecto está fuertemente orientada al mercado externo y además todas las inversiones que se realizan en el sector se cuantifican en esta moneda (US\$). Adicionalmente la contabilidad de las compañías en los estados financieros es realizada en US\$ mayoritariamente. La tasa de cambio que se asumió es de \$600.

6.1.5.1. Inversiones

Para llevar a cabo la actividad productiva propuesta por el proyecto, es necesario incurrir en ciertas inversiones. Para un mismo proceso productivo existen múltiples alternativas de producción, cada una de ellas con distintas estructuras de costos, por lo que la elección entre una u otra no es trivial.

En cuanto a las inversiones, éstas se clasifican en inversiones en obras físicas e inversiones en equipamiento:

Inversiones en Equipamiento

Las inversiones en equipamiento incluyen todos aquellos desembolsos que permitan la operación normal de la planta y quedan definidas por el tipo de proceso a utilizar, sus rendimientos, costos de operación, etc.

Todos los equipos se dimensionaron considerando el nivel de producción que se alcanzará al tercer año de operación, a excepción de los bioreactores. Estos últimos serán adquiridos parte en el primer año y otra parte en el tercer año, en función de la cantidad producida en cada período. Inicialmente se adquirirá el 50% de los bioreactores, la inversión restante se efectuará en el tercer período. La vida útil de los equipos se calculó considerando su vida óptima y no la máxima.

Cuadro 6-2 Balance de maquinarias y equipos, para una producción de 3.660 t/año

ITEM	Nº	COSTO US\$	COSTO TOTAL US\$
Bioreactores	11	140.000	1.540.000
Equipo ozonificador	1	2.950	2.950
Caldera	1	93.333	93.333
Filtro control emisiones	1	30.800	30.800
Línea alimentación	3	600	1.800
Instrumentos de medición	1	3.000	3.000
Mobiliario oficinas	1	4.500	4.500
Equipos computacionales	3	1.030	3.090
TOTAL			1.679.473

Para el nivel de producción a alcanzar a partir del tercer año de operación, la inversión incremental es la siguiente:

Cuadro 6-3 Inversión incremental, para una producción de 7.318 t/año.

ITEM	Nº	COSTO US\$	COSTO TOTAL US\$
Bioreactores	11	140.000	1.540.000
TOTAL			1.540.000

Inversiones en Obras Físicas

Las inversiones en obras físicas quedan definidas principalmente por la distribución de los equipos en planta y por el tamaño óptimo elegido para ésta, como también por las necesidades de almacenamiento de productos e insumos.

En cuanto a la planta, ésta será construida al iniciar el proyecto considerando la capacidad de producción que se espera desde el año 3 en adelante. Esta decisión se justifica fundamentalmente debido a que es más sencillo y económico construir la infraestructura en el período preoperacional, además es aconsejable evitar cualquier fuente de contaminación del ambiente, debido a las condiciones de esterilidad que se requieren.

La bodega de almacenamiento, está diseñada para mantener toda la producción mensual de HPB, que en ningún caso sobrepasará las 625 t/mes. Adicionalmente se construirá un galpón para la acumulación de los insumos leñosos (aserrín y corteza).

Cuadro 6-4 Balance de obras físicas

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
Planta	c/u	1	62.500	62.500
Galpón almacenamiento	m ²	1.100	3,3	3.630
Bodega	m ²	1.000	4,4	4.400
Galpón caldera	c/u	1	5.835	5.835
Oficinas	m ²	80	124,5 ⁹	9.960
Cercos	m.l.	500	2,1	1.050
Caseta Recepción	m ²	15	25	375
Terreno	m ²	10.000	1,7	17.000
TOTAL				104.750

6.1.5.2. Costos de Producción

Los costos de producción u operación son aquellos costos en los que se incurre en forma corriente en el desarrollo del proyecto, dentro de éstos se pueden identificar costos fijos y costos variables, Los costos fijos son aquellos que no varían en función del nivel de producción y los costos variables aquellos que si varían en función de la cantidad producida (costo/unidad producida).

En cuanto al consumo de aserrín, éste tiene una proporción 1:1 entre el flujo de entrada de insumo y salida de producto. En el cálculo del consumo se estima una pérdida cercana al 2%.

Para el cálculo del consumo de combustible (biomasa forestal), se consideró la operación de la caldera durante 350 días al año, 4 horas al día para el primer año y segundo año de operación y 8 horas desde el tercer año en adelante. El mayor consumo de vapor se verifica al comienzo del proceso en cada unidad (bioreactor), posteriormente el consumo es ocasional.

⁹ Valor correspondiente a una estructura tipo CA categoría 1, según Resolución Exenta N° 5065, del 26 de diciembre de 2002, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Cuadro 6-5 Balance de insumos, segundo año de operación

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN: 3.660 t/año				
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO ANUAL	
			UNITARIO (US\$)	TOTAL (US\$)
Aserrín	t	3.665	10	36.650
Biomasa combustible	t	1.302	10	13.020
Cepas madres	t	154,1	3.000	462.300
Agua industrial	m ³	5.656	0,04	226
Energía eléctrica	Kwh	532.000	0,034	18.088
Envases	Cien	1.200	0,7	840
TOTAL				531.124

Cuadro 6-6 Balance de insumos, a partir del tercer año de operación

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN: 7.318 t/año				
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO ANUAL	
			UNITARIO (US\$)	TOTAL (US\$)
Aserrín	t	7.320	10	73.200
Biomasa combustible	t	2.604	10	26.040
Cepas madres	t	308,1	3.000	924.300
Agua industrial	m ³	11.312	0,04	452
Energía eléctrica	Kwh	1.064.000	0,034	36.176
Envases	Cien	2.440	0,7	1.708
TOTAL				1.061.876

6.1.5.3. *Costos de Mano de Obra*

La planta operará las 24 horas, por lo que algunas actividades se desarrollarán en turnos, los cuales serán de 8 horas cada uno. Los cargos que operarán en esta modalidad son: Jefe de turno y Operador del bioreactor, los demás tendrán jornada única. La mano de obra está valorada según el nivel de operación a obtener a partir del tercer año de operación.

Cuadro 6-7 Balance de personal¹⁰

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN: 7.318 UNIDADES			
CARGO	N° DE PUESTOS	REMUNERACIÓN ANUAL	
		UNITARIO (US\$)	TOTAL (US\$)
Jefe de Planta	1	30.600	30.600
Jefe de Turno	4	17.000	68.000
Operador bioreactores	4	13.600	54.400
Operador caldera	1	10.200	10.200
Despachador	1	6.000	6.000
Jornalero	12	5.040	60.480
Guardia	3	4.500	13.500
TOTAL			243.180

6.1.5.4. Costos de flete

En el abastecimiento de insumos no se incurre en costos de flete puesto que el precio por unidad está tomado como puesto en planta. Por otro lado, las condiciones de venta del producto consideran el precio de éste en la planta consumidora (Planta Arauco), por lo que, en este caso si hay un costo de flete, asociado a la planta productora de hongos. Considerando que el proyecto en cuestión estará ubicado a no más de 30 km de Planta Arauco, se tiene que el costo de flete es de US\$ 7 por tonelada de producto.

6.1.5.5. Costos y Gastos de Administración

Los costos administrativos incluyen gastos en remuneraciones del personal y costos de materiales de oficina. Adicionalmente en este punto se consideran los costos de comercialización del producto.

Cuadro 6-8 Balance de personal administrativo

CARGO	N° DE PUESTOS	REMUNERACIÓN ANUAL	
		UNITARIO (US\$)	TOTAL (US\$)
Gerente General	1	60.000	60.000
Contador	1	12.500	12.500
Secretaria	1	7.400	7.400
TOTAL			79.900

Se estima que los costos en materiales para la administración alcanzarían la suma de US\$ 2.000 anuales. Por otro lado los costos de comercialización se asumen como un porcentaje de las ventas, siendo de US\$ 3.000 y US\$ 5.000 para el primer y segundo año de operación, respectivamente y de US\$ 10.000 para los períodos siguientes.

¹⁰ Los valores de remuneraciones incluyen leyes sociales.

6.1.5.6. Costos de Capacitación

Previo a la puesta en marcha del proyecto se realizará una capacitación al personal de producción, la tabla 6-8 muestra los costos de capacitación.

Cuadro 6-9 Costo capacitación personal de producción

PERSONAL	COSTO (US\$)
Jefe de Planta	12.000
Jefes de Turno (3)	8.000
Operador bioreactor	4.000
TOTAL	24.000

6.1.5.7. Asesorías

Durante los dos primeros años de operación de la planta será necesario recibir asesorías, de parte de personal calificado, en lo referente a la producción de hongos de pudrición blanca, como también frente a potenciales inconvenientes en el proceso y que pongan en jaque el éxito en la producción. Para el primer y segundo año se considera un costo por asesorías de US\$ 30.000, para los años posteriores se considera un costo de US\$ 10.000 anuales.

6.1.6. Elección de Alternativas de Producción

La elección de las distintas alternativas de producción, se realizará a través de un análisis del Valor Presente de los Costos (VPC). Por lo tanto, aquella alternativa que presente un menor VPC será utilizada en el proceso productivo. En el análisis se consideran sólo aquellos costos relevantes para cada alternativa, es decir, aquellos costos que son comunes a las funciones de producción son desechados. En este caso, las alternativas a evaluar son: el arriendo o la adquisición de una caldera para la generación de vapor.

El VPC queda definido por:

$$VPC = \sum_{t=0}^N \frac{\text{costos}_t}{(1+i)^t} - \frac{R}{(1+i)^N}$$

Donde:

- i : tasa de descuento a utilizar
- R : valor residual de los activos
- N : período de evaluación del proyecto

Para el caso de arriendo de la unidad generadora de vapor se tiene:

- Costo arriendo anual: 2.300 U.F.

Esto equivale a un VPC de U.F. 8.718,81.

Para la adquisición de la unidad, se tiene:

- Valor de la caldera montada: 3.300 U.F.
- Filtro control emisiones atmosféricas: 1.100 U.F.
- Galpón: 300 U.F.
- Costo de mantención: 100 U.F. /año.
- Arriendo caldera por 15 días: 135 U.F. /año.
- Costo reparación y repuestos: 50 U.F. /año.

En esta alternativa el VPC es de U.F. 5.254,89.

Por lo tanto, dado que la compra de la caldera presenta un VPC menor que el arriendo de ella, se elige la primera.

6.2. Aplicación de hongos de Pudrición Blanca a Pulpaje Kraft

La aplicación de HPB en pulpaje Kraft no modifica la tecnología de cocción usada actualmente, lo que ocurre es que el proceso se hace más rápido y a un menor costo. Esto otorga una gran ventaja al biopulpaje, puesto que las inversiones son prácticamente nulas y sólo se tienen costos operacionales derivados de la adquisición y aplicación del producto, que comparados con los beneficios, son cubiertos ampliamente.

6.2.1. Descripción del proceso de aplicación del inóculo

La aplicación de HPB se efectúa a nivel de trozas pulpables en la cancha de acopio. Para hacer más fácil y económica la aplicación, ésta se debe realizar en forma simultánea al descarguío de la madera. Lo anterior es necesario puesto que, el inóculo debe cubrir idealmente el 40% de la superficie de las trozas para obtener un ataque más rápido y homogéneo. Así, a medida que se va formando la pila producto del acopio de madera en cancha, se realiza la aplicación del inóculo en la proporción de 0,6% sobre la base de peso seco de la madera. En términos prácticos ésta es de 2,52 Kg de inóculo por m³ssc de madera, o lo que es lo mismo 3,84 Kg por m.r.

Luego de la aplicación del inóculo, es preciso mantener la madera en cancha por un período de 60 días, pasado este tiempo las trozas se encuentran en condiciones de ser astilladas y seguidamente entrar al proceso de cocción.

Las bolsas de inóculo serán transportadas desde la bodega de almacenamiento de la planta hasta la cancha en un cargador frontal u otro equipo utilizado para el movimiento en cancha. Dadas las bajas dosis de aplicación y el gran volumen que puede transportar el cargador, en forma simultánea, las horas - máquina invertidas en esta actividad son marginales.

6.2.2. Beneficios asociados al Biopulpaje

Los beneficios asociados al biopulpaje dicen relación con los resultados de pulpaje y las características de las pulpas obtenidas.

Cuadro 6-10 Resultados de pulpaje

	Con HPB	Sin HPB
Rendimiento (%)	49,6	46,9
Indice Kappa N°	28,6	31,4

Fuente: Proyecto FONDEF D02I 1086.

Del cuadro 6-10 se tiene que el rendimiento de pulpaje aumenta en un 2,7% y el número Kappa se reduce en un 8,92% lo que es equivalente a 2,8 puntos.

En la cuantificación de beneficios derivados del aumento de rendimiento, se tiene que sin variar el costo de producción la cantidad de pulpa obtenida es mayor. Por lo tanto, las ganancias en este ítem se reflejan en los ingresos obtenidos por la venta de la producción adicional a precio de mercado menos los costos de comercialización.

Cuadro 6-11 Resultados de blanqueo

	Con HPB	Sin HPB
Rendimiento después de O ₂	98,7	96,1
Rendimiento de blanqueo	94,0	91,3

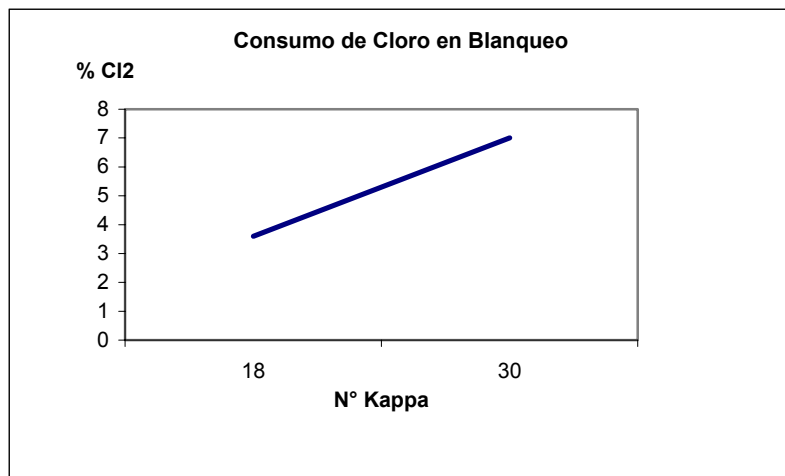
Fuente: Proyecto FONDEF D02I 1086.

Del cuadro 6-11 se obtienen aumentos de rendimiento en el blanqueo. Para el caso de la designificación con oxígeno se tiene que el rendimiento aumenta en 2,6%. Luego de la secuencia de blanqueo se alcanza un 2,7% más de rendimiento.

6.2.2.1. Beneficios por disminución de Índice Kappa

En el blanqueo de pulpa Kraft, se utiliza la relación que se muestra en la figura 6-1 para obtener el porcentaje de Cloro (o equivalente de Cloro cuando se trata de un proceso ECF) necesario para blanquear la pulpa.

Figura 6-1 Consumo de Cl₂ en el blanqueo de celulosa Kraft.



Fuente: González, 2004

En una secuencia de blanqueo C/D – E_O – D₁ – E_P – D₂. Se tiene que en la etapa C/D se consume el 60% del Cloro o equivalente Cloro utilizado en el blanqueo, en la etapa D₁ el 30% y en la etapa D₂ el 10% restante. Para el caso de la soda (NaOH) el consumo es de un 30% del cloro total o equivalente cloro consumido, lo que se distribuye en un 70% en la etapa E_O y un 30% en la etapa E_P.

En el cuadro 6-12 se muestra el poder de oxidación (en términos del cloro activo o equivalente de cloro presente en cada molécula del reactivo) de las principales sustancias químicas utilizadas en el blanqueo de pulpa Kraft.

Cuadro 6-12 Poder de oxidación en equivalente de Cl₂ de químicos de blanqueo

ITEM	Cloro Activo ¹¹
Cloro	1
Peróxido de hidrógeno	2.09
Oxígeno	4.43
Clorato de sodio	0.53
Dióxido de cloro	2.63
Ozono	4.43

Fuente: Gullichsen y Fogelbolm, 1999.

¹¹ El valor corresponde al poder de oxidación en relación al cloro, es decir, cuantas moléculas del elemento igualan en poder oxidante a una molécula de cloro.

Para el cálculo del consumo de químicos en el blanqueo con la aplicación de HPB, se asumió un número kappa de 30, a la salida del digestor. En el cuadro 6-13 se muestra el consumo específico de reactivos de blanqueo.

Cuadro 6-13 Consumo de químicos de blanqueo

ITEM	Celulosa Estándar		Celulosa ECF	
	Kg/t	Kg/ N° Kappa	Kg/t	Kg/ N° Kappa
Soda	5,55	0,19	5,37	0,18
Peróxido de hidrógeno	0	0	3,08	0,10
Cloro líquido	20,52	0,68	0	0
Oxígeno	19,7	0,66	19,7	0,66
Clorato de sodio	22,2	0,74	34,19	1,14
Ácido sulfúrico	1,58	0,05	3,84	0,13
Metanol	1,44	0,05	2,54	0,08

6.3. Costos derivados del Biopulpaje

6.3.1.1. Costos de Inversión

Para la aplicación de hongos de pudrición blanca en pulpaje Kraft, no se requiere de equipos ni de infraestructura adicional a la utilizada en los procesos habituales, por lo tanto este ítem de costo no es relevante en la evaluación.

6.3.1.2. Costos de Operación

De la descripción del proceso productivo, se derivan los requerimientos de operación que son los siguientes:

Costo de Insumos

Para la aplicación del biopulpaje se requiere sólo de un insumo adicional, el inóculo de HPB. El costo de adquisición de esta materia prima es de US\$ 500 por tonelada de hongo, esto equivale a un costo por tonelada de celulosa de US\$ 6,61.

Costo de ordenamiento

Este ítem se refiere a costos de Ordenamiento y Planificación del consumo de madera en cancha, según el proceso descrito con anterioridad es necesario realizar una planificación del consumo de trozas en cancha para garantizar que el volumen de madera procesado se encuentra con el grado de ataque adecuado para ingresar al proceso. La planificación del consumo de trozas a su vez ayudará al ordenamiento en cancha, disminuyendo los costos de inventario, costos de almacenamiento y disminuirá las pérdidas de volumen producto del excesivo tiempo que en algunos casos se mantiene la madera almacenada

en cancha. Por lo tanto, este costo no será mayor a 0,5 US\$ por tonelada de celulosa producida con HPB.

Costo de Aplicación

El costo de aplicación se refiere al gasto que se incurre para infestar las trozas de madera, esta actividad se realiza a medida que la madera es recepcionada y arrumada en pilas en la cancha de acopio. La aplicación se efectúa en forma manual en el momento mismo en que la madera es recepcionada y arrumada en cancha. Para esto se consideran dos cuadrillas de 2 personas cada una operando en 2 turnos diarios, por lo tanto, el costo anual por este concepto es de US\$35.000.

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación económica del proyecto se establecen ciertos supuestos, relativos a la construcción del flujo de caja, éstos son:

- Precio de venta inóculo: se considera un precio de venta máximo de US\$ 500 por tonelada de inóculo.
- El horizonte de evaluación del proyecto es de 10 años.
- Los valores de ingresos y egresos se expresan al final de cada período.

En lo que sigue se evalúa la rentabilidad de la producción de hongos de pudrición blanca como una empresa especializada y en forma separada se evalúan los retornos incrementales de la aplicación de estos hongos en la industria de celulosa.

7.1. Análisis de Rentabilidad de Planta Productora de Hongos

7.1.1. Tasa de descuento

La tasa de descuento utilizada se calculó a través del modelo CAPM:

$$K_e = R_f + [E(R_m) - R_f] * \beta \quad (1)$$

Donde:

K_e : costo del capital propio.

R_f : tasa libre de riesgo.

$E(R_m)$: retorno esperado del mercado.

β : relación entre el riesgo del proyecto y el riesgo del mercado.

La tasa libre de riesgo fue tomada a partir de la tasa de los bonos del Banco Central que es de 4,6%. La rentabilidad esperada del mercado se fijó en 13% y un Beta del sector de 1.2. Con esto la tasa de descuento o costo del capital es 14,68%.

En el caso del proyecto con financiamiento, la tasa de descuento se obtuvo mediante una ponderación del costo del capital propio y el costo de la deuda, de esta forma el costo del capital se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$K_f = K_e * I_p + R_c * I_c \quad (2)$$

Donde:

K_f : costo de capital con financiamiento externo.

I_p : porcentaje de la inversión total que se financia con capital propio.

R_c : tasa de interés de la deuda (costo de capital de la deuda).

I_c : porcentaje de la inversión total que se financia con crédito.

7.1.2. Depreciación y amortización

Las depreciaciones del activo fijo fueron calculadas a través del método lineal, sin valor residual, y en el lapso de tiempo que permite la legislación vigente¹². La amortización del activo intangible se determinó en forma lineal.

7.1.3. Capital de trabajo

En la determinación del capital de trabajo, se deben considerar los costos totales de operación de un ciclo productivo, entendiéndose como tal aquel que va desde que se comienza a producir el producto hasta que se obtienen los beneficios derivados de su venta.

El capital de trabajo fue calculado a través del método del Período de Desfase, por lo que la Inversión en Capital de Trabajo queda definida por:

$$ICT = \frac{Ca}{365} * n_d \quad (3)$$

Donde:

C_a : costo anual

n_d : número de días de desfase

Bajo este método el capital de trabajo inicial es de US\$136.459, para el segundo y tercer año el capital de trabajo incremental es de US\$42.405 y US\$108.272, respectivamente.

7.1.4. Valor de desecho

El valor de desecho del proyecto se calculó sobre la base del método contable, el cual comprende los valores libro de los activos, o en otras palabras el valor no depreciado de estos. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$VD = \sum_{j=1}^n I_j - \left(\frac{I_j}{n_j} * d_j \right) \quad (4)$$

¹² Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N° 43 del 26-12-2003, con vigencia a partir del 01-01-2003.

Donde:

I_j = inversión en el activo j.

n_j = número de años a depreciar el activo j.

d_j = número de años ya depreciados del activo j en el horizonte de planificación.

Realizado el cálculo el valor de desecho del proyecto es de US\$1.174.530.

7.1.5. Indicadores de rentabilidad

En la evaluación de la rentabilidad del proyecto se consideran los indicadores:

- *Valor Presente Neto:*

$$VPN = \sum_{t=1}^N \frac{Y_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (5)$$

Donde;

Y_t = ingresos del período t.

C_t = costos del período t.

I_0 = inversión en el período 0.

Para el proyecto puro el VPN es US\$5.077.900, evaluado a 10 años.

- *Tasa Interna de Retorno (TIR):*

$$\sum_{t=1}^N \frac{Y_t - C_t}{(1+\theta)^t} - I_0 = 0 \quad (6)$$

La tasa interna de retorno del proyecto puro es de 35,8%.

- *Período de Recuperación de la Inversión:*

PRI = tiempo en que se recupera la inversión nominal.

El PRI del proyecto es de 3,5 años.

7.1.6. Análisis de Sensibilidad

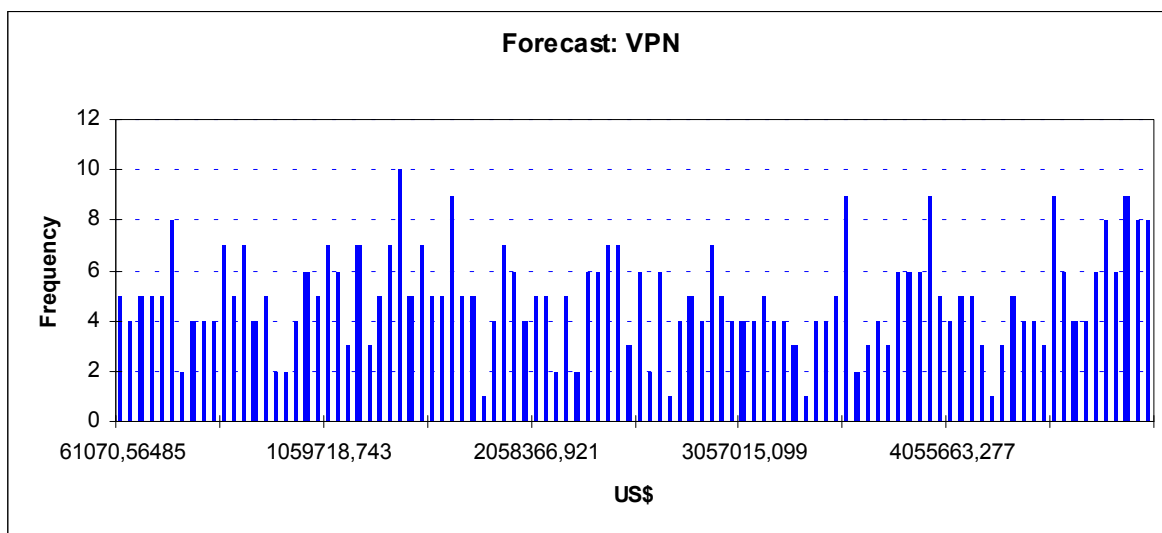
En este análisis se efectúa una sensibilización de la variable precio del inóculo, que inicialmente toma el valor de US\$ 500 por tonelada. Con esto se determinó que el precio mínimo debe ser de US\$317 para que el inversionista sea indiferente a invertir en el proyecto.

Posterior a la sensibilización del precio se realiza una simulación del VPN, para lo cual se define una distribución de probabilidades para los valores que puede tomar esta variable. El proceso de negociación del precio del inóculo se puede asociar al juego del ultimatum (Teoría de Juegos), usualmente utilizado para explicar negociaciones de tarifas en mercados imperfectos. Este consiste en que cada jugador (en este caso las partes) ofrece cierto nivel de precio bajo el cual maximiza su excedente. Por su parte, la contraparte maximiza su excedente con una tarifa favorable, de forma que el proceso de negociación se prolonga hasta que ambas partes coinciden en la tarifa que maximiza el excedente conjunto, fijándose el precio de equilibrio en relación al poder de negociación de cada una de las partes.

En función de lo anterior y del similar poder de negociación en que se encontrarían las partes, se define una función de probabilidades uniforme, donde el límite inferior corresponde al precio mínimo (US\$317) que el productor de HPB está dispuesto a vender el producto y el límite superior corresponde al precio máximo que pagaría el consumidor por el producto, en este caso la industria de celulosa estaría dispuesta a negociar hasta una valor de US\$ 500 la tonelada.

La simulación del VPN a través del software Crystal Ball¹³ arroja como resultado que el valor medio que toma el VPN es de US\$2.550.706, con una desviación estándar de US\$1.506.659. En el gráfico siguiente se observa la distribución de los valores más probables para el VPN.

Figura 7-1 Distribución de frecuencias del VPN



¹³ Este software simula a través del algoritmo montecarlo la distribución de probabilidades de los valores que puede tomar la variable en cuestión.

A partir de la figura 7-1 y en función del valor medio que alcanza el VPN, se tiene que la rentabilidad del proyecto se mantiene en buenos niveles, aunque es esperable dado que el proceso de negociación se definió con un precio mínimo a partir del cual el proyecto comienza a ser rentable.

En relación con el efecto de la estructura de financiamiento en la rentabilidad del proyecto, el cuadro 7-1 muestra la variación de la rentabilidad frente a cambios en el porcentaje de financiamiento externo de la inversión inicial total. Se observa que a medida que la inversión inicial se financia en un mayor porcentaje con capital externo tanto el VPN como la TIR aumentan proporcionalmente a ese incremento. Por lo tanto, es aconsejable realizar el proyecto con el mayor porcentaje posible de financiamiento externo.

Cuadro 7-1 Sensibilización del VPN con distintas estructuras de financiamiento

Monto préstamo US\$	% de la inversión	VPN US\$	TIR	Tasa de descuento
210,380	10%	4,378,250	36.53%	13.74%
420,760	20%	4,800,970	38.18%	12.80%
631,140	30%	5,237,181	40.05%	11.87%
841,519	40%	5,687,910	42.20%	10.93%
1,051,899	50%	6,154,273	44.72%	9.99%
1,262,279	60%	6,637,487	47.72%	9.05%
1,472,659	70%	7,138,879	51.39%	8.11%
1,683,039	80%	7,659,899	56.04%	7.18%

7.2. Análisis de Rentabilidad del Biopulpaje Kraft

Al analizar la rentabilidad del biopulpaje Kraft aplicado a la industria de celulosa, nos encontramos en la situación de valorar un proyecto para una empresa que se encuentra en marcha, por lo que muchos de los costos y beneficios de la industria serán irrelevantes para la construcción del flujo de caja, esto es, todos aquellos costos y beneficios que se observan en la situación con y sin proyecto.

En función de lo anterior, la evaluación de la aplicación de HPB en el proceso de pulpaje se lleva a cabo mediante un análisis del flujo incremental, considerando las diferencias de costos e ingresos al incorporar el biopulpaje. Se considera en el análisis la producción de celulosa Kraft Estándar y ECF.

7.2.1. Beneficios incrementales

La aplicación de HPB en el pulpaje tiene múltiples beneficios, tanto directos como indirectos. En este caso sólo se cuantifican aquellos que son observables y medibles en forma directa, por lo que los resultados que se obtienen representan el límite inferior de la función de ingreso incremental.

En el cuadro 7-2 se muestran los beneficios incrementales por concepto de ahorro de químicos de blanqueo, obtenidos a partir del estudio técnico y considerando una disminución del Índice Kappa en 2,8 puntos.

Cuadro 7-2 Beneficios incrementales derivados del ahorro de químicos de blanqueo.

Item	Celulosa Estándar		Celulosa ECF	
	Kg/t	US\$/t	Kg/t	US\$/t
Soda	0,532	0,195	0,504	0,185
Peróxido de hidrógeno	0	0	0,28	0,207
Cloro líquido	1,904	0,286	0	0
Oxígeno	2,296	1,626	2,296	1,626
Clorato de sodio	2,072	1,077	3,192	1,660
TOTAL		3,514		4,210

Otro ítem relevante en la modificación de la estructura de costos es el aumento de rendimiento, por cada 1% de aumento en el rendimiento se tiene un beneficio de US\$5,5 por tonelada de celulosa producida.

7.2.2. Flujo de caja incremental

Para el cálculo del VPN incremental se asumió un nivel de producción de 548.000 toneladas de celulosa por año. El precio se fijó en US\$450 por tonelada descontados los costos de comercialización y se evaluó en un horizonte de 10 años. En la determinación de los ingresos por aumento de rendimiento se consideró el incremento después de blanqueo (2,7%).

La tasa de costo de capital propio o de descuento, utilizada en la evaluación, fue de un 10%. Esta tasa es comúnmente usada para evaluar proyectos en esta industria, además se considera adecuada dado que el riesgo de realizar el proyecto es relativamente bajo, aún tratándose de una innovación tecnológica

El cuadro 7-3 muestra que la decisión de utilizar HPB en el proceso de pulpaje, otorga una rentabilidad adicional a la industria, con un valor actual de US\$ 28.588.163 para celulosa estándar y de US\$ 30.931.750 para celulosa ECF.

Cuadro 7-3 Rentabilidad incremental celulosa Estándar y ECF.

ítem	Flujo anual Celulosa Estándar (US\$)	Flujo anual Celulosa ECF (US\$)
Ingresos por ahorro de químicos de blanqueo	1.925.672	2.307.080
Ingresos por aumento de rendimiento	6.658.200	6.658.200
Costo cepa madre	3.622.280	3.622.280
Costo ordenación cancha	274.000	274.000
Costo aplicación	35.000	35.000
VPN incremental	28.588.163	30.931.750

En relación con el precio del inóculo utilizado para el cálculo de la rentabilidad incremental, se utilizó el precio máximo, es decir, US\$500 por tonelada. De esta forma las rentabilidades asociadas a la producción de celulosa estándar y ECF con la aplicación de HPB son las menores que se pueden obtener, es decir, representan el escenario más pesimista para la industria.

8. CONCLUSIONES

La producción de hongos de pudrición blanca, bajo la estructura definida en este trabajo es altamente rentable, por lo que resulta atractiva la inversión en el proyecto. Adicionalmente el riesgo de la inversión es relativamente bajo, puesto que la demanda por el producto se encuentra asegurada bajo un contrato de abastecimiento, esto sumado a que la producción es monopólica hace que el negocio tenga excelentes expectativas de ser llevado a cabo.

Gracias a la detallada investigación que se ha efectuado en lo relativo a la producción de HPB, la operación de la planta no debiera, en principio, presentar inconvenientes en la operación. Además, se cuenta con el “*background*” suficiente para realizar en buena forma el manejo de las condiciones ambientales, esterilización del sustrato, almacenamiento y transporte del producto, puntos claves para tener éxito en la producción.

A partir del análisis de sensibilidad de la variable precio del inóculo, se observa que frente a una disminución de hasta un 36,6% de éste, el proyecto sigue manteniendo, al menos, la rentabilidad mínima exigida a la inversión (costo de capital) que es de un 12,16%. Al disminuir el precio del inóculo en esta cuantía el inversionista estaría indiferente a realizar la inversión.

En lo que respecta a la aplicación de HPB en pulpaje kraft se tiene que el escenario es similar al de la producción de los hongos, mostrando un bajo riesgo asociado a la entrada en operación del biopulpaje.

En la determinación de la rentabilidad adicional con la aplicación de HPB en pulpaje kraft, sólo se consideraron aquellos efectos medibles en forma directa, por lo que los resultados de rentabilidad presentados seguramente se verían incrementados al incluir variables de tipo ambiental, mejoras cualitativas en la calidad de la pulpa y mejores propiedades de los papeles derivados.

La disminución en el consumo de químicos de blanqueo resulta en menores descargas de éstos como efluentes líquidos, lo que por una parte generaría ahorros de costos en tratamientos de las descargas y por otro lado disminuiría en parte la presión ejercida respecto a las tasas de contaminación que genera esta industria.

Las mejoras en las características de la pulpa que no fueron cuantificadas en la evaluación, provocan una diferenciación del producto (celulosa) en el mercado, fortaleciendo el posicionamiento del producto en el mercado internacional y, eventualmente, mejores precios.

En suma, el biopulpaje es una innovación que reportaría múltiples beneficios a la industria, dado que presenta ventajas económicas, sociales y ambientales. Además, gracias a la inminente puesta en marcha de los bonos transables, insertos en el mecanismo de producción limpia, el biopulpaje se muestra como una alternativa bastante atrayente a la industria.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDROFF, M. 1995. Estimación de los coeficientes técnicos de contaminación generados por la industria forestal en Chile. Memoria de Título Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 182 p.
- CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN. 2002. Área Celulosa. Instalaciones. [en línea] <<http://www.arauco.cl/celulosa/htm/inarauco.htm>>. [consulta: 10 octubre 2003].
- CHILE. Ministerio de Bienes Nacionales. 1994. Ley N° 19.300, de Bases del Medio Ambiente. Marzo de 1994. 27 p.
- CIME. 1999. CELULOSA un mercado con altos y bajos. Lignum (43): 30 – 32.
- CMPC. 2003. Información de la empresa. [en línea] <<http://www.cmpccelulosa.cl/espanol/mills/mills.htm>>. [consulta: 30 octubre 2003].
- CNE. 2003. Sector Eléctrico. [en línea] <http://www.cne.cl/electricidad/f_sector.html>. [consulta: 20 enero 2003].
- COLONELLI, P. 1996. Efecto del tratamiento con hongos de pudrición blanca sobre pasta Kraft, su refinación y propiedades físico- mecánicas del papel. Memoria de Título Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 73 p.
- DEPARTAMENTOS DE ESTUDIO Y BOSQUE NATIVO DE CORMA. 2001. Visión sobre la Industria Forestal Chilena [en línea] <<http://www.corma.cl>> [consulta: 3 mayo 2003].
- DIARIO PYME. 2004. Exportación forestal creció 9,7% en 2003 [en línea] <<http://www.diariopyme.cl/newtenberg/1614/article-59709.html>> [consulta: 31 marzo 2004].
- FRANCE, A., CAÑUMIR, J. y CORTEZ, M. 2000. Producción de hongos ostras. Boletín INIA N° 23. Chillán, Chile. 32 p.
- FUENTES, J. 1981. Análisis de variables en la digestión continua y discontinua, y su influencia en la pasta Kraft. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias Veterinarias y Forestales. 88 p.

- GOMEZ, A. 1995. Evaluación de la biodegradación de la lignina en *Pinus radiata* D. Don por la acción de hongos de pudrición blanca y su efecto en pulpaje kraft. Tesis Magíster en Ciencias Forestales. Mención Tecnología de Industrias de la Madera. Universidad de Chile. 83 p.
- GONZALEZ, J. y GARAY, R. 1998. Biotecnología forestal, base para un futuro mejor. Chile Forestal, Documento Técnico N° 119. Edición Septiembre, Santiago. 8 p.
- GONZALEZ, J., DONOSO, J. y LOPEZ, N. 1999. Biopulping in Radiata pine and Eucaliptos globulus. En: 32° Congreso Anual de Celulosa y Papel. Saulo Paulo, Brasil. ABTCP. 11 p.
- GONZALEZ, J. 2000. Apuntes Curso celulosa y papel. Universidad de Chile. Santiago.
- GONZALEZ, J. 2001. Pulp and paper industry and the enviroment: prospects of biotechnology. En: World Forest, Markets and Policies. Volume III. London. 40 – 41 p.
- GONZÁLEZ, J., DONOSO, J., ALLISON, B., VALENZUELA, C. 2002. Biotecnología para la fabricación de pasta kraft. *El Papel* (95): 38 – 40 pp.
- GULLICHSEN, J. y FOGELHOLM, C. 1999. Chemical Pulping, Papermarking Science and Technology book 6. Helsinki, Finland. Fapet Oy. 665 p.
- GUMUCIO, P. 2003. CMPC reporte trimestral 1Q 2003. Fit Research. Documento de circulación restringida. 18 p.
- GUTIERREZ, M. 2000. Proyección de estados financieros y valoración de empresas utilizando información públicamente disponible en la Industria de Celulosa y Papel. Tesis Magíster en Finanzas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. 117 p.
- KIRK, T., KONING, J., BURGESS, R., AKHTAR, M., BLANCHETTE, R., CAMERON, D., CULLEN, D., KERSTEN, P., LIGHTFOOT, E., MYERS, G., SACHS, I., SYKES, M., WALL, M. 1993. Biopulping A Glimpse of the Future?. Res. Pap. FPL-RP-523. Madison, WI: U.S. Departament of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 74 p.
- INFOR. 1999. Informe Técnico N° 142. Disponibilidad de madera de plantaciones de Pino Radiata en Chile 1998 - 2027. 45 p.
- INFOR. 2001. Boletín estadístico n° 79, estadísticas forestales 2000. 143 p.
- INFOR. 2002. Boletín de Precios Forestales N° 95, Diciembre. 19 p.
- INFOR. 2002. El sector forestal chileno 2001 – 2002. 9 p.

- INFOR. 2002. Información estadística. [en línea] [consulta 9 septiembre 2002] <<http://www.infor.cl>>.
- INFOR. 2003. Estadísticas Forestales 2002, boletín estadístico N° 88. 149 p.
- INFOR. 2004. Exportaciones Forestales Chilenas Enero – Diciembre 2003, boletín estadístico N° 93. 143 p.
- LAGOS, V. 2001. La industria de pulpa al sulfato en el mundo. Documento de circulación restringida. 21 p.
- LETAMENDI, J. 2001. Período 2000 – 2010 inversión forestal proyectada totaliza US\$ 3.670 millones. Estrategia, Santiago, Chile, 9 de mayo de 2001.
- LIGNUM. 2001. En Sudamérica: La celulosa tiene nuevas proyecciones para la región. Lignum (49): 34 – 37.
- MILLAN, R. 1998. Análisis y proyecciones de la industria de la celulosa y el papel. Tesis Ingeniería Civil Industrial. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. 122 p.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. 2003. Tablas de costos unitarios por metro cuadrado de construcción 4° trimestre 2003. [en línea]. <http://www.minvu.cl/minvu/legislacion/costos_metro2.htm>. [consulta: 15 enero 2004].
- ORJUELA, S., SANDOVAL, P. 2002. Guía del estudio de mercado para la evaluación de proyectos. Tesis Ingeniería Comercial. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. 201 pp.
- PAPELNET. 2002. Blanqueo Ecf. [en línea] <<http://www.papelnet.cl>>. [consulta: 9 septiembre 2002].
- PAPERLOOP. 2003. Arauco is on target to start up its new bleached kraft pulp mill in Valdivia, southern Chile, later this year. [en línea] <http://www.paperloop.com/db_area/archive/pponews/2003/wk08_25_2003/11.html> [consulta: 30 agosto 2002].
- PAPERLOOP. 2001. The Rottneros Group releases year-end 2000 results. [en línea] <http://www.paperloop.com/db_area/archive/s_e/2000/4ths_e2000/4q81.shtml>. [consulta: 30 agosto 2002].

- PAPERMARKET. 2003. Comercio exterior. Estadísticas, exportaciones e importaciones. [en línea] <<http://www.papermarket.cl/papermarket/site/pags/20030806003507.html>>. [consulta: 10 octubre 2003].
- PORTER, M. 1987. Ventaja Competitiva; creación y sostenimiento de un desempeño superior. México D.F. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. 550 p.
- SAIEH, C. 1998. Evaluación técnico-económica de una planta de clorato de sodio. Tesis Ingeniería Civil Industrial. Universidad Diego Portales. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. 83 p.
- SAPAG, N. y SAPAG R. Preparación y Evaluación de Proyectos. 4^{ta} Edición. 439 p.
- SILVA, R. 2002. Antibiosis entre hongos lignívoros y hongos antagónicos para efecto del biopulpaje de madera de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 120 p.
- SOTIL, R. 1989. Estudio de factibilidad técnico-económica de una planta elaboradora de madera libre de nudos para Forestal Arauco-Concepción. Tesis Ingeniería Civil Industrial. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 72 p.
- UNDURRAGA, J. 2001. Análisis ambiental de la industria de celulosa y sus efectos en el intercambio comercial chileno. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 122 p.
- VICUÑA, R. La ciencia en el sector forestal está dando resultados óptimos. Chile Forestal (265). 13 – 15 pp. Octubre 1998. Santiago, Chile.
- VICUÑA, R. Y SALAS, L. [s. a.]. Estudio de actividad enzimática secretada por hongos crecidos sobre astillas y chapas de *Pinus radiata*. Departamento de Genética Molecular y Microbiología. Pontificia Universidad Católica. Documento de circulación restringida. 4 p.

10. APÉNDICE

Flujo de Caja del Proyecto Puro

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	14.68%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		334,347	536,124	1,071,876	1,071,876	1,071,876	1,071,876	1,071,876	1,071,876	1,071,876	1,071,876
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		265,574	685,630	1,980,569	1,981,878	1,983,378	1,993,169	1,993,993	1,990,208	1,988,834	1,989,143
Impuesto		45,148	116,557	336,697	336,919	337,174	338,839	338,979	338,335	338,102	338,154
Utilidad neta		220,427	569,073	1,643,872	1,644,958	1,646,203	1,654,330	1,655,014	1,651,872	1,650,732	1,650,988
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangible	29,250										
Capital de Trabajo	139,504	40,356	103,150								-283,010
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-2,100,724	-1,236,025	692,493	1,868,898	1,870,529	1,868,774	1,862,256	1,837,670	1,867,638	1,867,493	3,326,835

VPN **4,148,134**

TIR **35.95%**

PRI **3.5 años**

Flujo de Caja 10% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	13.74%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		11,150	10,276	9,356	8,386	7,366	6,291	5,159	3,968	2,713	1,391
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		239,052	649,734	1,919,987	1,922,265	1,924,786	1,935,652	1,937,607	1,935,014	1,934,895	1,936,525
Impuesto		40,639	110,455	326,398	326,785	327,214	329,061	329,393	328,952	328,932	329,209
Utilidad neta		198,413	539,279	1,593,589	1,595,480	1,597,572	1,606,591	1,608,214	1,606,062	1,605,963	1,607,316
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	210,380										
Amortización deuda		16,493	17,368	18,288	19,257	20,278	21,353	22,484	23,676	24,931	26,252
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-1,893,419	-1,276,581	640,211	1,800,327	1,801,794	1,799,865	1,793,164	1,768,386	1,798,152	1,797,793	3,267,155

VPN	4,378,250
TIR	36.53%

Flujo de Caja 20% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	12.80%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		22,300	20,552	18,711	16,772	14,731	12,582	10,318	7,935	5,425	2,783
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		227,902	639,458	1,910,632	1,913,879	1,917,420	1,929,361	1,932,448	1,931,046	1,932,182	1,935,134
Impuesto		38,743	108,708	324,807	325,359	325,961	327,991	328,516	328,278	328,471	328,973
Utilidad neta		189,159	530,750	1,585,824	1,588,520	1,591,459	1,601,369	1,603,932	1,602,769	1,603,711	1,606,161
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	420,760										
Amortización deuda		32,987	34,735	36,576	38,515	40,556	42,705	44,969	47,352	49,862	52,504
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-1,683,039	-1,302,329	614,314	1,774,274	1,775,576	1,773,474	1,766,590	1,741,619	1,771,183	1,770,611	3,239,748

VPN	4,800,970
TIR	38.18%

Flujo de Caja 30% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	11.87%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		33,450	30,828	28,067	25,159	22,097	18,873	15,478	11,903	8,138	4,174
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		216,752	629,182	1,901,276	1,905,493	1,910,055	1,923,070	1,927,289	1,927,079	1,929,469	1,933,742
Impuesto		36,848	106,961	323,217	323,934	324,709	326,922	327,639	327,603	328,010	328,736
Utilidad neta		179,904	522,221	1,578,059	1,581,559	1,585,345	1,596,148	1,599,650	1,599,476	1,601,460	1,605,006
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	631,140										
Amortización deuda		49,480	52,103	54,864	57,772	60,834	64,058	67,453	71,028	74,792	78,756
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-1,472,659	-1,328,077	588,418	1,748,221	1,749,358	1,747,083	1,740,016	1,714,853	1,744,214	1,743,428	3,212,341

VPN	5,237,181
TIR	40.05%

Flujo de Caja 40% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	10.93%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		44,601	41,104	37,422	33,545	29,462	25,164	20,637	15,870	10,851	5,565
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		205,602	618,906	1,891,920	1,897,107	1,902,689	1,916,779	1,922,130	1,923,111	1,926,757	1,932,351
Impuesto		34,952	105,214	321,626	322,508	323,457	325,852	326,762	326,929	327,549	328,500
Utilidad neta		170,650	513,692	1,570,294	1,574,598	1,579,232	1,590,927	1,595,368	1,596,182	1,599,208	1,603,851
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	841,519										
Amortización deuda		65,973	69,470	73,152	77,029	81,112	85,410	89,937	94,704	99,723	105,009
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-1,262,279	-1,353,825	562,521	1,722,168	1,723,140	1,720,691	1,713,442	1,688,086	1,717,245	1,716,246	3,184,934

VPN	5,687,910
TIR	42.20%

Flujo de Caja 50% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	9.99%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		55,751	51,380	46,778	41,931	36,828	31,454	25,796	19,838	13,563	6,957
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		194,452	608,630	1,882,565	1,888,720	1,895,323	1,910,488	1,916,971	1,919,144	1,924,044	1,930,960
Impuesto		33,057	103,467	320,036	321,082	322,205	324,783	325,885	326,254	327,087	328,263
Utilidad neta		161,395	505,163	1,562,529	1,567,638	1,573,118	1,585,705	1,591,086	1,592,889	1,596,957	1,602,697
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	1,051,899										
Amortización deuda		82,467	86,838	91,440	96,286	101,389	106,763	112,422	118,380	124,654	131,261
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-1,051,899	-1,379,573	536,625	1,696,115	1,696,923	1,694,300	1,686,868	1,661,320	1,690,276	1,689,064	3,157,527

VPN	6,154,273
TIR	44.72%

Flujo de Caja 60% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	9.05%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		66,901	61,656	56,133	50,317	44,194	37,745	30,955	23,805	16,276	8,348
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		183,302	598,354	1,873,209	1,880,334	1,887,958	1,904,197	1,911,811	1,915,176	1,921,331	1,929,568
Impuesto		31,161	101,720	318,446	319,657	320,953	323,714	325,008	325,580	326,626	328,027
Utilidad neta		152,140	496,634	1,554,764	1,560,677	1,567,005	1,580,484	1,586,803	1,589,596	1,594,705	1,601,542
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	1,262,279										
Amortización deuda		98,960	104,205	109,728	115,544	121,667	128,116	134,906	142,056	149,585	157,513
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-841,519	-1,405,321	510,728	1,670,062	1,670,705	1,667,909	1,660,294	1,634,554	1,663,307	1,661,881	3,130,120

VPN	6,637,487
TIR	47.72%

Flujo de Caja 70% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	8.11%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		78,051	71,932	65,489	58,704	51,559	44,036	36,114	27,773	18,989	9,740
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		172,151	588,078	1,863,854	1,871,948	1,880,592	1,897,906	1,906,652	1,911,209	1,918,619	1,928,177
Impuesto		29,266	99,973	316,855	318,231	319,701	322,644	324,131	324,906	326,165	327,790
Utilidad neta		142,886	488,105	1,546,999	1,553,717	1,560,892	1,575,262	1,582,521	1,586,303	1,592,453	1,600,387
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	1,472,659										
Amortización deuda		115,454	121,573	128,016	134,801	141,945	149,468	157,390	165,732	174,516	183,765
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-631,140	-1,431,069	484,831	1,644,009	1,644,487	1,641,517	1,633,720	1,607,787	1,636,338	1,634,699	3,102,713

VPN	7,138,879
TIR	51.39%

Flujo de Caja 80% Financiamiento

		año			
		1	2	3 al 10	
Precio de venta	500	Cantidad producida	2,196	3,660	7,318
Tasa de descuento	7.18%	Cantidad vendida	2,174	3,623	7,245

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos operacionales		1,087,000	1,811,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500	3,622,500
Ingresos no operacionales				1,236		1,500	1,236	0	1,475	1,236	
Costos fijos		281,275	281,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275	261,275
Costos variables		349,719	561,744	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102	1,123,102
Gastos Administración		81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900	81,900
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Intereses préstamo		89,201	82,208	74,844	67,090	58,925	50,327	41,274	31,740	21,702	11,131
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Utilidad antes Impuesto		161,001	577,802	1,854,498	1,863,562	1,873,227	1,891,615	1,901,493	1,907,241	1,915,906	1,926,786
Impuesto		27,370	98,226	315,265	316,805	318,449	321,575	323,254	324,231	325,704	327,554
Utilidad neta		133,631	479,576	1,539,234	1,546,756	1,554,778	1,570,041	1,578,239	1,583,010	1,590,202	1,599,232
Depreciación		118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306
Amortización intangibles		5,850	5,850	5,850	5,850	5,850					
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	
Inversión inicial	1,931,970										
Inversión de ampliación		1,540,000									
Inversión de reemplazo			0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090	0
Inversión intangibles	29,250										
Préstamo	1,683,039										
Amortización deuda		131,947	138,940	146,304	154,058	162,223	170,821	179,874	189,408	199,446	210,017
Capital de Trabajo	142,579	42,405	108,272								-293,255
Valor de Desecho											1,174,530
Flujo de Caja	-420,760	-1,456,817	458,935	1,617,956	1,618,269	1,615,126	1,607,146	1,581,021	1,609,369	1,607,517	3,075,306

VPN	7,659,899
TIR	56.04%

Inversiones del Proyecto

INVERSIONES (US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
<i>Inversiones en Equipos</i>										
Bioreactores (11)	1,540,000	1,540,000								
Ozonificador	2,950								2,950	
Caldera	93,333									
Filtro control emisiones	30,800							30,800		
Línea alimentación	1,800									
Instrumentos de medición	3,000					3,000				
Mobiliario oficinas	4,500						4,500			
Equipos computacionales	3,090			3,090			3,090			3,090
SUBTOTAL	1,679,473	1,540,000	0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090
<i>Inversiones en Infraestructura</i>										
Montaje equipos	147,747									
Planta	62,500									
Galpón almacenamiento	3,630									
Bodega	4,400									
Galpón caldera	5,835									
Oficinas	9,960									
Cercos	1,050									
Caseta recepción	375									
Terreno	17,000									
SUBTOTAL	252,497									
TOTAL	1,931,970	1,540,000	0	3,090	0	3,000	7,590	30,800	2,950	3,090
<i>Inversión en Intangibles</i>										
Capacitación	24,000									
Constitución empresa	5,250									
Total	29,250									

Capital declarado 2,100,000

El costo de constitución de la empresa corresponde al 0.25% del capital declarado

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Item	unidad	costo US\$
Aserrín	t	10
Biomasa combustible	t	10
Cepa Madre	t	3,000
Agua Industrial	m3	0.04
Energía Eléctrica	kwh	0.034
Envases	cien	0.7

	períodos		
	año 1	año 2	año 3 al 10
Costos variables (US\$)			
Aserrín	22,000	36,650	73,200
Biomasa combustible	13,020	13,020	26,040
Cepas madres	277,500	462,300	924,300
Agua Industrial	226	226	452
Energía eléctrica	18,088	18,088	36,176
Envases	512	840	1708
Costo comercialización	3,000	5,000	10,000
Costo de flete	0	0	0
TOTAL	334,347	536,124	1,071,876
Costos fijos (US\$)			
<i>Caldera</i>			
Mantenimiento caldera	2,850	2,850	2,850
Arriendo caldera (15 días)	3,825	3,825	3,825
Reparación y repuestos	1,420	1,420	1,420
Remuneraciones	243,180	243,180	243,180
TOTAL	251,275	251,275	251,275
Costos de Asesorías (US\$)			
Asesorías	30,000	30,000	10,000
Gastos de Administración (US\$)			
Remuneraciones	79,900	79,900	79,900
Materiales	2,000	2,000	2,000
TOTAL	81,900	81,900	81,900

Depreciación anual US\$

	costo US\$	vida útil contable	vida útil óptima	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	valor de desecho
Bioreactores año 1	1,540,000	15	15	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	513,330
Bioreactores año 2	1,540,000	15	15		102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	102,667	615,997
Ozonificador	2,950	5	8	590	590	590	590	590						0
Ozonificador 2º	2,950	5	8									590	590	1,770
Caldera	93,333	15	15	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	6,222	31,113
Filtro emisiones	30,800	5	7	6,160	6,160	6,160	6,160	6,160						0
Filtro emisiones 2º	30,800	5	7								6,160	6,160	6,160	12,320
Línea alimentación	1,800	7	10	257	257	257	257	257	257	258				0
Instrumentos	3,000	3	5	1,000	1,000	1,000								0
Instrumentos 2º	3,000	3	5						1,000	1,000	1,000			0
Mobiliario	4,500	7	10	643	643	643	643	643	643	642				0
Computadores	3,090	6	3	515	515	515	515	515	515					0
Computadores 2º	3,090	6	3				515	515	515	515	515	515		0
Computadores 3º	3,090	6	3							515	515	515	515	1,030
Computadores 4º	3,090	6	3										515	2,575
Total				118,054	220,721	220,721	219,721	219,721	213,971	213,456	218,716	218,306	218,306	1,174,530

Valor de desecho US\$ **1,174,530**

Calendario reemplazo activos

Activo	vida útil óptima	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Bioreactores año 1	15										
Ozonificador	8								2,950		
Caldera	15										
Filtro emisiones	7							30,800			
Línea alimentación	10										
Instrumentos	5					3,000					
Mobiliario	10										
Computadores	3			3,090			3,090			3,090	
Valor Libro				1,545		0	1,545	0	0	1,545	

Venta de activos

Activo	vida útil óptima	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Ozonificador	8								1475		
Filtro emisiones	7							0			
Instrumentos	5					1500					
Computadores	3			1236			1236			1236	
Total				1236		1500	1236	0	1475	1236	

Cálculo Capital de Trabajo incremental

Producción	2196	ton/año1
Producción	3660	ton/año2
Producción	7318	ton/año3
Duración ciclo	70	días
Ciclos x año	5	
Prod x ciclo	439.2	ton/año1
Prod x ciclo	732	ton/año2
Prod x ciclo	1463.6	ton/año3

	año 1 US\$	año 2 US\$	año 3 US\$
Costo variable unitario	152	146	146
Costo fijo unitario	128	77	36
Costo variable x ciclo	66,869	107,225	214,375
Costo fijo x ciclo	56,255	56,255	52,255
Gasto Admíst x ciclo	16,380	16,380	16,380
TOTAL	139,504	179,860	283,010
K trabajo incremental	139,504	40,356	103,150

Insumos de producción:

	períodos		
	1	2	3 al 10
Aserrín			
<i>ton aserrín año</i>	2,200	3,665	7,320
Biomasa combustible			
<i>horas/año</i>	1,400	1,400	2,800
<i>consumo/hora (t)</i>	0.93	0.93	0.93
<i>total</i>	1,302	1,302	2,604
Cepas madres			
<i>producción HPB</i>	2,196	3,660	7,318
<i>Kg cepa/t HPB</i>	42.1	42.1	42.1
<i>total (t)</i>	92.5	154.1	308.1
Agua industrial			
<i>consumo m3/hr</i>	4.04	4.04	4.04
<i>horas/año</i>	1,400	1,400	2,800
<i>total (m3/año)</i>	5,656	5,656	11,312
Energía eléctrica			
caldera			
<i>horas/año</i>	1,400	1,400	2,800
<i>kwh</i>	50	50	50
<i>kwh/año</i>	70,000	70,000	140,000
bioreactor			
<i>unidades</i>	11	11	22
<i>kwh</i>	5	5	5
<i>kwh/año</i>	462,000	462,000	924,000
<i>total kwh/año</i>	532,000	532,000	1,064,000