



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y POST-EVALUACIÓN DE UN SERVICIO DE
TRITURADO DE BIOMASA A PARTIR DE DESECHOS FORESTALES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN
DE EMPRESAS**

NICOLÁS PATRICIO DE LA CERDA LARROUCAU

**PROFESOR GUIA:
ENRIQUE JEHOUSA JOFRÉ ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
DANIEL ANTONIO ESPARZA CARRASCO
GERARDO OCTAVIO DÍAZ RODENAS**

**SANTIAGO DE CHILE
2014**

Resumen

El trabajo a continuación describe el diseño, evaluación, implementación y post evaluación de un servicio de producción de biomasa a partir de residuos forestales. El proyecto en el cual se fundamenta, evalúa la participación en la licitación para el servicio de producción de biomasa, abierto por Forestal Celco Norte, de un volumen de 550.000 M3st anuales puestos en planta, donde la empresa, Servicios Portuarios Reloncaví Ltda., participó durante el año 2011 y fue adjudicada. El objetivo principal de este trabajo es identificar las brechas entre la evaluación de este proyecto y la realidad, para así presentar recomendaciones para el proyecto en cuestión o proyectos futuros del mismo tipo.

Para identificar estas brechas, se definieron las variables operativas principales del negocio, es decir volumen de producción, rendimientos productivos, consumos de petróleo, disponibilidad mecánica de los equipos (Uptime) y tiempos perdidos por falta de camión, y se comparó cada una de ellas, estimando su impacto en el valor presente neto y la tasa interna de retorno de la evaluación como la realidad.

La evaluación definió se debía invertir en **US 3.666.522**, obteniendo un VAN de **US 371.782** a una tasa de descuento del 12%, con una TIR del **15,14%**. La post evaluación arrojó como resultado que se necesitó invertir en **US 3.789.002**, proyectando un VAN de **US -572.382** a una tasa de descuento del 12%, con una TIR del **7,24%**. De acuerdo a estos resultados, el proyecto no se considera atractivo ya que no logra al menos el VAN = 0 al 12% de tasa de interés. Las principales desviaciones que generaron este menor resultado son la baja disponibilidad mecánica de los Chipper Truck (Uptime), la que se evaluó en **85%** y realmente fue de **50%**, la falta de camión para poder producir, la que se estimó en 0 horas perdidas y en la realidad está cercana a las 4,5 horas perdidas por falta de camión por día, y además no haber considerado en la evaluación original la necesidad de invertir en capital de trabajo, por un monto estimado de US 287.070.

Para revertir esta situación, se debe disminuir los tiempos perdidos por falta de camión, lo que puede enfrentarse vía negociación de las condiciones contractuales con el transportista asociado al servicio o a través de la inversión en camiones por parte de Reloncaví, y aumentar la disponibilidad mecánica de los Chipper Truck, la que puede gestionarse a través de la contratación de personal más calificado en relación a los problemas recurrentes de estos equipos y también en la gestión logística en cuanto a disponibilidad de repuestos en plaza. Con solo disminuir de 4,5 a 3 horas la falta de camión, se lograría llegar a un VAN de **US 524.917** y TIR **16,12%**.

A modo de conclusión, se estima que los principales errores cometidos en este proyecto fue haber subestimado la sensibilidad logística del sistema productivo, toma de decisiones erróneas al no invertir en los carros de camión adicionales evaluados y no analizar en conjunto con el cliente y el prestador de servicio de transporte una solución integral de la cadena logística de producción transporte y recepción.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi Sra. Manouela Dimova y mis Padres, por haberme apoyado y soportado la carga adicional que significo mi dedicación a este programa.

Tabla de Contenido

1. Introducción.....	6
a. Justificación del trabajo.....	6
b. Antecedentes generales	6
2. Objetivos	8
a. Objetivo General.....	8
b. Objetivos específicos	8
3. Metodología	8
4. La Industria	9
a. El negocio de la biomasa.....	9
b. El proceso.....	10
c. El mercado.....	12
i. Demanda de biomasa.....	13
ii. Oferta de servicios de triturado de biomasa	14
iii. Rangos de precios.....	14
iv. Descripción del mercado	15
v. Producción de biomasa según pendiente.....	16
vi. Análisis de nichos de mercado	19
5. Diseño técnico.....	19
a. Requisitos de la propuesta técnica	19
b. Tecnologías disponibles	20
i. Astilladores de tambor	20
ii. Trituradores de martillos	22
iii. Desmenuzadores.....	23
c. Configuraciones de equipos	24
i. Equipo solo.....	24
ii. Equipo integrado o autónomo:.....	25
d. Opciones de equipos	26
e. Comparación equipos.....	27
f. El equipo.....	29
g. Otras oportunidades	30
6. Diseño del Negocio	31
a. La oportunidad de negocios.....	31

i.	Antecedentes generales de la licitación.....	31
ii.	Requisitos técnicos.....	32
iii.	Programa de producción	32
iv.	Plazo de evaluación.....	32
v.	Tarifificación	32
b.	La propuesta.....	33
i.	Servicio a ofrecer.....	33
ii.	Tecnología a utilizar.....	33
iii.	Capacidades de producción por equipo	34
iv.	Equipos necesarios	34
v.	Turnos de trabajo.....	35
vi.	Base de operaciones.....	35
7.	Evaluación Económica.....	35
a.	Parámetros de evaluación	35
i.	Variables macroeconómicas.....	35
ii.	Variables operativas relevantes.....	36
iii.	Tasa de descuento	36
iv.	Periodo de evaluación	36
b.	Inversión	36
c.	Costos Fijos	37
i.	Personal operativo.....	37
ii.	Personal administrativo	37
iii.	Apoyo oficinas centrales.....	38
d.	Costos Variables.....	38
i.	Camión del astillador y triturador	38
ii.	Astillador Chippertruck 582.....	38
iii.	Triturador Crambo 5000 Direct	38
iv.	Camionetas personal.....	39
e.	Depreciación de los activos	39
f.	Cálculo de tarifa.....	39
g.	Financiamiento	40
h.	Flujo de caja	40
i.	Van y Tir	40
8.	Implementación.....	41
a.	Definición de maquinarias.....	41
b.	Presentación de mix de máquinas al cliente.....	41

c.	Firma de compromiso por parte del cliente.....	41
d.	Emisión de órdenes de compra de máquinas.....	41
e.	Contratación de personal de supervisión.....	42
f.	Contratación de personal de operación para las primeras máquinas a repcionar.....	42
g.	Recepción de las máquinas.....	42
h.	Capacitación en operación de máquinas recepcionadas.....	42
i.	Definición de la base de operaciones.....	43
j.	Puesta en operación del servicio.....	43
k.	Definición y firma de contrato.....	43
9.	Post Evaluación.....	43
a.	Principales desviaciones.....	43
i.	Variables operativas equipo Chippertruck 582.....	43
ii.	Variables operativas equipo Crambo 5000.....	44
iii.	Variables de la industria.....	44
iv.	Contratación de personal.....	45
v.	Errores de evaluación económica.....	45
b.	Efectos de las desviaciones.....	45
i.	Efecto sobre las ventas.....	46
ii.	Efecto sobre la inversión.....	46
iii.	Efecto sobre los Costos Fijos.....	46
iv.	Efecto sobre los Costos Variables.....	47
v.	Flujo de caja real estimado.....	48
vi.	Efectos sobre la evaluación del proyecto.....	48
c.	Análisis y sensibilizaciones.....	49
i.	Sensibilización de disponibilidad mecánica de los Chippertruck.....	50
ii.	Sensibilización horas perdidas por falta de camión.....	51
d.	Síntesis desviaciones post evaluación.....	51
10.	Conclusión y recomendaciones.....	52
11.	Bibliografía.....	56

1. Introducción

Este trabajo relata la evaluación e implementación de un proyecto de producción de biomasa a partir de residuos forestales, y compara los resultados presentados en la evaluación con la realidad a través de una evaluación ex post, donde se analizan las brechas encontradas, estimando su impacto en la rentabilidad del negocio y se presentan sugerencias para futuros proyectos.

El proyecto en cuestión corresponde a un proyecto desarrollado por la empresa Servicios Portuarios Reloncaví Ltda. (Desde ahora en adelante Reloncaví), durante su participación y adjudicación de un proceso de licitación generado por Forestal Celco, división Norte, durante el año 2011.

Uno de los factores claves de la adjudicación de la licitación por parte de Reloncaví, corresponde a la correcta identificación de las necesidades del cliente, necesidades que se identificaron como un nicho de mercado explotable, distinto al que estaban técnicamente especializadas la competencia (Rio Claro y Biomasa Chile), presentándose una gran oportunidad para ganar participación de mercado en base a encontrar la tecnología adecuada para el nicho.

Este nicho de mercado no explotado, implicaba la necesidad de investigar las tecnologías disponibles, tanto dentro como fuera de Chile, y poder comprobar, en lo posible, su aplicación a la realidad chilena.

Esta investigación llevo a la identificación de 3 posibles máquinas que podrían ser las adecuadas para este nicho en particular. El trabajo a continuación relata la evaluación de estas tecnologías para el proyecto en cuestión.

a. Justificación del trabajo

La principal utilidad y por ende justificación del presente trabajo es poder identificar las brechas en la evaluación ex post, entre la evaluación y la realidad del proyecto, para así poder presentar conclusiones y recomendaciones que puedan servir de ayuda para futuros proyectos de producción de biomasa o servicios de características similares, como también recomendaciones al proyecto en marcha, en caso que las hubiere.

b. Antecedentes generales

El ingreso de Reloncaví a la industria de la biomasa ocurre en el año 2010 a partir de la invitación, por parte de Jorge Seron, en ese entonces Gerente

General de Bosques Arauco S.A., a una licitación del servicio de producción de biomasa a partir de residuos forestales generados en los procesos de cosecha forestal de la empresa Bosques Arauco S.A.

La licitación se trataba de la adjudicación de los servicios de producción y transporte de biomasa hasta planta Arauco ubicada en Arauco, VIII región, utilizando 2 astilladores de tambor Bruks, comprados por Bosques Arauco, para la implementación de este proceso productivo. Estos astilladores serían traspasados a la propiedad de la empresa adjudicada, para la prestación del servicio.

Reloncaví fue adjudicado con la prestación de este servicio, y la ejecuto desde Mayo del 2010 hasta noviembre del 2011, periodo durante el cual, se identificaron brechas significativas entre la evaluación del proyecto y la realidad, siendo algunas de ellas las listadas a continuación:

- 1) Resistencia a los contaminantes: los equipos no eran los adecuados para el tipo de residuo forestal, ya que este tenía mucha contaminación por tierra, piedras y eventualmente metales. Esta contaminación desgasto de manera muy acelerada los equipos, haciéndolos presentar desgaste que sería normal para 5 años de utilización en tan solo 1,5 años.
- 2) Bajo rendimiento productivo: los equipos tenían un muy bajo rendimiento productivo para el nivel de inversión, al compararlo con otros equipos disponibles en el mercado. El rendimiento real estaba dentro de lo esperado o evaluado.
- 3) Problemas logísticos: en ese momento no habían transportistas que tuvieran el tipo de camión adecuado como para realizar el servicio de transporte de la biomasa directamente desde el punto de producción, lo que forzaba a la producción directa a piso o a un camión de baja capacidad para realizar un flete y acopio cercano, incrementando los costos logísticos (costos de flete corto + acopio + carguío a camión para flete a planta)

Las primeras 2 brechas generaron la necesidad de buscar equipos que puedan resistir esos niveles de contaminación y además tener un rendimiento productivo más alto que estos equipos, manteniendo o mejorando las ventajas en términos de movilidad que estos equipos poseían en el bosque al estar montados sobre forwarders.

Esta búsqueda por equipos con alta resistencia a contaminantes, rendimiento productivo medio a alto y con buena movilidad en bosques y cerros llevo a Reloncavi a identificar un nicho de mercado no explotados por la competencia y a definir este nicho como su nicho objetivo.

Es gracias a la identificación de este nicho, la consiguiente investigación de equipos apropiados para él y los conocimientos acumulados en la experiencia de prestación de servicio a Bosques Arauco, que Reloncaví fue capaz de presentar una propuesta coherente y atractiva a Forestal Celco División Norte, logrando su adjudicación durante el mes de agosto del 2011.

Este trabajo relata y explica el nicho identificado, los equipos investigados, la evaluación e implementación del proyecto de producción de biomasa para Forestal Celco división norte, realizando posteriormente una evaluación ex post.

En relación a la prestación de servicio de producción de biomasa a Bosques Arauco, debido a las brechas y problemas que presentaron los equipos de Bosques Arauco, el proyecto se terminó de forma anticipada y el proceso de abastecimiento de biomasa a la planta fue licitado nuevamente, donde el adjudicado fue la competencia de Reloncaví, Biomasa Chile.

2. Objetivos

a. Objetivo General

El principal objetivo de este trabajo es poder identificar brechas, entre la evaluación y la realidad, y proponer soluciones para el desarrollo presente o futuro, de un proyecto de producción de biomasa a partir de residuos forestales, ya implementado durante el año 2012, a través de un análisis expost.

b. Objetivos específicos

- Describir el negocio de la biomasa.
- Describir las distintas tecnologías y nichos de mercado en la industria de la biomasa.
- Explicar las tecnologías disponibles para afrontar los distintos tipos de nichos de mercado, con sus ventajas y desventajas.
- Evaluar el proyecto de acuerdo a los requerimientos indicados en la licitación de servicios asociada.
- Identificar las brechas y desviaciones con respecto a la evaluación original, en una evaluación expost.
- Presentar recomendaciones para el proyecto en curso o para futuros proyectos de biomasa o de similares características.

3. Metodología

Para cumplir con el objetivo principal de este trabajo, la identificación de brechas entre la evaluación y la realidad a través de un análisis ex post, se realizará una comparación

entre las principales variables identificadas en la evaluación, con la realidad, entre las cuales están:

- **Volumen anual real:** en este caso se comparará el volumen del primer año de implementación del servicio y además se proyectará los volúmenes para los años siguientes de acuerdo con información obtenida.
- **Rendimientos productivos de los equipos.**
- **Consumos de petróleo de los equipos.**
- **Disponibilidad mecánica de los equipos.**
- **Vida útil estimada de acuerdo a realidad operacional.**
- **Tiempos perdidos debido a interrupciones en el proceso logístico:** en este caso falta de camión para poder producir.

Se considera que las variables anteriormente mencionadas son las más relevantes en la determinación de la rentabilidad de un proyecto de este tipo.

Luego de la comparación de las distintas variables, se estimará cual será el valor presente neto y la tasa interna de retorno del proyecto considerando los parámetros obtenidos en la actualidad, para poder comparar la rentabilidad evaluada versus la rentabilidad real estimada.

Se debe considerar que los datos de rentabilidad real estimada no se podrán comparar con la rentabilidad real del proyecto debido a reservas de información de la empresa Reloncaví.

4. La Industria

a. El negocio de la biomasa

El negocio central de la biomasa es la generación de energía.

La generación de energía a partir de biomasa nace en Chile en las plantas de producción de Celulosa y productos de madera aglomerada, las que utilizan los residuos de sus procesos productivos para generar energía eléctrica para el consumo propio y a la vez vender al sistema de distribución la energía excedente.

Demostrándose la rentabilidad de la producción y venta de energía, el consumo de biomasa se expandió a los residuos forestales, para así permitir aumentar la producción y venta y a la vez disminuir el riesgo de incendios forestales que produce dejar residuos en los predios luego de la cosecha forestal.

b. El proceso

Para lograr quemar la biomasa en las calderas, esta se debe:

1. Recuperar del predio forestal
2. Reducir de tamaño o triturar
3. Transportar a la planta o caldera

La reducción de tamaño o trituración es necesaria para:

- Lograr una eficiente combustión en la caldera
- Se comporte como un granel y no forme puentes o atoros en las cintas transportadoras
- Disminuir el costo de transporte al aumentar la densidad (en volumen estéreo) del residuo.

El tamaño de las partículas resultantes no debe ser superior a los 12 centímetros.

El aprovechamiento de la biomasa en Chile se realiza principalmente a través del método de triturado a orilla de camino. Este método consiste en los siguientes procesos ilustrados en la figura a continuación:



Figura 1. Fuente VTT.

Como muestra la figura, inicialmente una máquina recopila los residuos dentro del predio, formando pilas de ramas, las que posteriormente son trasladadas por otra máquina hasta la orilla del camino, a una distancia tal que permita el acomodo del equipo de trituración y el camión a ser cargado. Las ramas son trituradas y cargadas simultáneamente al camión, que luego transporta las ramas hasta la planta de generación.

- **Recolección, traslado y apilamiento de los residuos:** realizado con maquinaria adecuada para este fin, generando pilas de residuos dentro del predio, al lado del camino, con la distancia suficiente para la ubicación del equipo de trituración.



Acopio de biomasa a la distancia necesaria para la ubicación de un triturador más la excavadora que lo alimenta.

- **Trituración y carguío de camión:** en este proceso, una excavadora alimenta el triturador, el cual reduce los residuos a trozos de madera de tamaño no superior a 10 centímetros, entregándolos sobre camión a través de una cinta transportadora.



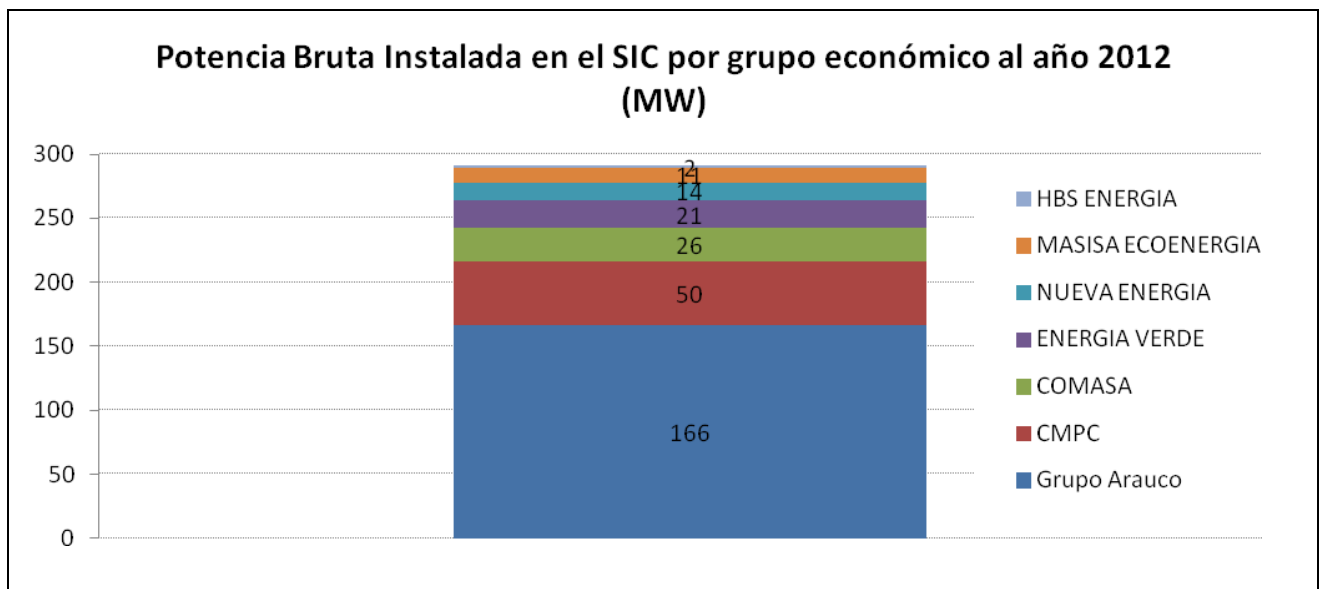
Triturador alimentado por excavadora produciendo sobre camión.

- **Transporte a planta:** realizado principalmente por camiones con carro de aproximadamente 100 M3 estéreo de capacidad de transporte en volumen y 30 toneladas en peso, equipados con sistema de auto descarga piso caminantes que les permite independizarse de los sistemas de descarga en canchas de recepción y además descargar de forma rápida y dosificada el total de su carga en aproximadamente 15 minutos.
- **Descarga del camión:** realizado por el camión a través de su sistema de auto descarga o a través de truck dumper o cargadores frontales con lanza cuando el camión no cuenta con sistema de auto descarga.

c. El mercado

El mercado de la biomasa de residuos forestales es directamente dependiente del mercado de la generación de energía, tanto eléctrica como calórica.

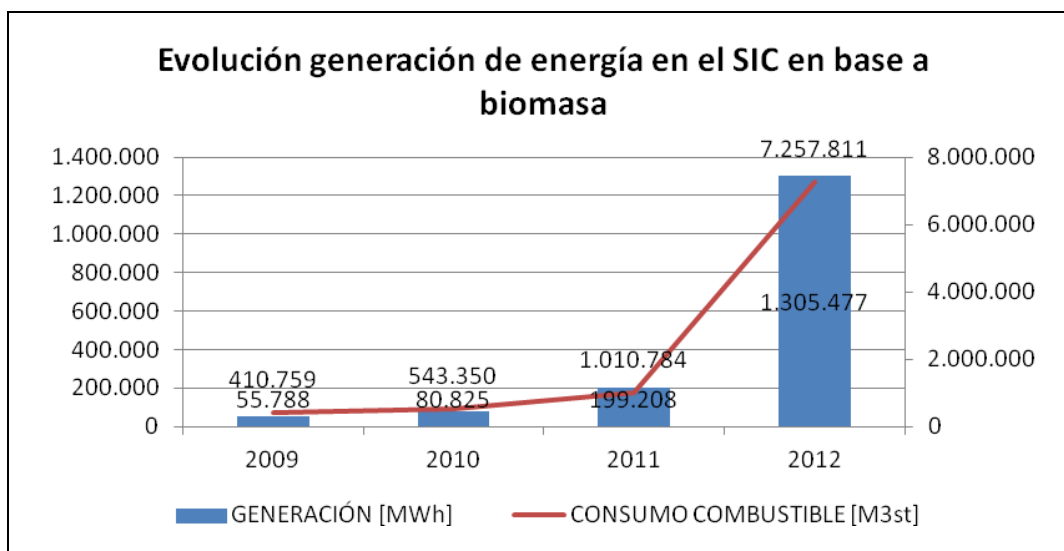
Dados los elevados precios de energía eléctrica en Chile, la generación de energía utilizando biomasa de origen forestal se ha visualizado como una oportunidad de negocios atractiva, lo que se ha concretado en una potencia instalada, para la generación de energía eléctrica en el SIC, de 291,1 MW en el año 2012.



Fuente: Comisión nacional de energía. www.cne.cl

Como muestra el gráfico anterior, la mayor parte de la generación de energía por biomasa en el SIC está concentrada en las plantas de generación del grupo Arauco, con 166 MW de potencia bruta.

Este atractivo ha generado inversiones que han resultado en un crecimiento del tipo exponencial a través de los años, tanto en la generación y consumo de biomasa, lo que puede verse en el gráfico a continuación:



Fuente: Comisión nacional de energía. www.cne.cl

En el gráfico anterior se puede apreciar una relación relativamente estable entre el consumo de biomasa en M3st y la energía generada en MWh, de aproximadamente 5,56 M3st de biomasa por cada MWh generado.

De acuerdo al “Estudio de contribución de las ERNC al SIC al 2025” (C Pontt, 2008), dado el total de plantaciones forestales, principalmente Pino radiata y eucalipto, más las superficies de bosques nativos, existe un potencial factible de instalar un máximo de 1.045 MW de generación en base a biomasa proveniente del manejo forestal de las fuentes anteriormente indicadas, esto es un 359% más de lo instalado al año 2012 lo que, en caso de concretarse, implicaría un aumento en el consumo de biomasa de 26.055.541 M3st anuales.

i. Demanda de biomasa

La demanda de biomasa de las empresas de generación de energía del SIC alcanza los 7.257.811 M3st anuales al año 2012, esto es entre biomasa de residuos forestales como también residuos leñosos de procesos industriales como lo son el aserrín de aserraderos, lampazos, cortezas, finos del proceso de producción de astillas, etc.

El actual proyecto tema de este trabajo representa 550.000 M3st anuales de biomasa de residuos forestales a ser producidos a partir de finales del 2012.

En caso que se llegase a concretar la instalación de la potencia factible de generación indicada en el estudio anteriormente mencionado (C Pontt, 2008), la demanda de biomasa crecería desde los 7.257.811 M3st anuales en el año 2012 hasta los 33.313.352 M3st anuales en el año 2025.

Debido a que este proyecto se trata de la producción de biomasa de una cantidad determinada y asegurada por las bases de licitación (550.000 M3st anuales), no se consideró necesario, para este proyecto en particular, profundizar en mayores detalles de pronósticos de demanda futura de servicios de triturado.

ii. Oferta de servicios de triturado de biomasa

Al año 2011, las principales empresas prestadoras de servicios de producción de biomasa, con sus respectivas capacidades de producción, son las indicadas en la tabla a continuación:

Empresa	Máquinas	M3st Anual
Biomasa Chile	6	2.664.000
Rio Claro	1	480.000
Tecsus	1	95.040
Total	8	3.239.040

Dado los niveles de inversión, usualmente cada una de las máquinas de producción de biomasa está asociada a un volumen previamente comprometido con un cliente y contrato específico, por lo que el volumen adicional demandado por Forestal Celco Norte, objeto de este proyecto, implicará necesariamente un aumento de la oferta de servicios de triturado en la forma de inversión en nuevos equipos de producción.

De las 3 empresas indicadas anteriormente, Biomasa Chile y Rio Claro tienen años de experiencia en servicios de triturado de biomasa, siendo posibles competidores directos en la llamada a licitación de servicios de producción relacionada con este proyecto, participación que fue confirmada posteriormente por el cliente.

iii. Rangos de precios

El precio del servicio de producción está principalmente determinado por la productividad de la máquina de trituración, la que en condiciones normales de operación, en el caso de un triturador como los que posee Biomasa Chile o Rio Claro, podría llegar a producir 18 camiones o 1.500 M3st en 2 turnos de 8

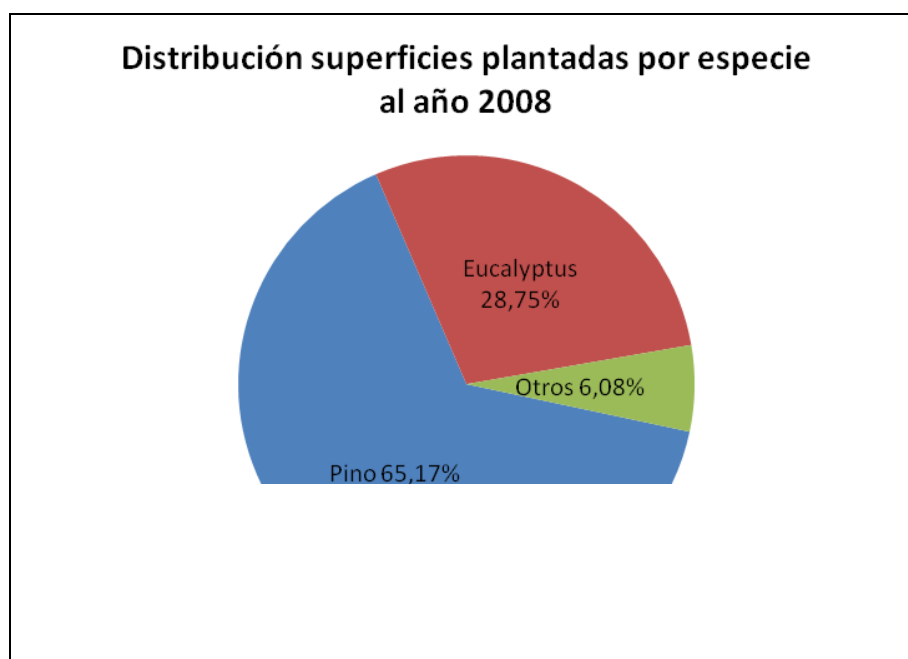
horas, en terreno plano y cantidad de biomasa suficientemente por punto de acopio, para no incrementar desmedidamente el tiempo perdido en traslados entre acopios.

En este tipo de escenarios, el precio por el servicio de trituración fluctúa entre los \$1.800 y los \$2.100 pesos por M3st, donde el precio menor corresponde a los trituradores de alta productividad como los de Biomasa Chile descrito en el párrafo anterior y los \$2.100 pesos por M3st a trituradores/astilladores de baja productividad como los de Tecsus.

Para este proyecto en particular, el precio del servicio de trituración no está dentro del rango anteriormente descrito, ya que las máquinas de cualquiera de las empresas anteriormente comentadas, no son las óptimas para las condiciones de terreno y de cantidad de biomasa por punto de acopio que tienen los predios de Forestal Celco Norte. Debido a esto, el rango de precios de \$1.800 a \$2.100 pesos por M3st no es válido para este proyecto.

iv. Descripción del mercado

Al año 2008, las superficies forestales plantadas en Chile alcanzan las 2.300.154 hectáreas¹, distribuidas entre las siguientes especies:

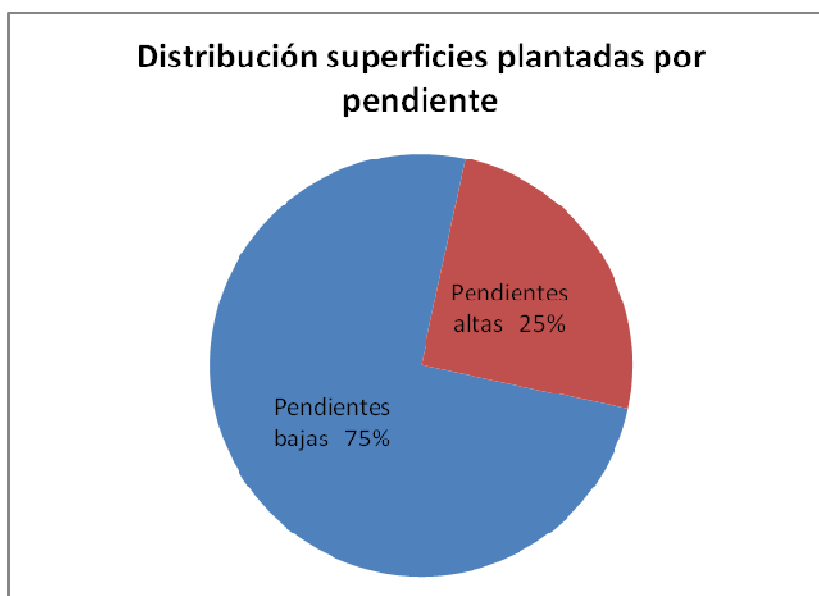


Fuente: Corporación Chilena de la madera. www.corma.cl

Esta superficie se puede además subdividir de acuerdo al grado de pendiente, debido al proceso de cosecha utilizado, en:

¹ Fuente: Corporación Chilena de la madera. www.corma.cl

- **Pendientes bajas:** aquellas donde la pendiente no supera el 35%.
- **Pendientes altas:** aquellas con pendientes superiores al 35%. Para la cosecha forestal en este tipo de superficie usualmente se utiliza el sistema de torre de maderéo.



Fuente: Proyección de acuerdo a información obtenida de licitaciones forestales, años 2010 y 2011.

De las especies mencionadas anteriormente, el eucalipto ha sido poco explotado debido principalmente a que, hasta la fecha, solo se ha encontrado 1 tipo de triturador, fabricado por Bandit Industries Inc, capaz de procesar este residuo, operación que se ha demostrado cara debido a las características del residuo, principalmente su dureza.

v. Producción de biomasa según pendiente

Pendientes bajas de Pino:

La explotación de los residuos de cosecha forestal se ha concentrado principalmente en este tipo de superficie. Esto debido a que son las superficies con el menor costo de extracción, donde:

- **No hay caminos con pendientes fuertes** que dificulten el acceso de camiones o maquinaria pesada.
- **No hay caminos sinuosos** donde sea una restricción el **radio de giro** del camión que traslada la maquinaria pesada o los camiones que transportan la biomasa.

- Hay **amplio espacio** para permitir el acomodamiento del triturador más la excavadora y el camión a ser cargado.
- La **concentración de biomasa por acopio** es elevada lo que permite mantener baja la cantidad de traslados para llegar al próximo punto de extracción, y por ende una alta utilización de la maquinaria.
- El residuo forestal tiene un **grado de contaminación** moderado a bajo, por tierra y piedras, lo que no genera mayores inconvenientes en el triturador, ya sea tiempos de para y costos de reparación, ni en el cliente al no recibir biomasa con alto grado de contaminación.

Para esta superficie, las maquinarias a utilizar ya están definidas y bien estudiadas. Estas máquinas son trituradores, montados sobre orugas de entre 700 a 1000 Hp de potencia, los que utilizan un molino con martillos que golpean los residuos sucesivamente hasta romperlos a un tamaño lo suficientemente pequeño como para dejarlo pasar a través de una criba o tamiz.

Se caracterizan por:

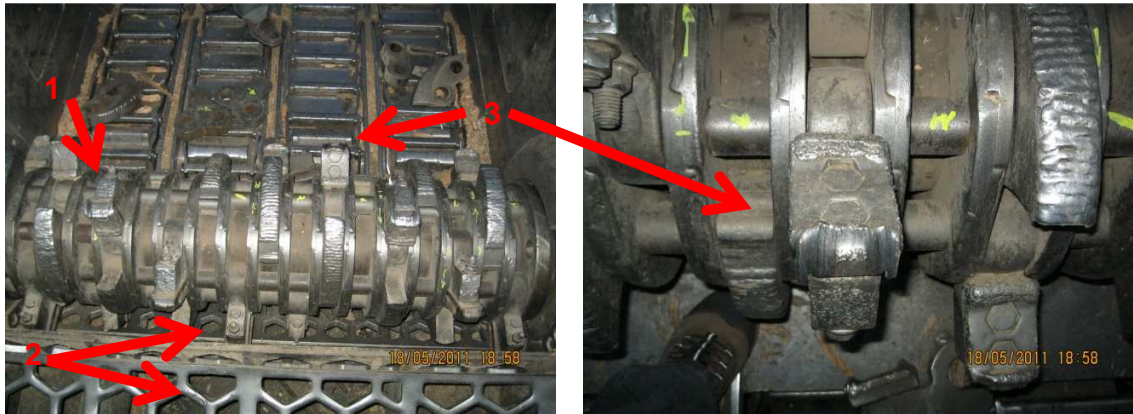
- **Ser altamente productivas:** llegando a productividades del orden de los 140 M3 estéreo por hora productiva.
- **Resistentes pero no inmune a las contaminaciones:** la tierra no les afecta mayormente, los fierros y piedras, dependiendo de su tamaño, pueden generar daño y tiempos perdidos.
- **Todo terreno:** al estar montadas sobre orugas tienen la capacidad de desplazarse dentro del predio.
- **Desplazamiento lento:** alcanzan una velocidad de desplazamiento máxima de 2 kilómetros por hora.



Triturador



Cama de alimentación del triturador



1. Molino de trituración
2. Cribas
- 3: Martillos

Pendientes altas de pino

Para esta superficie no se ha encontrado solución técnico/económica, debido a que:

- **Hay caminos con pendientes fuertes** que dificultan el acceso de camiones o maquinaria pesada, debido a que las elevadas pendientes exigen que el peso de la maquinaria este montado sobre los ejes de tracción, de lo contrario actúa como una especie de ancla y produce patinamiento en los ejes traccionados. Esto impide que los trituradores, los cuales para largas distancias son transportados sobre camas bajas, se puedan transportar hasta los acopios ubicados en cerros, debiendo ser descargados en la falda del cerro y subir auto propulsándose con sus orugas (2 Km / Hora) hasta las canchas en cuestión.



Caminos forestales en cerros ubicados en Arauco, VIII región.

La foto anterior muestra predios ubicados en cerros a los que no se puede ingresar un triturador montado en una cama baja, sino que debe auto propulsarse a la velocidad que le permitan las orugas.

- **Hay caminos sinuosos** donde es una restricción el **radio de giro** del camión que traslada la maquinaria pesada o los camiones que transportan la biomasa.
- **Hay poco espacio** para permitir el acomodamiento del triturador más la excavadora y el camión a ser cargado, incluso haciendo imposible el acceso a los trituradores convencionales canchas de acopio de biomasa. En canchas con pendiente, llamadas específicamente canchas de torre, el espacio es solo el suficiente para permitir la operación de cosecha forestal, una cancha circular de aproximadamente 60 metros de diámetro.
- La **concentración de biomasa por acopio es baja**, aproximadamente 350 M3 estéreo, lo que genera la necesidad de trasladarse continuamente entre una cancha y siguiente una distancia promedio 1 kilómetro, cada 2,5 a 3,5 horas de producción efectiva, bajando la utilización del triturador debido a la baja velocidad de traslado (2 km / Hora). Esto significa perder 60 minutos en traslado, 15 en preparación para el traslado + 30 de traslado efectivo + 15 de instalación en cancha, cada 2,5 a 3,5 horas, o
- El residuo forestal tiene un **grado de contaminación alto**, por tierra y piedras, lo que puede generar inconvenientes en el triturador, en tiempos de para y costos de reparación, y al cliente al recibir biomasa con alto grado de contaminación.

vi. Análisis de nichos de mercado

- **Pendientes bajas:** en este nicho, la empresa Biomasa Chile lleva 10 años de presencia, se ha especializado en él y tiene el liderazgo, por lo que intentar penetrar en este nicho significaría un riesgo no menor debido al mayor conocimiento del negocio que tiene esta empresa.
- **Pendientes altas:** este es el nicho definido como objetivo, para el cual se buscó y encontró la máquina adecuada que convierte las falencias de los trituradores convencionales en sus fortalezas.

5. Diseño técnico

a. Requisitos de la propuesta técnica

Para lograr capturar el nicho objetivo, las pendientes altas de pino, el equipo a seleccionar debe cumplir con los siguientes requisitos:

- **Pendientes elevadas:** poder acceder a este tipo de caminos sin patinar.
- **Radio de giro corto:** poder tomar curvas cerradas sin salirse del camino ni bloquear la pista contraria imposibilitando el paso de otro camión en sentido contrario.
- **Espacio operacional:** poder acceder, el equipo más el camión a cargar, en canchas de poco espacio.
- **Traslado rápido:** rápida preparación para y traslado entre acopios.
- **Contaminación:** resistente a un alto grado de contaminación en los acopios.
- **Granulometría:** lograr un producto con tamaño máximo de astilla de 12 centímetros.

b. Tecnologías disponibles

Los equipos de producción de biomasa se diferencian entre ellos dependiendo principalmente de los siguientes factores:

- 1) El tipo de material a astillar o triturar, dentro de los cuales podemos distinguir: árbol completo, troncos, residuos forestales (ramas, copa de árbol, etc).
- 2) La granulometría exigida por el cliente.
- 3) El grado de contaminación, por tierra, piedras o metales en el material.

La combinación de estos factores, ha generado nichos de desarrollo para distintas tecnologías, de las cuales las más comunes se mencionan a continuación:

i. Astilladores de tambor

Equipos que logran el proceso de reducción de tamaño de la madera a través del corte de esta por cuchillos montados en tambores rotatorios, que giran a velocidades superiores o iguales a las 500 RPM.

- **Tipo de material:** Están especialmente diseñados para trabajar con madera sólida y ordenada, alineada con respecto al tambor, sobre todo con troncos, árbol completo, o copas de árboles, donde su rendimiento productivo es el más elevado de las tecnologías disponibles en el mercado y su consumo de combustible por unidad de producción el más bajo.
También se utilizan para el astillado de residuos forestales como ramas, pero su rendimiento es bastante menor que con madera

sólida, ya sea por la menor densidad estéreo del material siendo astillado, como también por el desorden y falta de alineamiento de las ramas con respecto al tambor que usualmente entorpece la alimentación y por ende genera tiempos muertos.

- **Granulometría:** Logran granulometrías bastante estables y controlables, alcanzando tamaños de astilla usualmente aceptadas y deseadas por todos los clientes de biomasa.
- **Sensibilidad a contaminantes:** Debido al funcionamiento con cuchillos con filo y la alta velocidad de rotación del tambor, son altamente sensibles a contaminaciones por tierra, piedras o fierros.



Astillador Komptech montado sobre camión, alimentado por una grúa

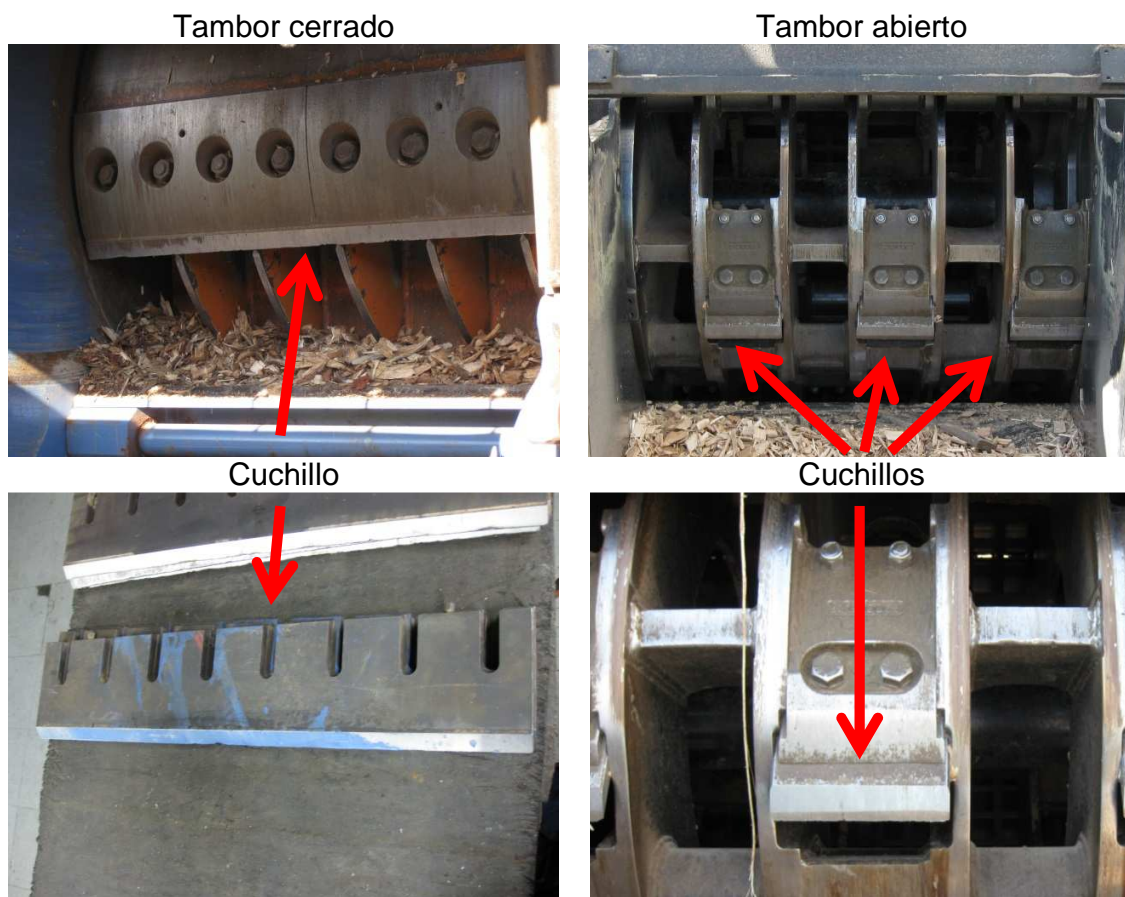


Granulometría producto final

Dentro de la categoría de los astilladores de tambor, se pueden distinguir 2 tipos, astilladores de tambor abierto y de tambor cerrado. El tambor cerrado se caracteriza por ser un cilindro completo, solamente tiene los espacios necesarios para el montaje de los cuchillos.

El tambor abierto se caracteriza por ser un cilindro formado por placas circulares paralelas entre sí, las que están separadas por un espacio que permite la entrada a la astilla generada, como también a eventuales contaminaciones, haciéndolo menos sensible a estas en comparación con un astillador de tambor cerrado.

La principal diferencia entre ambos es la mayor sensibilidad del rotor cerrado a contaminantes, por lo explicado anteriormente, y, de acuerdo a la experiencia del autor de este trabajo, los astilladores de rotor cerrado tienen una menor productividad que los de rotor abierto a una misma potencia de motor.



ii. Trituradores de martillos

Equipo ya descrito anteriormente, que logra la reducción de tamaño de la biomasa a través de golpear repetidamente los residuos forestales con martillos fijados en un rotor que gira aproximadamente a 500 RPM. El material que logra el tamaño aceptado pasa por una criba o harnero como producto terminado. El que no logra el tamaño aceptado se mantiene en la cámara de trituración, entre el rotor y la criba, donde sigue siendo golpeado hasta lograr el tamaño indicado.

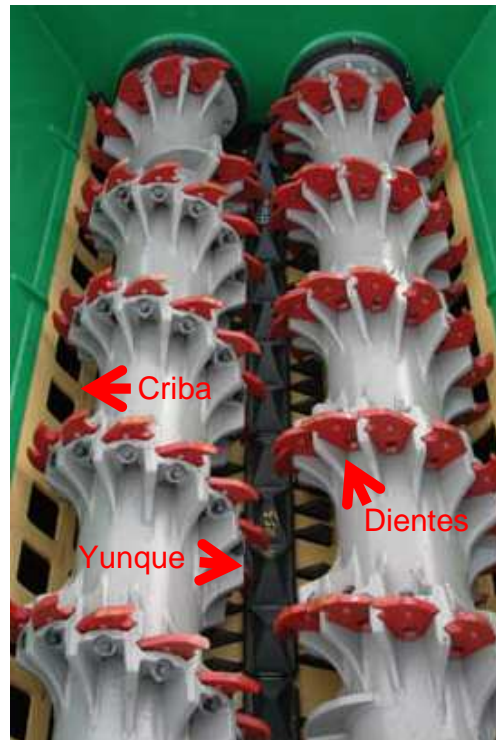
- **Tipo de material:** estos equipos están diseñados para trabajar principalmente con residuos forestales, ramas, donde son los equipos más productivos en comparación con los astilladores y los desmenuzadores (siguiente equipo a explicar). Pueden procesar troncos o arboles enteros, siempre y cuando sean de madera blanda, pero no logran la misma productividad que un astillador tiene en este material.
- **Granulometría:** Logran granulometrías relativamente estables, alcanzando tamaños de astilla mayores a los de un astillador. Pocas veces se puede escuchar una queja por parte de un cliente, al respecto de la granulometría entregada.
- **Sensibilidad a contaminantes:** Debido al funcionamiento con martillos, su sensibilidad a contaminantes como tierra y piedras es menor, pero contaminantes como fierros o piedras grandes si afectaran al equipo, eso si no en el mismo grado que se ve afectado un astillador.

iii. Desmenuzadores

Estos equipos logran el efecto de reducción de tamaño a través de 2 rodillos que giran en sentidos opuestos, a bajas revoluciones (40 RPM aprox) y alto torque, de tal forma de forzar el material entre ellos, utilizando dientes con la forma de garras, los que van desgarrando el material, forzándolo contra un yunque y contra la criba que está debajo de ellos, para así lograr reducirlo hasta el tamaño determinado por los hoyos de la criba.

- **Tipo de material:** de todos los equipos, este es el más versátil, siendo capaz de triturar cualquier tipo de material, árbol completo, troncos, ramas, copas de árboles y otros residuos forestales como lo son las raíces.
- **Granulometría:** la granulometría de este equipo varía dependiendo del tamaño de los hoyos de la criba instalada, afectando de manera relevante el rendimiento del equipo cuando se instalan cribas de hoyos muy pequeños, debido a la restricción que genera al paso del material. El tamaño de astilla que entrega el equipo, con un rendimiento productivo estándar, podría eventualmente llegar a ser considerado como grande por el consumidor final, por lo que se debe validar previamente con este el tamaño que para él es considerado como aceptado y verificar si el rendimiento productivo asociado a ese tamaño permite una operación rentable del equipo.

- **Sensibilidad a contaminantes:** Debido a las bajas revoluciones de los rotores, y además a la capacidad de estos de detenerse completamente y girar en sentido contrario, en caso de encontrar un material demasiado duro de romper, como piedras o fierros, se considera que estos equipos son los más resistentes a contaminaciones, de todos los equipos existentes en el mercado.



Rotores helicoidales desmenuzador

c. Configuraciones de equipos

Los equipos, ya sean astilladores, trituradores o desmenuzadores, pueden venir en distintas configuraciones de movilidad, como también configuraciones autónomas donde se conjuga el equipo de trituración más el equipo alimentador y un equipo de transporte que mueve el conjunto.

Las configuraciones más comunes actualmente son las siguientes:

i. Equipo solo

- Sobre orugas. Este equipo presenta una alta capacidad de tránsito en todo tipo de terreno, pero una limitada velocidad de desplazamiento de no más

de 2 kilómetros por hora. Para trasladarlo en carretera es necesario utilizar una cama baja.

- Sobre carro de arrastre. La movilidad de este equipo depende de la máquina que lo desplace, siendo la más común un camión. No presenta problema alguno al desplazarse en carretera o caminos forestales, siempre y cuando no sea en pendientes fuertes, donde el peso del equipo actúa como un tipo de ancla, produciendo patinamiento en el camión.
- Sobre rieles para sistema de traslado con gancho amply roll. La movilidad de este equipo depende de la máquina que lo desplace, siendo la más común un camión. No presenta problema alguno al desplazarse en carretera o caminos forestales, sin restricción de pendientes, ya que al estar montado sobre el chasis del camión, aporta todo su peso a los ejes de tracción, eliminando cualquier posibilidad de efecto ancla y consecuente patinamiento.



Orugas



Carro de arrastre



Gancho Amply roll

ii. **Equipo integrado o autónomo:**

- Sobre forwarder, con grúa incorporada. Este equipo presenta una alta capacidad de movilidad, en cualquier tipo de terreno, incluso con la capacidad de ingresar al predio. Puede alcanzar una velocidad de 40

kilómetros por hora (no de manera continua). Es un equipo autónomo, al contar con una grúa que lo abastece. No puede transitar por carretera a menos que sea trasladado sobre cama baja.

- Sobre camión, con grúa incorporada. Este equipo presenta una movilidad limitada solamente a donde puede entrar el camión, es decir carreteras y caminos forestales. Puede alcanzar la misma velocidad que un camión convencional. Es un equipo autónomo, al contar con una grúa que lo abastece.

Los equipos integrados o autónomos se han limitado principalmente a astilladores. Solo la fábrica CBI ha desarrollado un prototipo de triturador integrado montado sobre camión, sin éxito aparentemente ya que no lo ofrecen como equipo de línea. Komptech ha sido la única compañía que ha desarrollado 1 desmenuzador integrado sobre camión, el cual es ofrecido al mercado.



Sobre Forwarder



Sobre Camión

d. Opciones de equipos

Para lograr cumplir con los requisitos técnicos identificados anteriormente, se determinó que el equipo a seleccionar debe contar con todas o algunas de siguientes características:

- Estar **montado sobre camión** con al menos 2 ejes traccionados en los que se soporte el mayor peso del equipo, para cumplir con los requisitos de *pendientes elevadas, radios de giro corto y traslado rápido*.
- Ser un **equipo integrado**, es decir, el triturador y la grúa alimentadora deben estar ambos montados en el mismo camión, para cumplir con los requisitos de *espacio operacional y traslado rápido*.

- Realizar el triturado a la **menor velocidad de rotor** posible (RPM) para así ser más resistente a contaminaciones y reducir el desgaste de piezas por tierra, para cumplir con el requisito *contaminación*.
- Ser capaz de regular el tamaño de la astilla resultante, para poder cumplir con el requisito de *granulometría*.

Los equipos seleccionados, actualmente disponibles en el mercado, que cumplen con todas o algunas de estas características son los siguientes:

- **Chipper Truck 582**, marca JENZ, equipo astillador montado sobre camión donde el efecto de trituración es realizado por 12 cuchillos fijados a un rotor abierto que gira a 560 RPM.
- **Chippo 5010 Direct C**, marca Komptech, equipo astillador montado sobre camión donde el efecto de trituración es realizado por 12 cuchillos fijados a un rotor abierto que gira a 560 RPM.
- **Crambo 5000 Direct**, marca Komptech, equipo desfibrador montado sobre camión donde el efecto de trituración es realizado por 2 rotores helicoidales que giran a 42 RPM.

e. Comparación equipos

En la tabla siguiente se ilustra el grado de cumplimiento de los equipos seleccionados, sobre los requisitos identificados. En esta se comparan los equipos calificándolos con nota de 1 a 7, siendo 1 No cumple y 7 Cumple totalmente el requisito:

Tipo de equipo Requisito	Astillador		Triturador
	Chipper Truck 582	Chippo 5010 Direct C	Crambo 5000 Direct
Pendientes elevadas	7	7	7
Radio de giro corto	7	7	7
Espacio operacional	7	7	7
Traslado rápido	7	7	7
Contaminación *	2,5	2,5	7
Granulometría **	7	7	5,5
Nota General	6,3	6,3	6,8
<i>Extracción de contaminación ***</i>	4	4	7
Nota Final ****	5,9	5,9	6,8

* La baja nota de los astilladores en relación a la contaminación es producto de las elevadas RPM a la que producen el astillado, lo que los hace más sensibles a cualquier tipo de contaminantes, elemento bastante relevante en el nicho de mercado objetivo.

** La baja nota del Crambo en términos de granulometría es debido a que entrega un producto de mayor tamaño que un astillador, “eventualmente” requiriendo de un reproceso en destino final, pero que para la mayoría de los clientes se considera irrelevante debido a que ya cuentan con trituradores de reproceso en su línea.

*** La extracción de contaminación, específicamente finos, es una característica propia del triturador Crambo, gracias a un equipo opcional que permite limpiar el material triturado y por ende entregar un producto de alta calidad. Esto no es un requisito sino más bien un valor agregado para el cliente, por lo que se le asigna una nota 4 a ambos astilladores y 7 al Crambo.

**** La Nota Final incluye la nota por la “extracción de contaminación”

Es necesario mencionar que la alta sensibilidad de los astilladores a la contaminación no los hace apropiados para este nicho de mercado, dejando como única opción el triturador Crambo 5000 Direct.

f. El equipo

De todos los equipos de trituración revisados, se determinó que el equipo adecuado para el nicho objetivo es el triturador **CRAMBO 5000 DIRECT**, fabricado por **KOMPTECH**, el cual fue diseñado específicamente para este tipo de aplicación² (Crambo Forest), que tiene las siguientes características:

- Equipo triturador en base a 2 rotores helicoidales girando a bajas revoluciones (36 RPM) y alto torque, permitiendo así detener el giro en caso de haber algún contaminante duro como fierro o piedras. **Diseñado para todo tipo de madera.**
- Montado sobre camión 8 x 4, para acceder a caminos forestales con pendientes agresivas y radios de giro corto. Desplazamiento rápido desde un acopio a otro.
- Equipo alimentador y triturador en una sola unidad montado sobre camión, disminuyendo la necesidad de traslados de equipos, personal contratado (menos operadores) y necesidad de espacio operacional.
- Cinta de descarga corta direccional (opcional) que permite cargar camiones en paralelo, disminuyendo la necesidad de espacio operacional.
- Sistema de separación de finos / tierra (opcional) que elimina las partículas finas del material triturado permitiendo procesar acopios con alto contenido de contaminación por tierra y entregar un producto de alta calidad.



Tritrador Crambo sobre camión



Alimentación directa al triturador,
rotores helicoidales

² Revista para los clientes, 1era edición año 2007, www.komptech.com



Diente



Criba



Resistencia a contaminaciones



Cinta corta direccional



Separador de tierra/finos

g. Otras oportunidades

Cabe mencionar que este equipo (Crambo) también abre la posibilidad de acceder a otro tipo de nichos no explotados actualmente por los trituradores convencionales, como son la trituración de residuos industriales como pallets o también raíces de árboles, residuos que actualmente ningún otro triturador puede procesar directamente sin un proceso previo. Esto debido principalmente por la

capacidad del Crambo de triturar materiales de dimensiones superiores a sus rotores y además por tener la capacidad de extraer la tierra en caso de ser necesario cuando un residuo está demasiado contaminado.



Triturado de raíces *

* Ningún triturador en Chile puede triturar raíces sin un proceso de pre trituración anterior.

6. Diseño del Negocio

El negocio se diseñó de acuerdo a las necesidades del cliente expresadas en las bases de licitación del servicio al cual se postuló en mayo del 2011, en donde se solicitaba la tarifa por servicio de producción y transporte de biomasa a partir de residuos forestales.

a. La oportunidad de negocios

i. Antecedentes generales de la licitación

La oportunidad de negocios estaba ligada a la licitación de servicios abierta por la empresa Forestal Celco división Norte. Esta tenía como objetivo la producción y transporte de biomasa a las plantas de Viñales, Licancel y Teno, localizadas en la VII región, por un volumen de 550.000 metros cúbicos estéreo anuales (M3st abreviado) provenientes de residuos forestales de predios ubicados a una distancia promedio de 80 kilómetros.

De este volumen, un 26% corresponde a pendientes altas de pino y el 74% restante a pendientes bajas de pino.

Las propuestas de servicio no necesariamente debían incluir producción y transporte, se podía ofrecer propuestas solo para 1 de estos servicios.

El inicio de las operaciones estaba considerado para Enero del 2012.

ii. Requisitos técnicos

Debido a elevadas exigencias de las plantas en cuanto a granulometría, el cliente definió como requisito “no excluyente” que la tecnología a utilizar para la trituración de la biomasa fuera astillado.

Se permitía ofrecer otra tecnología como los trituradores de martillos u otros, siempre y cuando signifique una reducción de costo en el servicio cotizado y además que se cumpla con la granulometría exigida.

iii. Programa de producción

Se debe considerar producción continua durante los 12 meses del año, con horarios de recepción de camiones en planta, de lunes a viernes desde las 08:00 hasta las 23:00, y el sábado desde las 08:00 hasta las 16:00.

iv. Plazo de evaluación

La inversión debería amortizarse en un periodo de 5 o 7 años máximo, con la debida justificación en caso de ser 7 años.

v. Tarificación

La forma de tarificación utilizada comúnmente en los servicios de biomasa es el valor expresado en pesos chilenos por cada metro cúbico estéreo producido de biomasa entregada en planta.

b. La propuesta

i. Servicio a ofrecer

Debido a experiencias anteriores con servicios de transporte, se definió que Reloncavi no participaría de negocios relacionados con el transporte de carga, por lo que la oferta de servicios se limitó a la producción de biomasa para las 3 plantas, por los 550.000 metros cúbicos estéreo anuales. No obstante lo anterior, Reloncavi se comprometió a buscar 1 prestador de servicio de transporte que pudiera ser contratado por este para el transporte de la totalidad de la producción.

ii. Tecnología a utilizar

Debido al requerimiento específico del cliente, en cuanto a que la tecnología a utilizar debe ser astillado, se consideró ofrecer un mix de equipos en donde se calculó la cantidad de Crambo 5000 Direct necesarios para los pendientes altos de pino, y la cantidad de astilladores necesarios para los pendientes bajos, en las cuales el grado de contaminación del residuo forestal debería ser menor por las diferencias en los procesos de cosecha utilizados.

De los 2 astilladores investigados, Chippertruck 582 y Chippo 5010, se determinó que el Chippertruck 582 de la marca JENZ es el más adecuado para el proyecto, debido a:

- **Precio:** el valor del Chippertruck 582 era 65.000 euros más económico que el Chippo 5010.
- **Evaluación técnica:** ambos tienen la misma evaluación en términos de adecuación para los pendientes altos de pino. Si bien se detectó, de acuerdo a lo indicado por Komptech, la competencia de JENZ, que durante la operación existía el riesgo de calentamiento del motor del Chippertruck 582, se determinó que este riesgo era manejable y corregible en caso de presentarse algún problema.
- **Soporte técnico:** ambos equipos están montados sobre camión MAN, donde el soporte técnico es entregado por MACO. Con respecto al astillador, el soporte técnico del Chippertruck es entregado por TECSUS, empresa con experiencia en estos equipos, mientras que el soporte técnico del Chippo es entregado por RAICO, empresa sin experiencia en este tipo de equipo pero con gran experiencia en distintos tipos de maquinaria pesada. En este aspecto, se considera que ambos equipos tienen soporte técnico similar.

iii. Capacidades de producción por equipo

La capacidad de producción mensual de cada equipo se calculó considerando los siguientes parámetros:

- Turnos de trabajo por día:	2 turnos
- Horas de trabajo por día:	15 horas
- Tasa de ocupación diaria Crambo:	78,84%
- Tasa de ocupación diaria Chippertruck:	76,16%
- Días de trabajo por año:	272

Considerando las tasas de producción de cada equipo, 70 M3st para el Chippertruck y 66 M3st para el Crambo, se obtiene que la producción anual de cada equipo asciende a:

- Chippertruck 582:	217.504 M3st
- Crambo Direct 5000:	212.293 M3st

iv. Equipos necesarios

De acuerdo a las bases de licitación, la cantidad de equipos necesarios son:

- **1 Crambo Direct 5000**, con una capacidad de 212.293 M3st, para procesar los residuos de las pendientes altas de pino, 26% del total de la licitación o 143.000 M3st anuales.
- **2 Chippertruck 582**, con una capacidad de 435.008 M3st, para procesar los residuos de las de pendientes bajas de pino, 74% del total de a licitación o 407.000 M3st anuales.
- **1 Chippertruck 582**, a modo de equipo stand by en caso de alguna pana mayor no presupuestada de alguno de los 3 equipos productivos.
- **4 Carros de camión**, para disminuir los tiempos perdidos por falta de camión. Estos serían remolcados por cada equipo productivo a la faena, para que en caso de no haber camión sobre el cual producir, producir sobre el carro, lo que permitiría producir por ½ hora mientras llegue el próximo camión.

v. Turnos de trabajo

De acuerdo a la capacidad de producción requerida, es necesario trabajar 2 turnos diarios, de 8 horas cada uno, por cada una de las 3 máquinas destinadas a la producción, programados de la siguiente manera:

- **Lunes a viernes:** producción desde las 07:00 hasta las 23:00.
- **Sábado:** producción desde las 07:00 hasta las 15:00, mantención desde las 15:00 hasta las 23:00.

vi. Base de operaciones

Dado que:

- Forestal Celco división norte tiene base en Constitución.
- La mayoría de las empresas contratistas de cosecha que prestan servicio a Forestal Celco división norte tienen base en Constitución.
- Planta Viñales se ubica a menos de 10 kilómetros de Constitución

se consideró que ubicar la base de operaciones en Constitución versus otra ciudad como Talca era la mejor opción.

7. Evaluación Económica

a. Parámetros de evaluación

i. Variables macroeconómicas

Las variables macroeconómicas utilizadas para la evaluación son las correspondientes al 4 de julio del 2011, listadas a continuación:

Indicador	Valor \$
Tipo de cambio Euro	676,31
Valor UF	22.627,36
Tasa de cambio US	465,98
Tipo cambio US / Euro	1,451
Precio Petróleo Producción	435,00
Precio Petróleo Traslado	492,00

ii. Variables operativas relevantes

De acuerdo a análisis de sensibilizaciones realizadas, se encontró que las variables indicadas a continuación influyen significativamente en el resultado de la evaluación:

Variable	Chippertruck 582	Crambo 5000 Direct	Unidad
Rendimiento Productivo	70	66	M3st / Hora
Consumo Petróleo	0,40	0,76	Lt / M3st
Disponibilidad mecánica	85%	85%	
Horas perdidas por Falta de camión	0		Horas
Días perdidos por paradas de planta	0		Días

iii. Tasa de descuento

Se consideró exigir una tasa de descuento de un 12% anual.

iv. Periodo de evaluación

Debido al elevado valor de inversión, es necesario considerar un periodo de 7 años de amortización de la inversión para lograr una tarifa competitiva, teniendo en cuenta además que los equipos son capaces de durar 7 años.

b. Inversión

En la tabla a continuación se detallan los equipos necesarios y sus respectivos costos de adquisición:

Ítem	Cantidad	Precio Unitario US	Total inversión US
Chipper Truck 582	3	760.119	2.280.358
Crambo 5000 C Direct	1	1.008.689	1.008.689
Carros de camión	4	50.000	200.000
Implementación faena	1	106.228	106.228
Otras inversiones	1	71.248	71.248
Total			3.666.522

c. Costos Fijos

Los costos fijos anuales se detallan en la tabla a continuación:

Costos Fijos	US
Administración	438.654
Personal Operaciones Astilladores	199.631
Personal Operaciones Triturador	99.815
Turno de relevo	49.908
Otros Costos Fijos	68.205
Total costos Fijos	856.214

De los costos anteriores, se puede destacar los siguientes:

i. Personal operativo

Se consideró el siguiente personal por equipo productivo por turno (6 turnos productivos):

- Operadores de equipo: 1
- Mecánico mantenedor: 1

Total personal operativo: **14** personas, incluyendo 1 turno de relevo.

ii. Personal administrativo

- Gerente de proyecto: 1
- Supervisor de operaciones: 1
- Administrativo operativo: 1
- Prevencionista de riesgos: 1
- Bodeguero: 1

Total personal administrativo: **5** personas, sin contar personal contable de apoyo.

iii. Apoyo oficinas centrales

Se valorizo el apoyo de las oficinas centrales en US 200.000 anuales

d. Costos Variables

Los costos variables están asociados principalmente

i. Camión del astillador y triturador

Camión Mann	
Ítem	US / Hora
Petróleo	27,87
Mantenición	1,19
Reparación	9,48
Neumáticos	4,72
Total	43,26

ii. Astillador Chippertruck 582

Astillador JENZ 582	
Ítem	US / M3
Petróleo	0,37
Piezas desgaste	1,12
Reparaciones	0,15
Otras Reparaciones	0,08
Total	1,72

iii. Triturador Crambo 5000 Direct

Crambo 5000 Direct	
Ítem	US / M3
Petróleo	0,71
Piezas Desgaste	0,53
CMR	0,30
Mantenición	0,14
Total	1,67

iv. Camionetas personal

Camionetas arrendadas	
Item	US / Mes
Petroleo	5.856
CMR	0
Arriendo mensual	11.654
Depreciación	0
Total x camioneta	17.510
Total camionetas (9)	157.594

Los costos variables identificados se detallan en la tabla a continuación:

Costos Variables		
Item	US	Unidad
Traslados JENZ	43,26	US / Hora
Traslados CRAMBO	43,26	US / Hora
Producción ChipperTruck	1,87	US / M3st
Producción Crambo	1,83	US / M3st
Vehículos de traslado	157.594	US / Año
Otros Costos	71.307	US / Año

e. Depreciación de los activos

La depreciación se consideró lineal, a 7 años para el total de la inversión.

f. Cálculo de tarifa

La tarifa a aplicar se calculó considerando una Tasa interna de retorno después de impuesto mínima esperada de 15%

De acuerdo a esto, la tarifa resultante es de **2.660 \$ / M3st.**

g. Financiamiento

Para efectos de evaluación se consideró financiamiento propio de la inversión.

h. Flujo de caja

ITEM / AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7
Inversion		-3.666.522							
Ingresos									
Servicio triturado biomasa (\$ / M3st)	2.660		3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620
Total Ingresos			3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620	3.139.620
Egresos									
Costos Fijos									
Administración (US / Año)	438.654		-438.654	-438.654	-438.654	-438.654	-438.654	-438.654	-438.654
Personal (US / Año)	349.354		-349.354	-349.354	-349.354	-349.354	-349.354	-349.354	-349.354
Otros Costos Fijos (US / Año)	68.205		-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205
Costos Variables									
Traslados JENZ (US / Hora)	43,26		-18.121	-18.121	-18.121	-18.121	-18.121	-18.121	-18.121
Traslados CRAMBO (US / Hora)	43,26		-9.302	-9.302	-9.302	-9.302	-9.302	-9.302	-9.302
Producción ChipperTruck (US / M3st)	1,87		-698.197	-698.197	-698.197	-698.197	-698.197	-698.197	-698.197
Producción Crambo (US / M3st)	1,83		-353.752	-353.752	-353.752	-353.752	-353.752	-353.752	-353.752
Vehículos de traslado (US / Año)	157.594		-157.594	-157.594	-157.594	-157.594	-157.594	-157.594	-157.594
Otros Costos			-71.307	-71.307	-71.307	-71.307	-71.307	-71.307	-71.307
Total Egresos			-2.164.487	-2.164.487	-2.164.487	-2.164.487	-2.164.487	-2.164.487	-2.164.487
Flujo antes impuesto		-3.666.522	975.133	975.133	975.133	975.133	975.133	975.133	975.133
Depreciación			-523.789	-523.789	-523.789	-523.789	-523.789	-523.789	-523.789
Resultado antes impuesto			451.344	451.344	451.344	451.344	451.344	451.344	451.344
Impuesto 20,0%			-90.269	-90.269	-90.269	-90.269	-90.269	-90.269	-90.269
Flujo despues de impuesto		-3.666.522	884.864	884.864	884.864	884.864	884.864	884.864	884.864
Resultado neto			361.075	361.075	361.075	361.075	361.075	361.075	361.075

i. Van y Tir

El Valor actual neto después de impuestos resultante es de **US 371.782**

La Tasa interna de retorno después de impuestos resultante es de **15,14%**

8. Implementación

La adjudicación de la licitación fue comunicada por el cliente a Reloncaví en Julio del 2011. Luego de esta comunicación, Reloncaví comenzó la implementación de este proyecto siguiendo los siguientes pasos:

a. Definición de maquinarias

Luego de adjudicarse la prestación de servicio, Reloncaví debió definir el mix de máquinas en las que invertiría y confirmarlo previamente con el cliente, esto debido a que la propuesta inicial al cliente era por la prestación de servicio utilizando 4 Chippertrucks. Para esto, el ejecutivo a cargo de la formulación y evaluación del proyecto viajó a los lugares donde se pudiera ver en operación el triturador Crambo 5000 Direct, para poder estimar si la máquina sería apropiada para incluirla en el mix de equipos y ofrecerla al cliente.

b. Presentación de mix de máquinas al cliente

Habiendo comprobado en terreno el desempeño del triturador Crambo 5000 Direct, Reloncaví presentó la máquina al cliente, indicándole que, contando con su aprobación, cambiaría 1 Chippertruck por 1 Crambo 5000 Direct destinado principalmente a procesar todos los residuos forestales altamente contaminados como aquellos encontrados en las pendientes altas de pino (cosecha forestal utilizando torre de maderéo). El cliente aceptó la propuesta.

c. Firma de compromiso por parte del cliente

Debido a que la definición de un contrato de prestación de servicio tomaría más tiempo que lo necesario para emitir las órdenes de compra para comenzar la fabricación de las máquinas, Reloncaví solicitó al cliente la firma de un documento que respalde la inversión que esta estaba asumiendo.

d. Emisión de órdenes de compra de máquinas

Luego de la firma del compromiso por parte del cliente, Reloncaví procedió a la emisión de las órdenes de compra correspondientes.

La fabricación de las máquinas tomaría un tiempo considerable, llegando a Chile de acuerdo al siguiente programa inicial:

- Chippertruck N 1: principios de Enero del 2012
- Chippertruck N 2: finales de Enero del 2012
- Chippertruck N 3: mediados de Febrero del 2012
- Crambo 5000 Direct: Julio del 2012

Debido al largo plazo de fabricación del Crambo 5000 Direct, la fábrica (Komptech) se comprometió al envío de una unidad Crambo 5000 montada sobre carro, a principios de enero del 2012, para ser arrendada por Reloncaví mientras se esperaba por el Crambo 5000 Direct.

e. Contratación de personal de supervisión

A 2 meses de iniciar las operaciones, se inició el proceso de contratación del personal que supervisaría las operaciones directamente, esto es en noviembre del 2011.

f. Contratación de personal de operación para las primeras máquinas a recepcionar.

En diciembre del 2011, a vísperas de la llegada de la primera máquina, se procedió a la contratación del personal operativo, operador y mecánico de turno, que operaría el Crambo 5000 sobre carro.

g. Recepción de las máquinas

La primera máquina llegó a mediados de enero del 2012, siendo el Crambo 5000 sobre carro.

El primer Chippertruck llegó a finales de marzo del 2012, el segundo a mediados de abril, el tercero a inicios de mayo del mismo año.

El Crambo 5000 Direct llegó a mediados de diciembre del 2012.

h. Capacitación en operación de máquinas recepcionadas

Para la llegada de cada una de las máquinas, personal de cada una de las fábricas o representantes de la marca viajó a terreno a realizar una capacitación en la operación y mantenimiento de cada equipo.

i. Definición de la base de operaciones

Debido a la cercanía de los predios donde se operaría, la cercanía a las plantas que consumirán la biomasa y además siguiendo el ejemplo de la mayoría de los contratistas que prestan servicios a Forestal Celco Norte, se definió que la base de operaciones debía ser en Constitución. La base de operaciones se implementaría una vez estuviera el proyecto en marcha.

j. Puesta en operación del servicio

La puesta en marcha del servicio fue gradual durante el año 2012, de acuerdo a la puesta en marcha de las plantas que consumirían la biomasa, que tardo más allá de lo programado inicialmente (Enero del 2012).

k. Definición y firma de contrato

La definición y firma del contrato de prestación de servicio se fue trabajando en conjunto con el cliente y se firmó durante el año 2012.

9. Post Evaluación

En este capítulo se realizará una comparación entre la evaluación y la realidad, recabando datos de la operación y realizando una estimación del flujo de caja, VAN y TIR. Se debe tener en cuenta que esta es una estimación que intentará reflejar el comportamiento real del proyecto, en ningún caso son datos reales que puedan comprometer información confidencial de la empresa Servicios Portuarios Reloncavi Ltda.

a. Principales desviaciones

i. Variables operativas equipo Chippertruck 582

Las principales desviaciones encontradas en la ejecución del proyecto con respecto a este equipo, ya sean positivas como negativas, se muestran en la tabla a continuación:

Chippertruck 582			
Item	Evaluación	Real	Desviación
Rendimiento Productivo (M3st / Hr)	70,0	85,0	21,43%
Consumo Petróleo (Lt / M3st)	0,40	0,44	10,29%
Disponibilidad mecánica (%)	85%	50%	-41,18%

Como se puede apreciar en la tabla, el equipo Chippertruck presenta una disponibilidad mecánica bastante menor que lo evaluado, principalmente debido al calentamiento del motor del equipo, lo cual fue un riesgo advertido en la evaluación, el que se decidió asumir, además de fallas mecánicas inesperadas y problemas de abastecimiento de repuestos. El calentamiento del equipo disminuyó la cantidad de horas operativas que el equipo puede operar, y aunque se exploró alternativas para superar este problema, no se logró corregir.

En términos de rendimiento productivo, el equipo es más productivo que lo evaluado, principalmente debido a que en la evaluación se castigó bastante este indicador, a modo de resguardo.

ii. Variables operativas equipo Crambo 5000

Las principales desviaciones encontradas en la ejecución del proyecto con respecto a este equipo, se muestran en la tabla a continuación:

Crambo 5000 Direct			
Item	Evaluación	Real	Desviación
Rendimiento Productivo (M3st / Hr)	66,0	80,0	21,21%
Consumo Petróleo (Lt / M3st)	0,76	0,69	-9,25%
Disponibilidad mecánica (%)	85%	90%	5,88%

Este equipo es considerado un acierto para el proyecto. Logra rendimientos productivos bastante mayores que lo evaluado, menor consumo de petróleo y una disponibilidad mecánica mejor que lo evaluado.

iii. Variables de la industria

Una de las más importantes y mayores desviaciones ha sido la falta de camiones para la producción y transporte de biomasa. Esta variable, que originalmente se consideró 0 horas por falta de camión, paso a ser una de las

más relevantes variables del proyecto, al perder **30%** de las horas diarias de trabajo por falta de camión, es decir 4,5 horas diarias.

iv. Contratación de personal

En la evaluación se había considerado la contratación de un Gerente de proyecto y un Prevencionista de Riesgos exclusivos para este proyecto, lo que no fue necesario, generándose así un ahorro de US 120.428 anuales.

v. Errores de evaluación económica

En la evaluación económica no se consideró gastos de puesta en marcha ni capital de trabajo, los que se estiman fueron del orden de US 287.070, en los que se considera el financiamiento de 60 días de todo el personal de operación y administración más 50 días de costos variables y de producción, debido a que el pago de la producción se realiza aproximadamente 20 días después del mes de producción vencido.

Además se consideró que el valor residual de los equipos es 0, cuando se estima los Chipper Truck se podrán vender a un 10% de su valor inicial y el Crambo Direct en un 10%, ascendiendo a un total de US 328.905.

b. Efectos de las desviaciones

De las desviaciones anteriormente mencionadas, las más relevantes son la dramática menor disponibilidad mecánica de los Chippertruck, 50% versus 85% presupuestado, y la excesiva falta de camión, 4,5 versus 0 horas de falta de camión presupuestada, debido a que en conjunto estas dos desviaciones hicieron imposible lograr la producción mensual de 45.833 M3st requeridos por el cliente.

Para lograr mitigar las bajas producciones, se implementó la producción con el equipo originalmente considerado de respaldo (producción con los 4 equipos), redestinando el turno de relevo a producción continua y contratando 1 turno adicional a lo evaluado originalmente para terminar con 8 turnos de producción de 6 originalmente evaluados.

A pesar de las medidas tomadas, el volumen mensual no ha logrado superar los 40.000 M3st.

i. Efecto sobre las ventas

Tal como se indicó anteriormente, producto de la menor disponibilidad mecánica y la falta de camión, el volumen de producción mensual disminuyó de los 45.833 M3st estimados en la evaluación a aproximadamente 39.484 M3st, un 13,85% menos que lo evaluado.

ii. Efecto sobre la inversión

Debido a los errores en la evaluación, en términos de capital de trabajo y puesta en marcha, más la necesidad de implementar y hacer producir el equipo de respaldo y además la decisión de no implementar los carros de camión para disminuir el efecto de la falta de camión, se estima se generaron las siguientes diferencias:

Ítem	Evaluación (US)	Real estimado (US)	Diferencia (US)
Chipper Truck 582	2.280.358	2.280.358	0
Crambo 5000 C Direct	1.008.689	1.008.689	0
Carros de camión	200.000	0	-200.000
Implementación faena	106.228	141.637	35.409
Capital de Trabajo	0	287.070	287.070
Otras inversiones	71.248	71.248	0
Total Inversión	3.666.522	3.789.002	122.479

iii. Efecto sobre los Costos Fijos

La no contratación de personal administrativo más la contratación de 1 turno adicional tuvo un efecto neto positivo en el proyecto, generando un ahorro estimado de 70.521 US anuales, lo que puede apreciarse en la tabla a continuación:

Ítem	Evaluación (US)	Real estimado (US)	Diferencia (US)
Administración	438.654	318.226	-120.428
Personal Operaciones Astilladores	199.631	299.446	99.815
Personal Operaciones Triturador	99.815	99.815	0
Turno de relevo	49.908	0	-49.908
Otros Costos Fijos	68.205	68.205	0
Total Costos Fijos	856.214	785.693	-70.521

Como muestra la tabla, el ahorro en los costos administrativos más la utilización del turno de relevo en producción compenso el mayor costo por contratación de 1 turno adicional.

iv. Efecto sobre los Costos Variables

Las variaciones principales en los costos variables fueron producidas por el considerable mayor rendimiento productivo del triturador Crambo, que genero un menor costo de producción para este equipo, y el mayor costo en equipos de traslado de personal por la implementación de 2 turnos de producción, el de relevo más uno adicional contratado. Esto se puede constatar en la tabla a continuación:

Ítem	Evaluación	Real estimado	Diferencia	Unidad	Efecto Anual US
Traslados JENZ	43,26	43,26	0,00	US / Hora	0
Traslados CRAMBO	43,26	43,26	0,00	US / Hora	0
Producción ChipperTruck	1,87	1,89	0,01	US / M3	3.524
Producción Crambo	1,83	1,74	-0,09	US / M3	-17.032
Vehículos de traslado	157.594	192.615	35.021	US / Año	35.021
Otros Costos	71.307	65.279	-6.028	US / Año	-6.028
Desviación Total					15.485

Como muestra la tabla, el costo de producción del Crambo y el aumento de costos en vehículos de traslado son las variaciones más relevantes. La desviación total anual alcanza los US 15.485 de mayor costo.

v. Flujo de caja real estimado

ITEM / AÑO		0	1	2	3	4	5	6	7
Inversion		-3.789.002							
Ingresos									
Servicio triturado biomasa (\$ / M3st)	2.660		2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714
Valor residual equipos									328.905
Total Ingresos			2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	2.704.714	3.033.619
Egresos									
Costos Fijos									
Administración (US / Año)	318.226		-318.226	-318.226	-318.226	-318.226	-318.226	-318.226	-318.226
Personal (US / Año)	399.262		-399.262	-399.262	-399.262	-399.262	-399.262	-399.262	-399.262
Otros Costos Fijos (US / Año)	68.205		-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205	-68.205
Costos Variables									
Traslados JENZ (US / Hora)	43,26		-44.501	-44.501	-44.501	-44.501	-44.501	-44.501	-44.501
Traslados CRAMBO (US / Hora)	43,26		-11.422	-11.422	-11.422	-11.422	-11.422	-11.422	-11.422
Producción ChipperTruck (US / M3st)	1,89		-575.621	-575.621	-575.621	-575.621	-575.621	-575.621	-575.621
Producción Crambo (US / M3st)	1,74		-316.483	-316.483	-316.483	-316.483	-316.483	-316.483	-316.483
Vehículos de traslado (US / Año)	192.615		-192.615	-192.615	-192.615	-192.615	-192.615	-192.615	-192.615
Otros Costos			-65.279	-65.279	-65.279	-65.279	-65.279	-65.279	-65.279
Total Egresos			-1.991.613	-1.991.613	-1.991.613	-1.991.613	-1.991.613	-1.991.613	-1.991.613
Flujo antes impuesto		-3.789.002	713.101	713.101	713.101	713.101	713.101	713.101	1.042.006
Depreciación			-541.286	-541.286	-541.286	-541.286	-541.286	-541.286	-541.286
Resultado antes impuesto			171.815	171.815	171.815	171.815	171.815	171.815	500.720
Impuesto 20,0%			-34.363	-34.363	-34.363	-34.363	-34.363	-34.363	-100.144
Flujo despues de impuesto		-3.789.002	678.738	678.738	678.738	678.738	678.738	678.738	941.862
Resultado neto			137.452	137.452	137.452	137.452	137.452	137.452	400.576

vi. Efectos sobre la evaluación del proyecto

El Valor actual neto después de impuestos del flujo de caja real estimado, a la tasa de descuento del 12%, es de **US -572.382**

La Tasa interna de retorno después de impuestos resultante es de **7,24%**

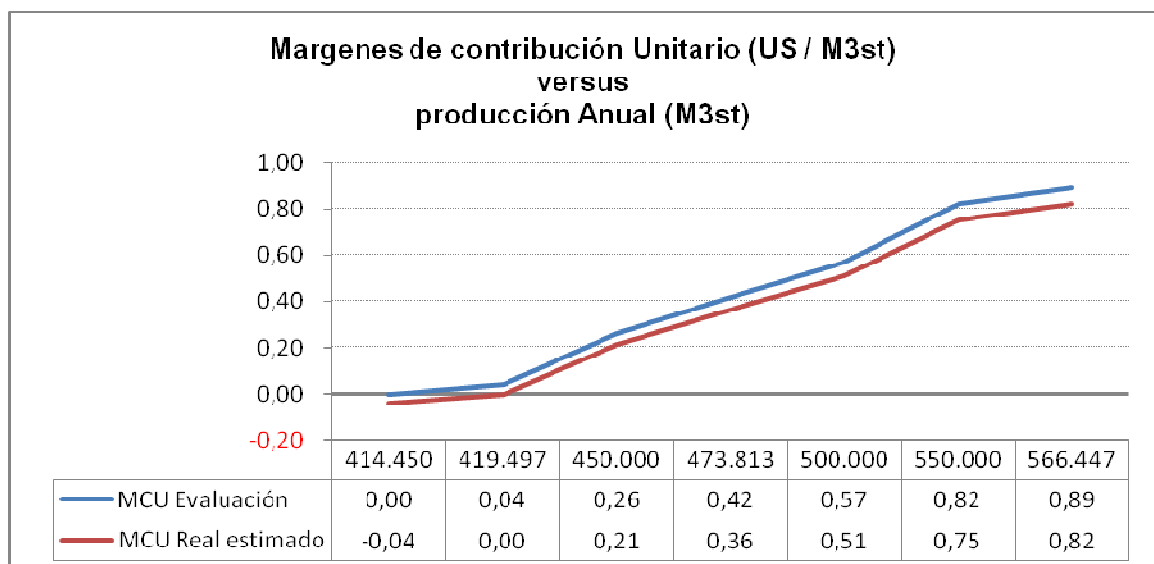
Dados el Valor actual neto y tasa interna de retorno anteriores, el proyecto no es considerado atractivo teniendo en cuenta que la tasa de interés exigida es del 12%.

c. Análisis y sensibilizaciones

Como muestra los efectos sobre la inversión, US -122.479 de mayor gasto, los efectos sobre los costos fijos, US 70.521 de ahorro anual, y los efectos sobre los costos variables, US 15.485 de mayor gasto, el mal resultado del proyecto es producido primordialmente debido a la menor venta de US -434.905

Ítem	Diferencia (US)
Venta	-434.905
Inversión	-122.479
Costos Fijos	70.521
Costos Variables	-15.485

Esta menor venta es producida por lo anteriormente mencionado, la menor disponibilidad mecánica de los chippertruck más la excesiva falta de camión que no permiten producir volúmenes superiores a los 40.000 M3st mensuales, lo que también puede observarse al comparar los márgenes de contribución unitarios en el gráfico a continuación:



Como muestra el gráfico, el punto de equilibrio de la evaluación es de 414.450 M3st, menor que el punto de equilibrio del real estimado de 419.497 M3st, debido a la mayor inversión por el error en no considerar capital de trabajo ni costos de puesta en marcha. Para lograr llegar al margen de

contribución unitario de la evaluación, de 0,82 US / M3st, es necesario aumentar la producción desde los 550.000 M3st de la evaluación a solamente 566.447 M3st anuales, equivalentes a 1.371 M3st mensuales, algo completamente realizable de no existir los problemas de disponibilidad mecánica de los Chippertrucks y la excesiva falta de camión.

Debido a lo anterior, la desviación que hace que el proyecto no sea atractivo es el menor volumen, por los motivos anteriormente explicados.

i. Sensibilización de disponibilidad mecánica de los Chippertruck

La disponibilidad mecánica tiene un efecto directamente proporcional sobre la producción, y por ende sobre el resultado del proyecto, lo que puede apreciarse en la tabla a continuación (construida considerando las horas de falta de camión del real estimado fijo en 4,5 horas):

Disponibilidad mecánica	Producción Anual (M3st)	VAN (US)	TIR	Pay back (Años)
50%	473.813	-572.382	7,24%	> 7
55%	503.510	-162.837	10,68%	> 7
60%	533.206	244.088	13,94%	6,61
65%	562.903	648.999	17,07%	5,79
70%	592.599	1.052.326	20,07%	5,12
75%	622.296	1.454.387	22,98%	4,68
80%	651.993	1.855.418	25,80%	4,21
85%	681.689	2.255.603	28,55%	4,05

Como muestra la tabla, aumentando solo 15 puntos, de 50% a 65% se puede lograr llegar a una producción anual de 562.903 M3st, cumpliendo con el programa anual exigido por el cliente y obteniendo un VAN de US 648.999, TIR de 17,07% y Pay back de 5,79 años.

Considerando que, según la información recabada la demanda de biomasa del cliente crecerá por sobre los 550.000 M3st, realizando las gestiones adecuadas para mejorar la disponibilidad mecánica a 85% podrían lograrse producciones del orden de 681.689 M3st, obteniendo un VAN de US 2.255.603, TIR de 28,55% y Pay back de 4,05 años.

ii. Sensibilización horas perdidas por falta de camión

La falta de camión tiene un efecto directamente proporcional sobre la producción, al igual que la disponibilidad mecánica, y por ende sobre el resultado del proyecto, lo que puede apreciarse en la tabla a continuación (construida considerando la disponibilidad mecánica de los chippertruck del real estimado fijo en 50%):

Horas perdidas Falta de camión	Producción Anual (M3st)	VAN (US)	TIR	Pay back (Años)
4,5	473.813	-572.382	7,24%	> 7
4	500.210	-205.503	10,33%	> 7
3,5	526.608	160.207	13,28%	6,80
3	553.005	524.917	16,12%	6,03
2,5	579.402	888.765	18,87%	5,38
2	605.800	1.251.864	21,53%	4,95

Como muestra la tabla, disminuyendo las horas de falta de camión a 3 horas se logra superar la producción anual de 550.000 M3st exigida por el cliente, obteniendo un VAN de US 524.917, TIR de 16,12% y Pay Back de 6,03 años.

Considerando que, según la información recabada la demanda de biomasa del cliente crecerá por sobre los 550.000 M3st, realizando las gestiones adecuadas para disminuir los tiempos de para por falta de camión a 2 horas diarias, podría lograrse una producción anual de 605.800 M3st, lográndose un VAN de US 1.251.864, TIR de 21,53% y Pay back de 4,95 años.

d. Síntesis desviaciones post evaluación

Las desviaciones del proyecto con respecto a su evaluación original que generan el mayor impacto, se pueden resumir en la tabla a continuación:

Ítem	Evaluación	Real estimado	Diferencia
Menor Uptime de los Chipper Trucks	85%	50%	-35%
Mayor Horas perdidas por falta de camión	0	4,5	4,5
Mayor Inversión en Capital de trabajo	0	287.070	287.070

En combinación, el menor Uptime de los Chipper Trucks mas las Horas perdidas por falta de camión disminuyen la producción anual estimada, lo que sumado a la inversión en capital de trabajo no considerada en la evaluación tiene los siguientes efectos:

Ítem	Evaluación	Real estimado	Diferencia
Producción anual (M3st)	550.000	473.813	-76.187
VAN (US)	371.782	-572.382	-944.164
TIR	15,14%	7,24%	-7,90%
PAY BACK (Años)	6,07	8,90	2,02

De acuerdo con los resultados presentados en el real estimado, el proyecto no resulta atractivo ya que no alcanzar ni siquiera el VAN = 0 a la tasa de interés exigida del 12%.

Para poder corregir lo anterior, se deben tomar medidas para aumentar el uptime de los Chipper Truck o disminuir la falta de camión. Con respecto a la inversión en capital de trabajo no considerada en la evaluación original, no hay acción posible que pueda corregir esta desviación.

10. Conclusión y recomendaciones

Con respecto al objetivo general del trabajo, *identificar brechas, entre la evaluación y la realidad, y proponer soluciones para el desarrollo presente o futuro, de un proyecto de producción de biomasa a partir de residuos forestales, ya implementado durante el año 2012, a través de un análisis expost*, y sus respectivos objetivos específicos, este trabajo apporto en información y análisis entregando resumidamente para cada objetivo específico:

- Describir el negocio de la biomasa.

El negocio de la biomasa fue descrito como el de generación de energía, donde el servicio de producción de biomasa a partir de residuos forestales es parte de la cadena logística de abastecimiento necesaria para entregar la biomasa a ser combustionada en las plantas de generación o cogeneración.

- Describir las distintas tecnologías y nichos de mercado en la industria de la biomasa.

Las tecnologías descritas fueron los trituradores de martillos de alta productividad montados sobre orugas, los astilladores de tambor abierto o cerrado los que pueden ser montados sobre carro, orugas, forwarder o camión, y los desmenuzadores como el Crambo, el cual puede ser montado sobre orugas, carro o camión.

Los nichos de mercado de la industria descrita, son las pendientes bajas de pino, explotadas principal y eficientemente por trituradores de martillos montados sobre orugas y las pendientes altas de pino, donde no se había encontrado la tecnología económicamente viable para explotar la biomasa, debido principalmente a la baja concentración de biomasa por acopio y las distancias entre acopios lo que hace ineficiente a los trituradores sobre orugas por su lenta velocidad de traslado, donde este proyecto sugiere el desmenuzador Crambo montado sobre camión que resuelve ese inconveniente.

- Explicar las tecnologías disponibles para afrontar los distintos tipos de nichos de mercado, con sus ventajas y desventajas.

Se explicó en detalle las ventajas de la movilidad de los equipos montados sobre camión versus los montados sobre oruga, principal ventaja del Crambo 5000 Direct versus los trituradores de martillos. Si bien el equipo ideal en términos de productividad y movilidad sería un triturador de martillos montado sobre camión, a la fecha de la evaluación del proyecto no existía esa alternativa en el mercado y además el Crambo tiene la ventaja no despreciable de ser capaz de remover la tierra y tiene una confiabilidad y disponibilidad mecánica mayor a la de cualquier equipo de esta industria.

- Evaluar el proyecto de acuerdo a los requerimientos indicados en la licitación de servicios asociada.

Se evaluó el proyecto, considerando una inversión de US 3.666.522, a 7 años plazo, una tasa de interés de 12% y se obtuvo como resultado un VAN de 371.782, TIR de 15,14% y Pay Back de 6,07 años.

- Identificar las brechas y desviaciones con respecto a la evaluación original, en una evaluación expost.

Las principales brechas identificadas fueron el uptime de los Chipper Truck, que fue de 50% versus un 85% evaluado, las horas productivas perdidas por falta de camión, que fueron de 4,5 horas versus 0 horas evaluadas y el error en la evaluación original de no incorporar el capital de trabajo de US 287.070.

De las desviaciones anteriormente descritas, el menor uptime de los Chipper Truck junto con las horas productivas pérdidas por falta de camión disminuyeron la producción y venta del proyecto en 76.187 M3st anuales lo que impactó severamente el proyecto generando, bajo las mismas condiciones de evaluación (7 años y 12% Tasa de interés) un VAN de -572.382, TIR de 7,24% y Pay Back de 8,9 años.

- Presentar recomendaciones para el proyecto en curso o para futuros proyectos de biomasa o de similares características.

Estas serán listadas a continuación.

De acuerdo a lo evidenciado en la post evaluación, el proyecto no sería atractivo debido principalmente al menor volumen de producción, producto de la baja disponibilidad mecánica de los chippertruck y las horas perdidas por falta de camión. Si bien hay una mayor inversión producto de capital de trabajo no considerado en la evaluación, esta desviación es menor en comparación con el menor volumen de producción.

Como muestran las sensibilizaciones, realizando gestiones para mejorar cualquiera de los dos índices, se puede llevar al proyecto a su rentabilidad original, e incluso mejorarla, pero se debe tener en cuenta que de ambos índices, la falta de camión es un cuello de botella que limita la cantidad de producción máxima, por lo que si se aumenta la disponibilidad mecánica de los chippertruck sin realizar gestiones sobre la falta de camión, la producción aumentará hasta llegar al máximo que permite el parque de camiones disponible, lo cual perfectamente puede ser el volumen actualmente producido de 473.813 M3st. Debido a esto es conveniente enfocar las gestiones principalmente a disminuir la cantidad de horas perdidas por falta de camión, pero no se debe dejar sin atención los problemas que generan el bajo uptime de los Chipper truck.

Las gestiones posibles a realizar para disminuir las horas perdidas por falta de camión pueden ir por el camino de revisar las condiciones contractuales con el contratista de transporte o a través de la inversión en camiones, como lo hizo la principal competencia en este mercado, Biomasa Chile.

Otra opción interesante de explorar, para alinear los intereses del prestador de servicio con los del cliente, es presentar una tarifa escalonada, que permita al cliente acceder a descuentos por volumen cuando la producción del mes sea

mayor que lo estimado para el cálculo de la tarifa base, sobre todo considerando que hay factores que son de su gestión que pueden afectar la eficiencia del proceso logístico completo, como lo son las colas de espera de camiones en las plantas donde se debe entregar el producto, la disposición y orden en que se entregan las pilas de residuos a consumir, eliminar los problemas de planificación como lo son no tener definidos los futuros predios a procesar que generan tiempos muertos por no tener definido el destino de las máquinas, etc.

En general, el principal problema de todos los proyectos de biomasa radica en la coordinación logística, por lo que Reloncavi debe definir su disposición a invertir en camiones en caso de no tener éxito al intentar negociaciones contractuales con el prestador de servicio de transporte, además de mejorar la disponibilidad mecánica de los Chipper Truck, mejorando la disponibilidad de repuestos en plaza y resolviendo los problemas mecánicos reincidentes.

No obstante lo anterior, es importante para futuros proyectos de este tipo, no repetir los errores cometidos en la formulación, evaluación e implementación del proyecto, como lo fueron:

- Haber subestimado la sensibilidad del proyecto a las variables logísticas al haber considerado 0 horas perdidas por falta de camión. Esto es aún más grave teniendo en cuenta que en proyectos anteriores de biomasa en los que participo Reloncaví, la falta de camión afecto severamente las producciones de los equipos.
- No haber analizado en conjunto con el cliente y el transportista, la sensibilidad del sistema completo, producción – transporte – recepción. Un análisis conjunto podría haber permitido analizar opciones de inversión que optimizan la cadena logística completa, y no por separado, pudiendo así valorizar las horas de falta de camión en términos de menor producción y por ende poder evaluar alternativas tecnológicas de transporte distintas, como el sistema amply roll (popular en Europa), de camión con gancho hidráulico y tolvas desmontables, que permitirían un grado de independencia bastante mayor de la producción con respecto al transporte en comparación con la inversión en carros adicionales considerada.
- No haber implementado la inversión en los carros de camión adicionales considerada en la evaluación, que hubieran disminuido la cantidad de horas perdidas por falta de camión.

Con respecto a las decisiones de inversión, es recomendable, para futuros proyectos, buscar otra opción de Astillador móvil distinto de los Chippertruck o considerar como primera opción, si no hay inconvenientes con respecto a la granulometría, invertir en equipos Crambo 5000 Direct.

11. Bibliografía

- "Crear un plan de negocios", Harvard Business Press, Boston, Massachusetts, USA, 2007.
- Evans, Alexander M. "Synthesis of Knowledge from Woody Biomass Removal Case Studies", <http://biomass.forestguild.org/>, USA, 2008.
- Seixas, Fernando. "Harvesting and use of forestry biomass for energy production in USA", Southern research station, USDA Forest Service, Alabama, USA, 2008.
- Jackson, B.; R. Schroeder; S. Ashton. 2007. Pre-processing and Drying Woody Biomass, Athens, USA, 2007.
- Komptech; Página Web Institucional, <http://www.komptech.com/en/home.htm>
- Jofré, E. "MODELO DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE ESTRATEGIAS DE NEGOCIOS", Serie Gestión N° 35, Universidad de Chile.
- Corporación Chilena de la madera; Página Web Institucional, www.corma.cl
- Comisión Nacional de Energía; Página Web Institucional, www.cne.cl
- Pontt, Carlos. Estudio de contribución de las ERNC al SIC al 2025, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, 2008.