



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

## **EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UN NUEVO HORNO DE CAL PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CELULOSA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

**CARLOS NICOLÁS CISTERNAS GONZÁLEZ**

**PROFESOR GUIA:**  
ERIKA GUERRA ESCOBAR

**PROFESORES DE LA COMISIÓN:**  
GERARDO DIAZ RODENAS  
LORETO TAMBLAY NARVAEZ

SANTIAGO DE CHILE  
NOVIEMBRE DE 2011

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR: CARLOS NICOLÁS CISTERNAS GONZÁLEZ  
FECHA: 03/11/11  
PROF. GUIA: SRA. ERIKA GUERRA

## **EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UN NUEVO HORNO DE CAL PARA UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CELULOSA**

La celulosa es la segunda materia prima en importancia de las exportaciones chilenas, por lo tanto tiene un rol preponderante en el desarrollo del país. Para la elaboración de celulosa, la cal (óxido de calcio, CaO) es un insumo fundamental dentro del proceso productivo, es por esta razón que su escasez puede ocasionar serios problemas en la producción de celulosa.

Actualmente, CMPC, empresa chilena fabricante de celulosa con 3 plantas productoras en Chile y una en Brasil, presenta problemas de abastecimiento de cal, pues los hornos que la producen son antiguos y no satisfacen las necesidades de producción. Es por ello, que la empresa debe comprar cal a proveedores externos para que la planta no detenga su producción de celulosa.

En Planta Laja de CMPC Celulosa S.A. se está realizando la primera fase de un Proyecto de Modernización, el cual aumentara la producción de celulosa de la planta. Sin embargo, no está contemplado el reemplazo del horno de cal en esta fase del proyecto, por lo que se estima un déficit de óxido de calcio que se produciría luego de que esta parte del proyecto entre en marcha.

El objetivo de esta memoria es evaluar la opción de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en Planta Laja, para así abastecer de cal a la misma planta y a otras que lo requieran, sin depender del abastecimiento otorgado por terceros.

Para analizar la conveniencia de instalar el nuevo horno se definieron dos escenarios. En el primero se comparan los costos de instalar un nuevo horno de cal el año 2013 con la situación original, instalándolo durante la segunda fase del Proyecto de Modernización, el año 2017. Por ello, la inversión fue el costo financiero de adelantar los flujos de dinero del valor del horno en 4 años, que corresponde a 7,2 MMUS\$. En el segundo escenario, debido a la incerteza de la realización de la segunda fase del Proyecto de Modernización, se consideró que no existiría un aumento de capacidad en la planta, por lo que no se instalaría el horno el año 2017. En este caso la inversión corresponde a todo el costo del horno de cal, que es equivalente a 28,2 MMUS\$.

Para evaluar el proyecto se utilizó una tasa de descuento de 7,709% obtenida a través del método WACC.

La evaluación económica para el escenario 1 entregó un VAN de 7,3 MMUS\$, con una TIR de 16%. Para el escenario 2, el VAN obtenido fue de 3,7 MMUS\$ con una TIR de 10,5%. Esta evaluación se sensibilizó con respecto al precio de la cal, el precio del petróleo, la tasa de descuento y el año de comienzo de la fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja. Este análisis muestra que el VAN es más sensible al precio de la cal que a los de los otros insumos.

Los resultados de este trabajo, reflejan que el proyecto es rentable para la compañía, independiente si se hace o no la fase II. Es más, se hace necesario instalar un nuevo horno de cal en el mediano plazo, pues anualmente la compañía está gastando cerca de 4 millones de dólares en solo comprar este insumo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>2</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA DELA CELULOSA .....	2
2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA.....	5
2.3. CICLO DE RECUPERACIÓN DE INSUMOS QUÍMICOS .....	7
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>9</b>
3.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
3.2. OBJETIVOS .....	13
3.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	13
3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3.3. METODOLOGÍA.....	13
3.4. ALCANCES DEL ESTUDIO .....	14
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
4.1. FLUJO INCREMENTAL O MARGINAL.....	14
4.2. COSTO MEDIO PONDERADO DE CAPITAL .....	15
4.3. CICLO DE RECUPERACION DE INSUMOS QUIMICOS .....	16
<b>5. DESARROLLO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>18</b>
5.1. EL MERCADO DE LA CAL .....	19
5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LO HORNOS.....	21
5.2.1. HORNOS DE CAL #1Y #2.....	21
5.2.2. HORNO DE CAL #3 .....	22
5.3. ESCENARIOS.....	23
5.3.1. ESCENARIO 1: ADELANTAR INSTALACIÓN HORNO DE CAL #3 .....	23
5.3.1.1. ESCENARIO 1: CASO BASE.....	23
5.3.1.2. ESCENARIO 1: SITUACIÓN CON PROYECTO .....	24

5.3.2.	ESCENARIO 2: INSTALAR HORNO DE CAL #3 SIN FASE II .....	25
5.3.2.1.	ESCENARIO 2: CASO BASE.....	25
5.3.2.2.	ESCENARIO 2: SITUACIÓN CON PROYECTO .....	25
5.4.	ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	26
5.4.1.	COSTOS: ESCENARIO 1.....	29
5.4.1.1.	CASO BASE .....	29
5.4.1.2.	SITUACIÓN CON PROYECTO .....	30
5.4.2.	COSTOS: ESCENARIO 2.....	31
5.4.2.1.	CASO BASE .....	31
5.4.2.2.	SITUACIÓN CON PROYECTO .....	31
5.5.	CALCULO DE TASA DE DESCUENTO.....	32
5.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	38
5.6.1.	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	38
5.6.2.	ESCENARIO 1.....	39
5.6.3.	ESCENARIO 2.....	41
5.7.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	42
5.7.1.	PRECIO DE LA CAL.....	42
5.7.2.	PRECIO DE PETRÓLEO.....	46
5.7.3.	TASA DE DESCUENTO .....	50
5.7.4.	AÑO DE COMIENZO DE FASE II .....	51
5.8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	54
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN DE PLANTAS DE CELULOSA DE CMPC EN CHILE .....	I
ANEXO 2: FICHA TECNICA DE CAL.....	III
ANEXO 3: COSTOS CASO BASE ESCENARIO 1 .....	IV
ANEXO 4: COSTOS SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 1 .....	V
ANEXO 5: FLUJO DE CAJA ESCENARIO 1 .....	VI
ANEXO 6: COSTOS CASO BASE ESCENARIO 2 .....	VII
ANEXO 7: COSTOS SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 2 .....	VIII
ANEXO 8: FLUJO DE CAJA ESCENARIO 2 .....	IX

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TOP 10 CAPACIDAD PRODUCTORA CELULOSA “MARKET PULP” .....	4
TABLA 2: PLANTAS DE CELULOSA DE CMPC EN CHILE .....	5
TABLA 3: PRINCIPALES IMPORTADORES DE CAL EN CHILE (AÑO 2010) .....	21
TABLA 4: POTENCIA ELÉCTRICA (KW) DE CIERTOS COMPONENTES DE LOS HORNOS DE CAL.....	22
TABLA 5: POTENCIA ELÉCTRICA (KW) DE CIERTOS COMPONENTES DEL HORNO DE CAL #3 .....	22
TABLA 6: RESUMEN ESCENARIO 1.....	24
TABLA 7: RESUMEN PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y CAL ESCENARIO 1 .....	25
TABLA 8: RESUMEN ESCENARIO 2.....	26
TABLA 9: RESUMEN PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y CAL ESCENARIO 2 .....	26
TABLA 10: COSTO ANUAL DE MANTENCIONES HORNOS DE CAL (MILES DE USD) .....	27
TABLA 11: : COSTOS 2013-2016 CASO BASE ESCENARIO 1 .....	29
TABLA 12: : COSTOS 2017-2026 CASO BASE ESCENARIO 1 .....	30
TABLA 13: COSTOS 2017-2026 SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 1.....	30
TABLA 14: COSTO CASO BASE ESCENARIO 2 .....	31
TABLA 15: COSTO SITUACION CON PROYECTO ESCENARIO 2.....	32
TABLA 16: VALORES DE DEUDA Y PATRIMONIO (USD) .....	33
TABLA 17: DATOS DE EMPRESAS SIMILARES A CMPC .....	36
TABLA 18: PARAMETROS CAPM.....	37
TABLA 19: PARAMETROS WACC .....	37
TABLA 20: VALOR INSTALACIÓN HORNO DE CAL (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES) .....	38
TABLA 21: COSTOS ESCENARIO 1(CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES).....	40
TABLA 22: DEPRECIACIONES ESCENARIO 1 (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES).....	40
TABLA 23: INDICADORES EV. ECONOMICA ( ESCENARIO 1) .....	41
TABLA 24: COSTOS ESCENARIO 2 (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES).....	41
TABLA 25: INDICADORES EV. ECONOMICA (ESCENARIO 2).....	42
TABLA 26: VAN PARA DISTINTOS PRECIOS DE CAL (US\$/TON).....	43
TABLA 27: VAN PARA DISTINTOS PRECIOS DE PETRÓLEO .....	48
TABLA 28: INDICADORES SENSIBILIDAD AÑO DE COMIENZO FASE II.....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CANTIDAD DE CAL COMPRADA ANUALMENTE.....	11
GRÁFICO 2: PRECIO PROMEDIO DE LA CAL COMPRADA POR CMPC .....	11
GRÁFICO 3: DINERO GASTADO EN CAL ANUALMENTE.....	12
GRÁFICO 4: PRECIO DE COMPRA DE CAL DE CMPC .....	28
GRÁFICO 5: INDICE STANDARD & POOR'S 500 (1991-2011) .....	35
GRÁFICO 6: SENSIBILIDAD AL PRECIO DE LA CAL.....	44
GRÁFICO 7: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 1 (PRECIO DE CAL).....	45
GRÁFICO 8: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 2 (PRECIO DE CAL).....	46
GRÁFICO 9: PRECIO DE FUEL OIL #6 .....	47
GRÁFICO 10: SENSIBILIDAD AL PRECIO DEL PETRÓLEO .....	48
GRÁFICO 11: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 1 (PRECIO DE PETROLEO).....	49
GRÁFICO 12: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 2 (PRECIO DE PETROLEO) .....	50
GRÁFICO 13: VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	51
GRÁFICO 14: SENSIBILIDAD AÑO DE COMIENZO FASE II.....	53

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio consiste en evaluar la opción de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en la Planta Laja de CMPC Celulosa, en reemplazo de los dos ya existentes, para así solucionar un eventual problema de abastecimiento de cal en el lugar, debido a la puesta en marcha de la Fase I del Proyecto de Modernización, el cual aumentará la producción total de celulosa en la planta.

La celulosa es una fibra natural que se obtiene de la madera, siendo el principal componente de las paredes celulares de las fibras que constituyen los árboles y otras plantas, como algodón, cáñamo y bambú, entre otros.

La pulpa de celulosa es el principal recurso natural utilizado para producir papeles y cartones. Además es utilizada en otros rubros, como en la producción de fibras textiles, explosivos, celofán, materiales plásticos, y películas fotográficas. En Chile, este recurso, se obtiene del Pino Radiata y del Eucalipto, sin embargo, gran parte de la celulosa producida en el país es fabricada a través de fibras obtenidas provenientes del papel recuperado, como papeles de oficina o periódico viejo. A partir del Pino Radiata se obtiene celulosa de fibra larga (BSKP<sup>1</sup>) mientras que del Eucalipto se obtiene celulosa de fibra corta (BHKP<sup>2</sup> o también llamada BEKP<sup>3</sup>); A mayor longitud de la fibra de celulosa, más resistente es el papel fabricado con ella, es así como la celulosa de fibra larga se utiliza para fabricar papeles que tengan como cualidad su resistencia, como: sacos de papel, cajas de cartón y estuches de cartulina. En cambio, la celulosa de fibra corta entrega un mejor acabado superficial, por lo que es ideal para producir papeles de impresión y escritura. Fibras largas y cortas se pueden mezclar para producir papeles con distintos atributos.

Según el proceso utilizado para separar las fibras de celulosa de los demás componentes de la madera, la pulpa obtenida se clasifica en:

- **Mecánica:** La separación de las fibras puede llevarse a cabo a través de 3 métodos mecánicos:
  - Molinos de piedra: Muelen los trozos de madera. (MP)
  - Termo mecánicos: Combinan calor y medios mecánicos.(TMP)
  - Químio-Termo mecánicos: Combinan químicos, calor y medios mecánicos. (CTMP)
- **Química:** La separación de las fibras ocurre gracias al uso de químicos. Los métodos químicos son:
  - Celulosa al Sulfito: Se agrega sulfito a la madera.

---

<sup>1</sup> BSKP: Bleached Softwood Kraft Pulp, Celulosa blanqueada de fibra larga, Proceso Kraft

<sup>2</sup> BHKP: Bleached Hardwood Kraft Pulp, Celulosa blanqueada de fibra corta, Proceso Kraft

<sup>3</sup> BEKP: Bleached Eucalyptus Kraft Pulp, Celulosa blanqueada de fibra corta obtenida del Eucalipto, Proceso Kraft



- Celulosa al Sulfato: Se agrega sulfuro de sodio e hidróxido de sodio para separar las fibras, a esto se le conoce como Proceso Kraft. Este proceso de producción de celulosa tiene el objetivo de romper los enlaces químicos que unen las fibras de celulosa con la madera. Este adhesivo natural es llamado lignina, y de acuerdo a la cantidad presente en la pulpa, la celulosa se puede dividir en:
  - Celulosa cruda (no blanqueada) : Entre ellas la celulosa UKP<sup>4</sup>
  - Celulosa blanqueada: Entre ellas, las ya mencionadas BSKP y BEKP

Al ser la celulosa una materia prima tan importante para el desarrollo del país, se hace fundamental optimizar procesos que permitan disminuir sus costos de producción. Es por ello que CMPC Celulosa solicita este trabajo de investigación para cuantificar el real impacto del déficit de cal en sus plantas productoras y si es conveniente adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en la Planta Laja que permita abastecer de este insumo a las otras plantas de celulosa de la región.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA<sup>5</sup>

La celulosa es un recurso natural utilizado en todo el mundo para la fabricación de distintos elementos. La producción mundial de celulosa el año 2008, alcanzó a 200 millones de toneladas aproximadamente. Siendo Norte América la región con mayor producción, alcanzando un 37% del total. Por su parte, Latinoamérica solo tiene un 10% del mercado. Sin embargo, debido a que la gran mayoría de las empresas productoras están integradas de manera vertical, o sea, producen celulosa como insumo para sus propias plantas productoras de papel, el total transable en el mercado internacional es de tan solo 60 millones de toneladas. De este total, Latinoamérica produce el 25%, siendo superado por Norte América con un 34% y por Europa con un 29%. Este mercado es conocido por “*marketpulp*”.

El 90% de la celulosa del “*marketpulp*” es producida a través del Proceso Kraft y dentro de éste el 95% corresponde a celulosa blanqueada. En este segmento la celulosa de fibra corta (BHKP) tiene un 52% (44% del “*marketpulp*”) y la larga un 48% (41 % del “*marketpulp*”)

Si bien, la madera es la principal fuente de celulosa para la fabricación de papel, también lo es el papel recuperado. Es más, del total de producción de papel en el

---

<sup>4</sup> UKP : UnbleachedKraftPulp , Celulosa no blanqueada obtenida a través del proceso Kraft

<sup>5</sup> Fuente: Presentaciones “Panorama de la Celulosa” , Franco Bozalla de Arauco (2011) y “¿Hacia dónde va la industria de la forestal chilena?”, Guillermo Mullins de CMPC Celulosa. (2009)

mundo, la mitad se elabora con celulosa virgen, mientras que el resto con fibras de celulosa provenientes de papel reciclado. Esta celulosa no se considera dentro del “*marketpulp*”, pues por lo general es utilizada por la misma empresa, en un proceso integrado de fabricación de papel.

La celulosa, al ser materia prima del papel, está presente en forma indirecta en variados sectores económicos a nivel global; es por ello que un aumento o disminución de su consumo es un buen indicador del nivel de la economía. Asimismo, este sector productivo está muy expuesto a los riesgos de la economía y se ve afectado por las crisis económicas globales o internas de cada país.

En Chile, la celulosa representa un 2% del Producto Interno Bruto (PIB) y es, después del cobre, el principal producto de exportación, representando un 3,8% del valor total de los envíos nacionales al extranjero. En el país, existen dos grandes empresas que producen celulosa: CMPC Celulosa S.A (o simplemente CMPC) y Celulosa Arauco y Constitución S.A (o Arauco), las cuales elaboran cerca de 5 millones de toneladas anuales de pulpa, con una participación de 39% y 61%, respectivamente. Arauco destina casi la totalidad de su producción al mercado externo, mientras que CMPC, además de exportar, provee de celulosa al mercado local.

La industria de la celulosa es una industria intensiva en capital, es decir, depende más del capital que del uso de fuerza de trabajo. Es por ello que genera pocos empleos directos, requiriendo profesionales altamente especializados. A pesar de este hecho, este sector productivo tiene un alto efecto multiplicador del empleo; por cada persona que trabaja directamente en la industria, se generan aproximadamente 3 fuentes laborales adicionales en servicios que sustentan su operación. De la misma forma, el efecto multiplicador de riquezas netas es de 1,75, es decir, por cada dólar generado por la industria de la celulosa, se generan 0,75 en otras actividades económicas.

Chile es el cuarto mayor productor mundial de celulosa Kraft “*marketpulp*”, con un 8% de la capacidad de la industria (5 millones de toneladas). El país con mayor producción mundial es Brasil con un 18% de la capacidad instalada, es decir, cerca de 10 millones de toneladas anuales. A continuación lo siguen USA y Canadá, con un 17% y 15% respectivamente. Cabe destacar que este ranking se ordena de acuerdo a la capacidad de las plantas productoras y no de acuerdo a la cantidad producida, por lo tanto la producción real será menor, pues siempre existen paradas de planta debido a imprevistos (desastres naturales, fallas de equipos, mantención de maquinaria, etc.). En el comercio de la fibra corta (BSKP) Chile ocupa el cuarto lugar con un 8% de la capacidad, detrás de USA, Canadá y Suecia (28%, 26% y 12% respectivamente). Asimismo, en el mercado de la fibra larga (BHKP o BEKP), Chile también es cuarto productor mundial con un 7% de la capacidad; sin embargo, este mercado es

ampliamente dominado por Brasil que posee el 34% de la capacidad mundial, seguido por Indonesia con un 15% y por USA con 7% similar al de Chile.

Por otro lado, CMPC y Arauco tienen un lugar privilegiado en el ranking de mayores productores mundiales de celulosa Kraft “*marketpulp*” ocupando el sexto y tercer lugar, respectivamente. Tal como se observa en la Tabla 1, el mercado de los productores de celulosa es muy competitivo, con un claro líder, pero que no tiene gran ventaja respecto a sus seguidores. El Top 10 de productores de celulosa representa un 45% del mercado total (60 millones de toneladas). Igualmente, el Top 20 posee el 69% de participación de mercado, lo que habla de la baja concentración de la industria.

**TABLA 1: TOP 10 CAPACIDAD PRODUCTORA CELULOSA “MARKET PULP”**

#	Empresa	Pais	Producción 2010 (Millones de Toneladas)	%
1	Fibria	Brasil	5.245	8,8%
2	APP Total	Indonesia	3.300	5,6%
3	ARAUCO	<b>Chile</b>	<b>3.225</b>	<b>5,4%</b>
4	April	Indonesia	2.845	4,8%
5	Georgia Pacific (Koch)	USA	2.315	3,9%
6	CMPC	<b>Chile</b>	<b>2.095</b>	<b>3,5%</b>
7	Södra	Suecia	2.065	3,5%
8	StoraEnso	Finlandia	1.930	3,3%
9	Weyerhaeuser	USA	1.880	3,2%
10	Suzano	Brasil	1.875	3,2%

FUENTE: CMPC BASADO EN DATOS DE HAWKINS WRIGHT

Los principales compradores de la celulosa producida en Chile están ubicados en diferentes regiones del mundo y son empresas productoras de papeles de impresión y escritura, papeles Tissue y cartulinas. Los destinos más importantes de las exportaciones nacionales de celulosa el año 2008 fueron: China, Europa, resto de Asia, América y África/Oceanía.

En Chile existen, actualmente, doce plantas de celulosa, las cuales el año 2010 produjeron 5,42 millones de toneladas; de ellas, 4,87 millones corresponden a celulosa obtenida a través del proceso Kraft, siendo 2,04 millones elaborados por CMPC Celulosa. Los 2,83 millones restantes son producidos por Celulosa Arauco. Además, existen 0,55 millones de toneladas de celulosa mecánica, la cual no se vende a terceros y es utilizada en plantas integradas para la fabricación de todo tipo de papel.

CMPC posee 4 plantas, de las cuales tres están situadas en Chile y una en Brasil. Las 3 plantas chilenas se ubican en el límite entre las regiones VIII y IX. Mientras que la planta ubicada en Brasil se emplaza en la región de Río Grande do Sul en el sur del país. En la Tabla 2 se detalla para cada planta ubicada en Chile, el tipo de celulosa que produce, las distancias al bosque y al puerto más cercano, la capacidad de producción

actual y la que tendrán el año 2012, luego de terminar todos los arreglos estructurales que se están realizando actualmente. Además se pueden observar las distancias, en kilómetros, que existen entre las plantas y los bosques y puertos, las que son pequeñas en relación a la industria mundial. Esta ventaja geográfica, le permite a Chile ser uno de los países con menor costo de producción en ambas categorías de celulosa, lo que se traduce en tener una industria competitiva a nivel global, pues este factor permite entregar un producto de calidad, no tan solo en la celulosa en sí, sino que también en el servicio, seguridad de abastecimiento y puntualidad, entre otros. Asimismo, en el Anexo 1 se pueden observar en el mapa las 3 plantas chilenas de CMPC Celulosa.

**TABLA 2: PLANTAS DE CELULOSA DE CMPC EN CHILE**

Planta	Localización	Tipo de Celulosa	Distancia al...		Capacidad Anual Actual (M Toneladas)	Capacidad Anual Año 2012 (M Toneladas)
			Bosque (KM)	Puerto (KM)		
Laja	Laja, VIII Región	BSKP	80	93	220	330
Santa Fe Línea I	Nacimiento, VIII Región	BEKP	99	119	380	380
Santa Fe Línea II					940	1180
Pacifico	Mininco, IX Región	BSKP	93	163	500	500
<b>TOTAL</b>					<b>2040</b>	<b>2390</b>

FUENTE: CMPC CELULOSA

## 2.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA<sup>6</sup>

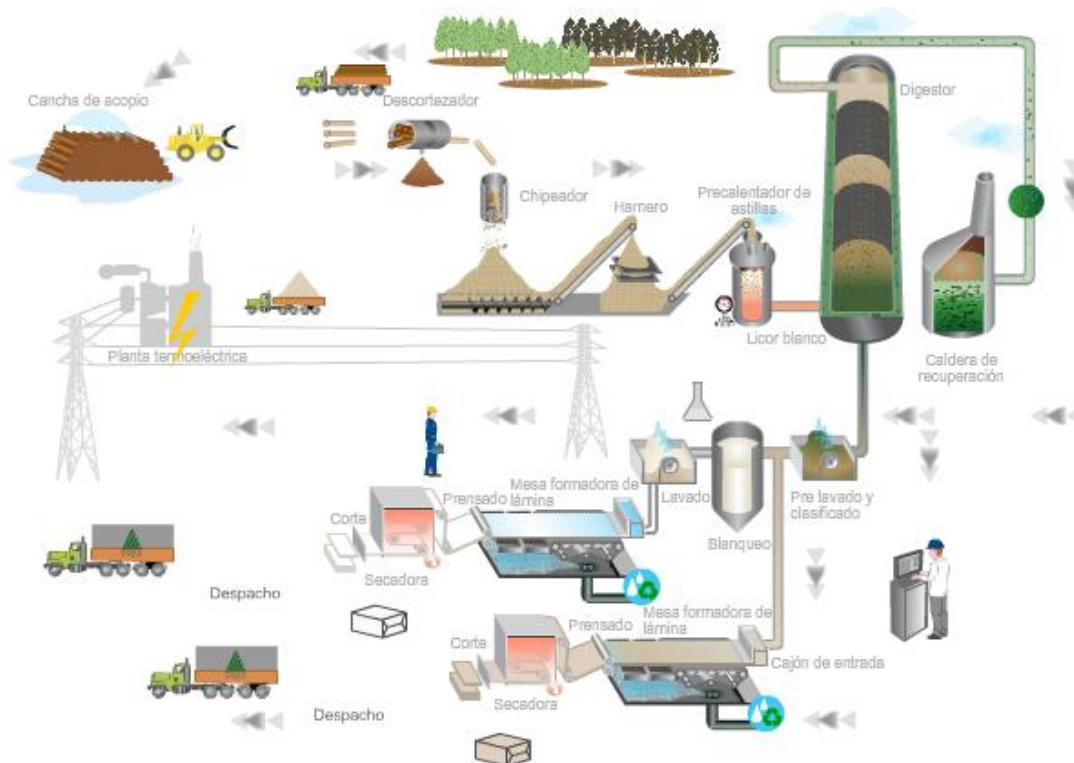
En las plantas productoras de CMPC, la celulosa es producida, principalmente, a través del método Kraft o al sulfato. Este método se destaca pues las astillas de madera son cocidas en una solución alcalina llamada Licor Blanco. El proceso completo se puede ver en la Imagen 1.

Como se mencionó anteriormente, el principal insumo para la producción de celulosa es la madera. Por esta razón es que a la planta llegan los troncos de los árboles desde los bosques para ser procesados. Aquí, se les retira la corteza, para luego convertirlo en chips (pequeñas astillas de madera). Estos chips son enviados a una pila de acopio para su homogenización; luego, son filtrados para ingresar al digester continuo. Los chips de mayor tamaño son enviados al "chipeador", mientras que los más pequeños son quemados junto a la corteza retirada para generar vapor, el cual es utilizado para producir energía eléctrica. Las astillas con el tamaño adecuado ingresan al digester continuo en donde se cuecen con licor blanco, que es una mezcla acuosa de Soda cáustica y Sulfuro de Sodio, a una alta temperatura y presión. Este proceso tiene como función separar las uniones de lignina y liberar las fibras de

<sup>6</sup> Fuente : [www.papelnet.cl](http://www.papelnet.cl)

celulosa. El producto de esta cocción es una pasta de celulosa y un residuo de los químicos, llamado licor negro. Este licor negro puede ser recuperado y transformado en licor blanco, en el ciclo de recuperación de químicos, el cual se explicará en el siguiente capítulo. La pasta de celulosa que sale es lavada y filtrada, obteniendo un producto llamado celulosa cruda o celulosa sin blanquear, la cual tiene una importante cantidad de lignina, la que le da un tono café. Con esta celulosa se fabrican papeles y cartones de color café que se utilizan para embalaje o para producir envases, como sacos para cemento.

**IMAGEN 1: PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CELULOSA**



FUENTE: PAPELNET

Para que la celulosa cruda, sea utilizada como insumo para el papel blanco es necesario que sea sometida a un proceso de blanqueo, el cual permitiría extraer el remanente de lignina y otras sustancias que podrían afectar el proceso de producción de papel. Durante este proceso, se agregan químicos que blanquean la pasta café, pero que además degradan las fibras de celulosa, perdiendo aproximadamente entre un 5% y 9% de ella. Para obtener celulosa blanca Kraft, esta pasta debe ser secada. Esto debido a que el porcentaje de fibras que contiene es de aproximadamente 1% a 2%, es decir, la pasta tiene un gran contenido de agua. Para retirarla se distribuye

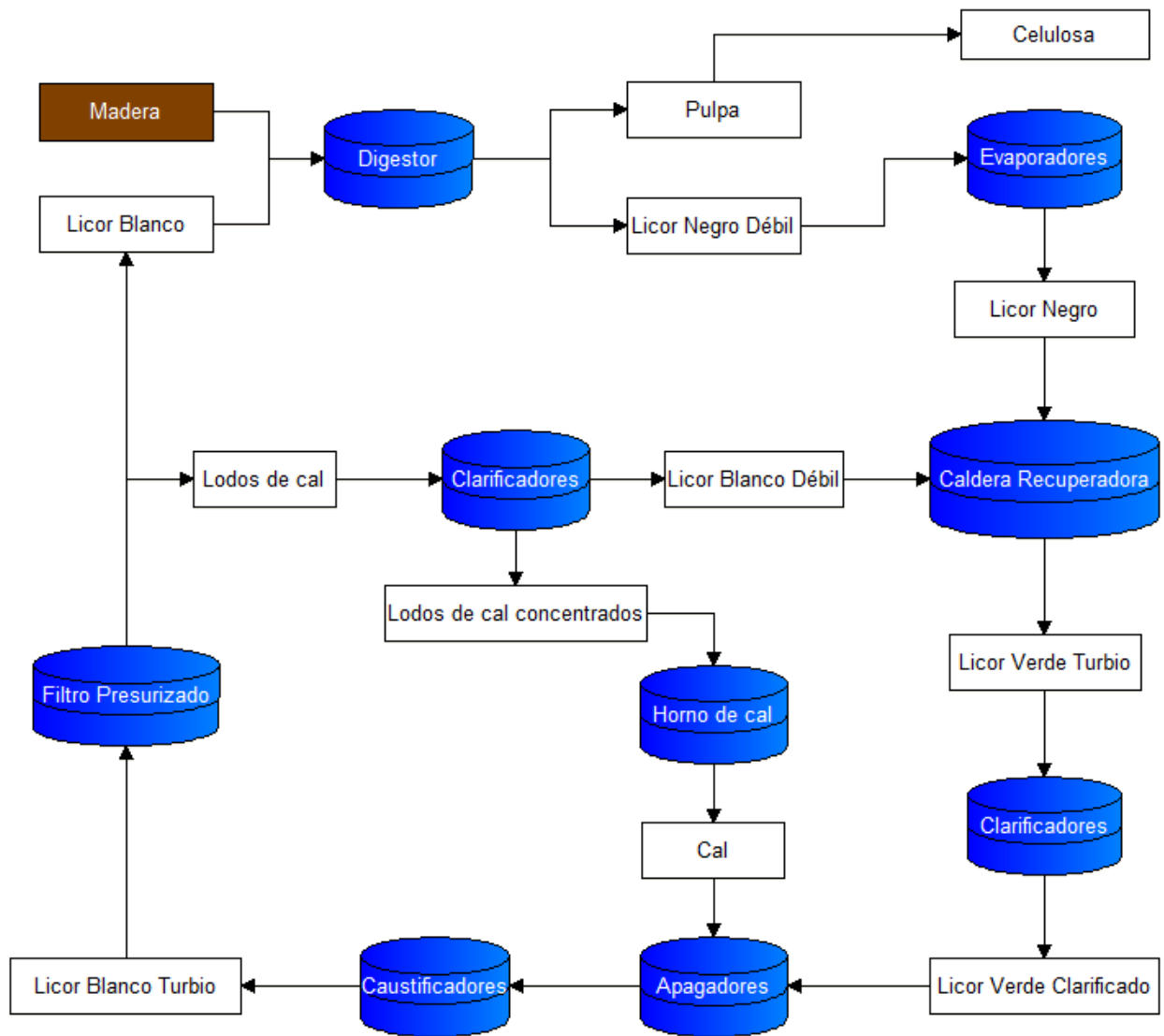
uniformemente en una mesa formadora de láminas, en donde a través de succión y de bombas de vacío la pasta queda con una consistencia de 46% de fibras. A continuación entra a los pre-secadores; grandes cilindros que en su interior hacen circular vapor a grandes temperaturas, para luego ingresar a los secadores principales, los que por dentro están equipados con diversos rodillos calientes que conducen la lámina de celulosa. Al salir, la pasta tiene una consistencia de 87% a 92% celulosa pura. Para finalizar, la lámina pasa por una cortadora, que la deja en forma de pliegos, los que se apilan, formando fardos de 250 kg de celulosa, listos para ser distribuidos.

### 2.3. CICLO DE RECUPERACIÓN DE INSUMOS QUÍMICOS

El proceso de recuperación de insumos químicos tiene como objetivo principal transformar el licor negro, el cual es producto de la cocción de la madera en el digestor continuo, en licor blanco, para así ingresarlo nuevamente al proceso de producción de celulosa. Asimismo, este proceso permite la generación de energía eléctrica para la alimentación de la planta y en caso de que existiera excedente, venderlo al Sistema Interconectado Central (SIC).

A continuación se muestra el esquema del ciclo de recuperación de insumos químicos:

**IMAGEN 2: CICLO DE RECUPERACIÓN DE INSUMOS QUIMICOS**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

El Licor Negro, proveniente del digestor, sigue un proceso de evaporación para lograr una mayor concentración de sólidos, cercana a 75%. Las partes orgánicas del Licor Negro Concentrado se queman en la caldera recuperadora, aprovechando la energía liberada en forma de vapor para la generación de energía eléctrica. La parte inorgánica y las sales minerales del licor negro se recuperan después del proceso de combustión. Al introducir estas sales minerales en agua, se forma el Licor Verde Turbio, el cual a través de clarificadores que eliminan las impurezas, mediante el asentamiento de sólidos suspendidos, se transforma en Licor Verde Clarificado.

Luego, el licor verde clarificado se mezcla con cal viva en un proceso que se conoce como apagado de la cal, el resultado es una solución llamada lechada de cal, esta solución es bombeada a los caustificadores, en donde se convierte en licor blanco

turbio, que es una mezcla entre licor blanco y lodos de cal. Para obtener licor blanco puro es necesario que el licor blanco turbio pase por el filtro presurizado, el cual se encarga de filtrar el licor para obtener licor blanco clarificado y lodos de cal. El licor blanco clarificado es utilizado nuevamente en el digestor para cocer los chips de madera y así comenzar el ciclo nuevamente, mientras que los lodos de cal ingresan a un clarificador, que se encarga de retirar todos los restos de licor blanco, con lo que se obtienen lodos de cal concentrados y licor blanco débil. El licor blanco débil ingresa nuevamente al ciclo en la caldera recuperadora, mezclándose con el licor verde turbio. Por otro lado los lodos de cal concentrados ingresan al horno de cal, el que se encarga de transformarlos en cal viva, para que así puedan ingresar al ciclo en los apagadores.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

#### 3.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación surge como respuesta a una necesidad de la empresa CMPC Celulosa S.A., parte del holding Empresas CMPC, para conocer la factibilidad económica de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en la Planta Laja de la empresa, el cual es parte de la fase II del Proyecto de Modernización de dicha planta.

Actualmente se está llevando a cabo la Fase I del Proyecto de Modernización de Planta Laja, el cual aumentará su capacidad de producción de celulosa desde 220 mil toneladas anuales a 364 mil y entrará en funcionamiento el primer semestre del año 2012. Este aumento en el nivel de producción, se realizará por medio de la instalación de:

- una nueva caldera recuperadora.
- una nueva planta de evaporadores.
- el mejoramiento de procesos de la cocción continua en el digestor.

La Fase II de este proyecto, es independiente a la Fase I e incluye la renovación de:

- Los equipos de blanqueo.
- Una maquina secadora.
- El área de caustificación.
- El horno de cal.

Es para esta etapa del Proyecto de Modernización en donde este estudio es importante. Luego de terminada la Fase II, Planta Laja tendrá un nivel de producción de 465 mil toneladas anuales de celulosa, aumentado a más del doble la capacidad actual de la planta. La segunda Fase del Proyecto de Modernización aun no tiene fecha definida, aunque se espera que esté en funcionamiento el año 2017.



La función del horno de cal en una planta productora de celulosa es que a través de este, se puede recuperar la cal que es utilizada para el ciclo del licor blanco. Actualmente en Planta Laja existen dos hornos de cal, el horno de cal #1, que tiene una capacidad de 70 toneladas/día de producción de cal, mientras que el horno de cal #2 puede producir 170 toneladas/día de cal.

Por otro lado, la cal es un insumo primordial para el ciclo de recuperación del licor blanco, el cual también puede ser recuperado a través de un horno de cal, que transforma el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en cal viva ( $\text{CaO}$  u óxido de calcio). Actualmente, en la planta está funcionando solo el horno de cal #2, teniendo el horno #1 detenido por un periodo indefinido, por lo que la capacidad de producción de cal actual es de 170 toneladas por día.

Debido a que muchas veces la cal que produce el horno #2 no es suficiente para poder transformar todo el licor blanco necesario, se debe agregar cal al sistema, proceso llamado *make-up* de cal. Asimismo, debido a que el ciclo no es cien por ciento cerrado, existen pérdidas en él, lo que se traduce en tener licores con bajos niveles de químicos, por lo que es necesario hacer *make-up* de ellos.

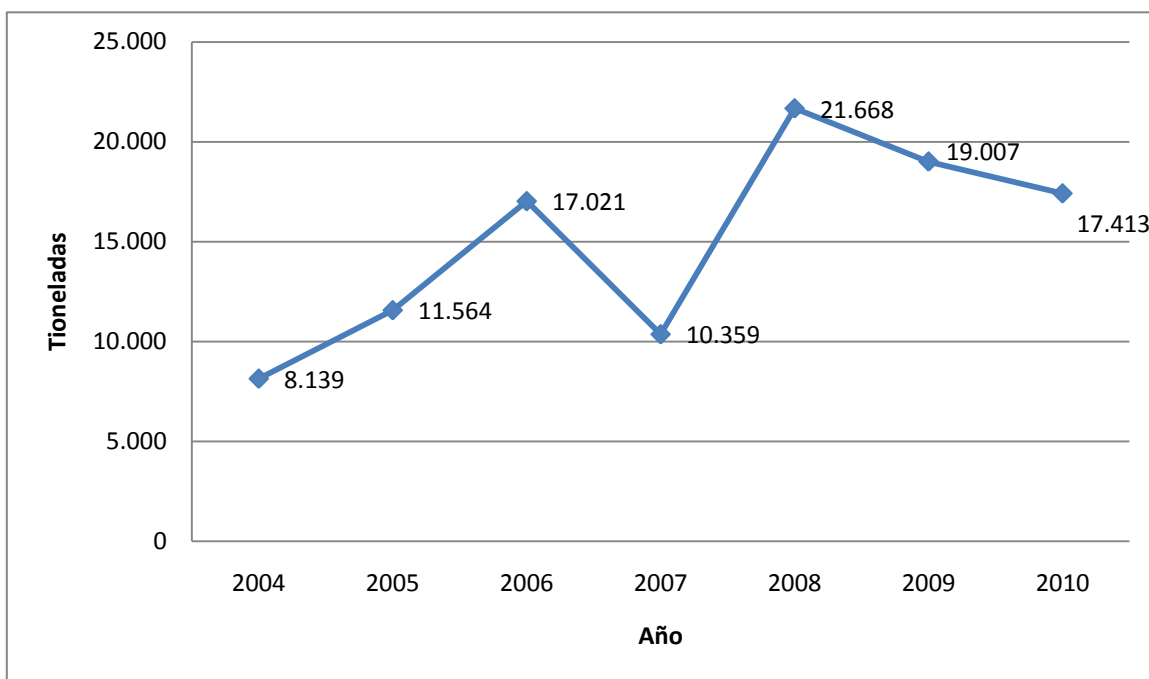
La solución para este problema es comprar cal a proveedores externos. Hasta el año 2008, CMPC le compraba cal viva a la Compañía Siderúrgica Huachipato, pero esta empresa dejó de proveerlos de este insumo, pues su producción solo sería utilizada para consumo interno, en el proceso de desulfurización (eliminación del azufre) del acero. La cal necesaria para el proceso de caustificación tiene especificaciones técnicas especiales<sup>7</sup>, por lo que no sirve cualquier óxido de calcio.

En el área de influencia de las plantas de celulosa, no existen productores de cal que entreguen un producto con las especificaciones técnicas que necesita CMPC, por lo que la solución es comprarles a productores argentinos, quienes si entregan un producto que se puede utilizar en el proceso. Sin embargo, esto también genera un problema, pues importar cal desde Argentina tiene riesgos asociados al transporte. En primer lugar, está el riesgo de que en temporada invernal se cierre el paso fronterizo Los Libertadores, atrasando la llegada del producto a las plantas. Por otro lado, la cal es sensible a la humedad, por lo que, al exponerla a situaciones climatológicas extremas, podría alterar las características que la hacen útil para transformar licor verde en licor blanco. Finalmente, la compra de cal se hace de manera *spot*, ya que no existe una estimación de cuánto será el *make-up* de cal necesario, por lo que los precios no se pueden negociar y se está expuesto a los riesgos de las variaciones del mercado. En los siguientes gráficos se observa el precio anual promedio de compra de cal y la cantidad, además de cuánto dinero ha gastado CMPC en compras cal anualmente:

---

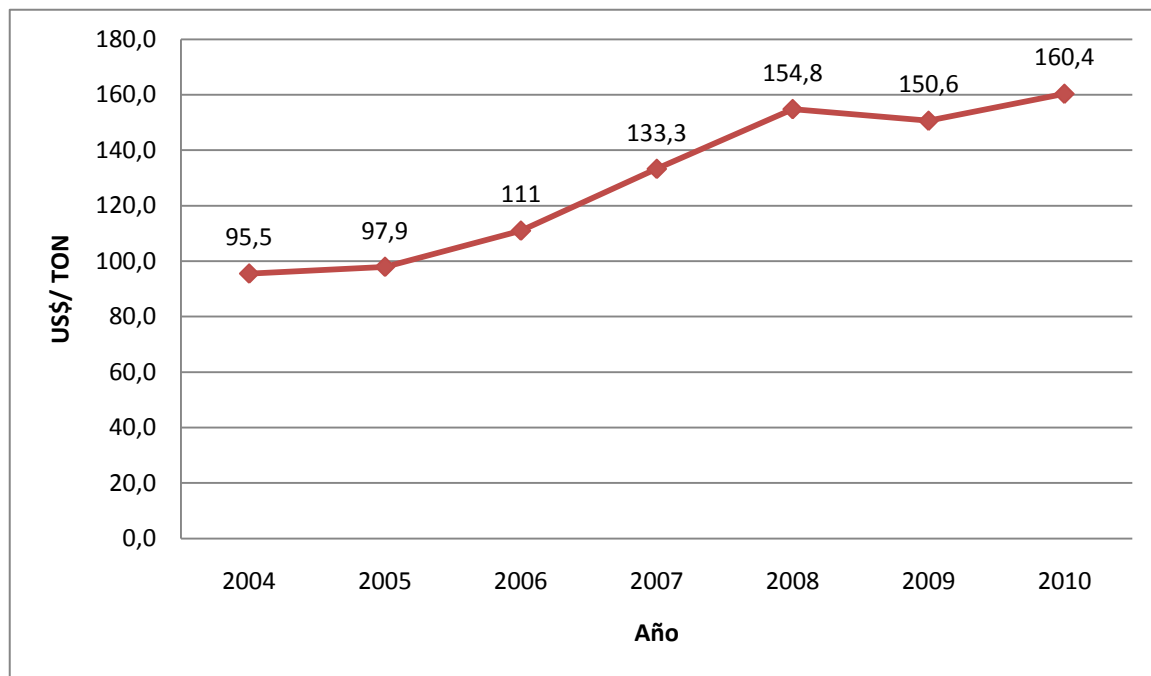
<sup>7</sup> Para más información: Ver anexo 2

**GRÁFICO 1: CANTIDAD DE CAL COMPRADA ANUALMENTE (TONELADAS)**



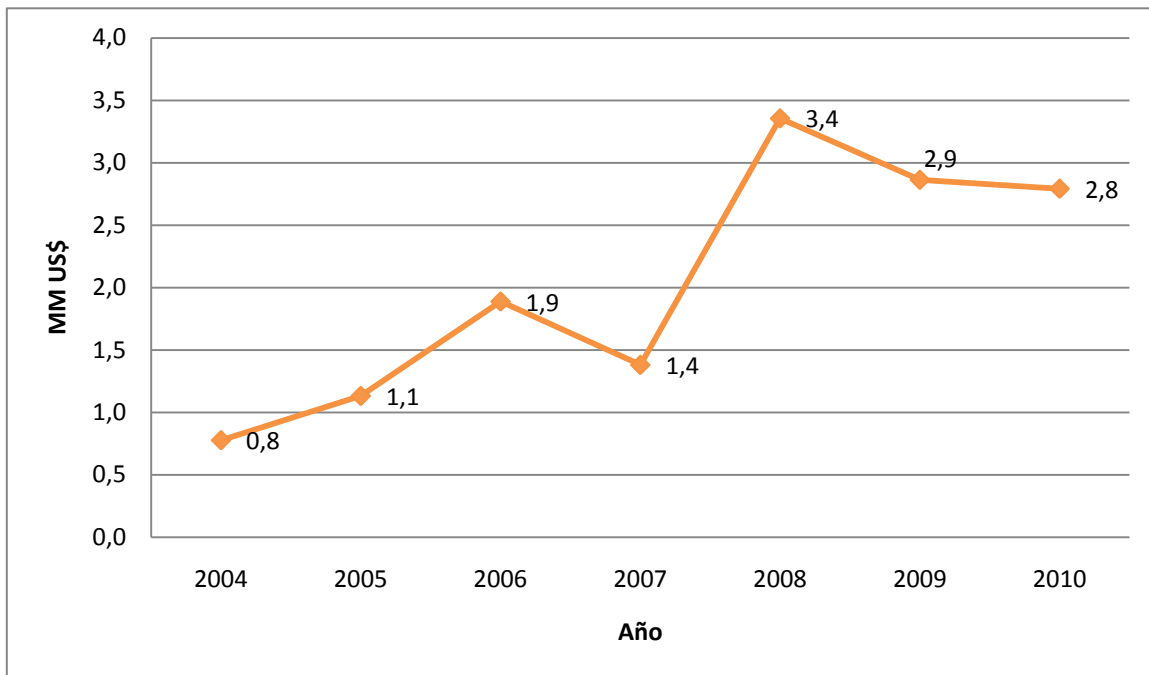
FUENTE: ABASTECIMIENTOS CMPC

**GRÁFICO 2: PRECIO PROMEDIO DE LA CAL COMPRADA POR CMPC (US\$/TON)**



FUENTE: ABASTECIMIENTOS CMPC

**GRÁFICO 3: DINERO GASTADO EN CAL ANUALMENTE (MM US\$)**



FUENTE: ABASTECIMIENTOS CMPC

Con la Fase I del Proyecto de Modernización de Planta Laja la producción de celulosa aumentará, con lo que también aumentará el consumo de Licor Blanco en el digestor, lo que se traduce en una mayor necesidad de cal para realizar la transformación de licor verde a licor blanco. Como el horno de cal no es parte de la Fase I del Proyecto de Modernización, en el caso de que la demanda por licor blanco sea mayor a la que se pueda producir, será necesario comprar cal viva en el mercado, situación que no es confiable por los problemas ya descritos.

Luego, es necesario identificar las necesidades de licor blanco y de cal con la Fase I del Proyecto de Modernización funcionando para decidir si es conveniente adelantar la instalación del nuevo Horno de Cal desde la Fase II, en el año 2017, al año 2013.

## 3.2. OBJETIVOS

### 3.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la opción de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en Planta Laja de CMPC Celulosa S.A. para así, abastecer de cal a las plantas productoras de celulosa de la empresa y no depender de abastecimiento de terceros.

### 3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el déficit de cal presente en las plantas productoras de CMPC Celulosa S.A.
- Identificar el costo financiero de adelantar la inversión de comprar un nuevo horno de cal.
- Calcular la tasa de descuento a la cual se evaluará el proyecto.
- Estudiar el mercado de la cal en el área de influencia de las plantas productoras de celulosa de Chile.

## 3.3. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará en este trabajo es la que comúnmente se utiliza en la evaluación de proyectos. Particularmente, para este estudio, se realizará una evaluación incremental o marginal, es decir se comparan los flujos de dinero de la situación con proyecto de la situación sin proyecto. Los costos y beneficios que se obtendrán serán los que son directos del proyecto y que se pueden observar de forma inmediata y concreta y los que indirectamente ocasiona el proyecto. Con estos datos se pretende tener la información necesaria para tomar una decisión acerca de adelantar la instalación del horno de cal en Planta Laja. Esta decisión se tomará en base a los resultados obtenidos en la Evaluación Económica y a los Indicadores que se construirán con los resultados obtenidos en el Flujo de Caja, tales como el VAN, la TIR y el IVAN.

El estudio de este trabajo de Memoria se realizará en la Planta Laja de CMPC Celulosa ubicada en la localidad de Laja, VIII región de Chile. Sin embargo, los beneficios no son solo para la Planta Laja, también se verán beneficiadas la Planta Pacifico y Santa Fe. Por otro lado, esta investigación se realizará durante el primer semestre del año 2011. Los plazos de instalación del nuevo horno de cal se detallan en los capítulos siguientes.

Para finalizar se pretende realizar un análisis de sensibilidad con los factores riesgosos del proyecto. Para ello se realizarán distintos escenarios modificando algunas variables, tales como el precio del petróleo, el precio de la cal, el año de comienzo de la fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, entre otros.

### 3.4. ALCANCES DEL ESTUDIO

En este trabajo se pretende encontrar el mejor momento para instalar un nuevo horno de cal en la Planta Laja y no considera el estudio de las alternativas que solucionen el problema de la cal de la empresa. Por otro lado, tampoco se consideran alternativas de diferentes hornos de cal, pues las necesidades ya existen y el mercado de los hornos de cal es pequeño, por lo que todas las especificaciones técnicas del horno son datos del estudio.

El horno de cal se instalará en Planta Laja de CMPC Celulosa, sin embargo, para este estudio se consideran los beneficios que puedan obtener las plantas Santa Fe y Pacifico de la compañía. Esto se debe a que el nuevo horno tendrá una capacidad mucho mayor a la necesidad de Planta Laja, durante los primeros años, por lo que los excedentes de cal producida podrían usarse en el proceso de recuperación de Licor Blanco de las otras plantas de CMPC en Chile. Las plantas de celulosa tienen mantenciones anuales que duran aproximadamente 15 días, por lo que son 350 días al año los que las plantas están produciendo.

Por otro lado, la moneda en la cual se hará la evaluación será el dólar estadounidense (US\$) y el plazo de evaluación será de 14 o 10 años, dependiendo del escenario. Si bien, la vida útil de un horno de cal es alta (actualmente está funcionando uno que se instaló en la década de 1960), para este estudio se considera que el equipo se depreciará contablemente en 10 años<sup>8</sup>.

Finalmente, la memoria sólo contempla la evaluación económica de adelantar la instalación, en ningún caso se cuestiona la instalación del horno de cal durante la Fase II, ni el lugar o sus especificaciones técnicas.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. FLUJO INCREMENTAL O MARGINAL

En esta memoria se realizará una Evaluación de Proyectos Incremental o Marginal. En este tipo de evaluaciones se realiza un flujo de caja con los ingresos y costos que cambian con el proyecto en ejecución, los que son relevantes para tomar la decisión. Es decir, reflejan los ingresos y egresos que son propios del proyecto respecto a los que se obtendrían sin la ejecución de éste. No se consideran costos y beneficios que se recibirán de todas maneras con o sin proyecto. Entonces el Flujo de Caja incremental, con el cual se calcularán los indicadores relevantes es el siguiente:

$$\text{Flujo de Caja Incremental} = \text{Flujo de Caja con Proyecto} - \text{Flujo de Caja sin Proyecto}$$

---

<sup>8</sup> Fuente : Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado ( www.sii.cl)

En el caso de esta evaluación, el Flujo de Caja sin Proyecto, es el Flujo luego de que la Fase I del Proyecto de Modernización de Planta Laja entre en funcionamiento a mediados del 2012.

## 4.2. COSTO MEDIO PONDERADO DE CAPITAL

El Costo Medio Ponderado de Capital (o WACC por sus siglas en inglés) es la mínima tasa de rentabilidad sobre activos que el dueño de un proyecto exige para tomar la decisión si este se debe llevar a cabo o no. Es la ponderación de las rentabilidades exigidas por los distintos dueños de los activos a su capital invertido.

El WACC es un parámetro que va cambiando a través del tiempo, de acuerdo como fluctúen distintas variables como: tasa de interés, estructura financiera de la empresa, industria en la que se encuentre el negocio, tasa de impuesto, entre otros.

Matemáticamente el WACC está definido como:

$$WACC = R_e * \frac{E}{E + D} + R_d * \frac{D}{E + D} * (1 - t)$$

Dónde:

$R_e$  : Retorno exigido al capital invertido

$R_d$  : Tasa de financiamiento o costo de la deuda

$E$  : Patrimonio de la empresa

$D$  : Deuda de la empresa

$t$  : Impuestos

La mayoría de los parámetros son datos propios de la empresa, sin embargo  $R_e$  es necesario estimarlo. Para calcular  $R_e$  es necesario utilizar el Modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model). Este modelo considera que se le debe exigir una mayor rentabilidad a aquellos activos que tengan una alta correlación con el retorno de mercado. El modelo CAPM permite estimar el retorno exigido al capital de la siguiente forma:

$$R_e = R_f + R_p + \beta * (R_m - R_f)$$

Donde,

$R_f$  : Tasa Libre de Riesgo

$R_p$  : Premio por riesgo por país

$\beta$  : Cantidad de Riesgo de la empresa con respecto al Mercado

$R_m - R_f$ : Premio por riesgo exigido por el mercado

Luego para poder obtener el parámetro  $\beta$  (beta), es necesario obtener el beta de otras empresas que estén en el mismo rubro, los cuales estarán afectados por la relación deuda/patrimonio de ellas, por lo que es necesario “desapalancarlos”, es decir obtener un beta que no tenga relación con la deuda de las empresas, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$\beta_u = \frac{\beta_l}{\left(1 + (1 - t) * \frac{D}{E}\right)}$$

Con:

- $\beta_u$  : Beta Patrimonial sin deuda (unlevered beta)
- $\beta_l$  : Beta con deuda (levered beta)
- t : tasa de impuesto
- $\frac{D}{E}$  : Relación Deuda Patrimonio

Luego de obtener el  $\beta_u$  libre de deuda de cada una de las empresas de la industria, se debe promediar para poder calcular el  $\beta_l$  con el nivel de endeudamiento de la empresa a la cual se está calculando el WACC:

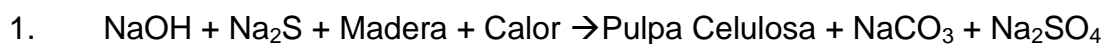
$$\beta_{IE} = \beta_{uP} * \left(1 + (1 - t) * \frac{D}{E}\right)$$

Con:

- $\beta_l$  : Beta según el nivel de deuda de la empresa (levered beta)
- $\beta_{uP}$  : Beta sin deuda promedio de la industria
- $\frac{D}{E}$  : Relación Deuda patrimonio de la empresa

### 4.3. CICLO DE RECUPERACION DE INSUMOS QUIMICOS

Dentro del proceso de producción de celulosa (imagen 1), existe un ciclo de recuperación de químicos (imagen 3), en donde se produce licor blanco. Asimismo, dentro del ciclo de licor blanco, existe el ciclo de la cal, en donde se produce óxido de calcio a través de un horno de cal. El licor blanco está compuesto por Soda Cáustica o Hidróxido de Sodio (NaOH) y Sulfuro de Sodio (Na<sub>2</sub>S). En el ciclo de recuperación de químicos se producen las siguientes reacciones químicas:



En primer lugar se mezcla el Licor Blanco con Madera en el Digestor, con lo que se obtiene Pulpa para hacer celulosa y Licor Negro (NaCO<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). El Licor Negro

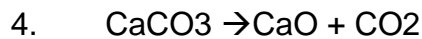
débil se lleva a la planta evaporadora en donde se obtiene Licor negro fuerte, que es en esencia Licor Negro Concentrado.



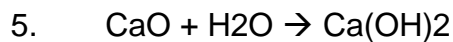
El Licor negro se introduce en la Caldera Recuperadora, en donde obtenemos Licor Verde ( $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaCO}_3$ ). Además en este proceso se obtiene vapor que es utilizado como Energía para la planta. Tal como se observa, el Licor Verde contiene Sulfuro de Sodio que forma parte del Licor blanco que queremos recuperar.



Al mezclar el Licor Verde con Hidróxido de Calcio, se obtiene Licor Blanco( que se utiliza en el paso 1) y Carbonato de calcio.



El carbonato de calcio se introduce en un horno de cal rotatorio, en donde a altas temperaturas( ~ 1000°C ) se transforma en cal viva.

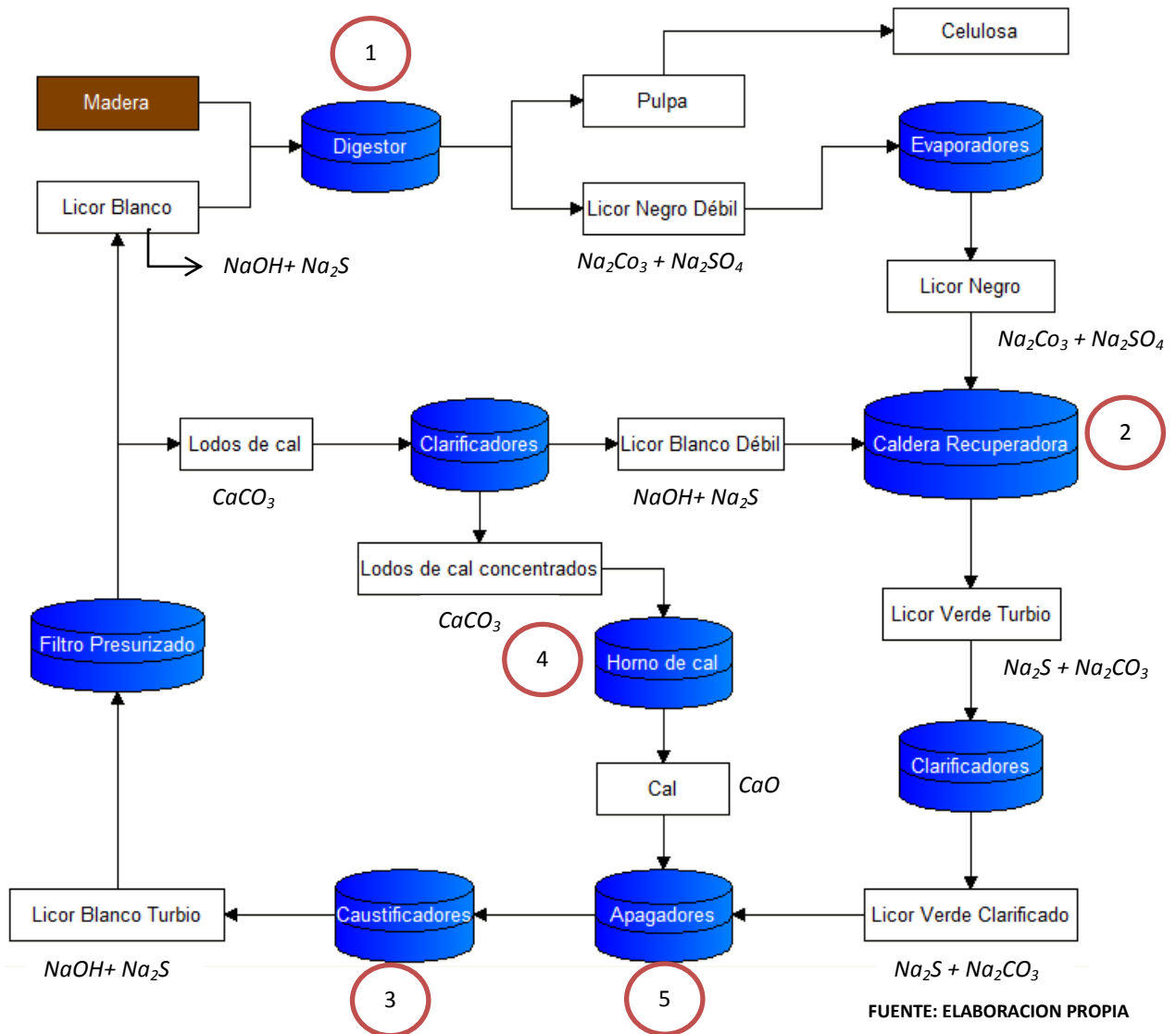


Para finalizar se mezcla la cal viva con agua, la que se convierte en Hidroxido de Calcio o cal apagada y se utiliza en el paso 3 de este ciclo de recuperación.

En la siguiente imagen se puede observar de manera más detallada el ciclo de recuperación de químicos. En la imagen se ilustra cada uno de los pasos ya descritos



**IMAGEN 3: CICLO DE RECUPERACIÓN DE INSUMOS QUIMICOS (DETALLADO)**



## 5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

El proyecto que se pretende evaluar consiste en adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en Planta Laja de CMPC Celulosa. Originalmente, la instalación de este nuevo horno está prevista para la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, sin embargo, debido al déficit de cal que existe en algunas plantas de la compañía y del que se proyecta que habrá en la planta, se hace necesario evaluar la opción de adelantar la instalación de dicho equipo.

En este estudio se va a comparar la opción de instalar un nuevo horno de cal (Horno de Cal # 3) en el año 2013 o mantener la situación actual, instalándolo el año 2017, junto con la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja.

La evaluación se realizará en base al ahorro de costos que surge producto del reemplazo el horno de cal. Los costos asociados a la producción y compra de cal es función, principalmente, de los siguientes componentes:

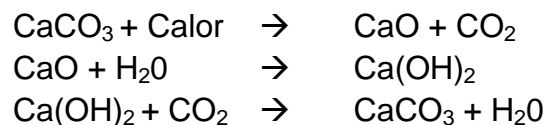
- Consumo de petróleo
- Consumo de energía
- Transporte de Cal
- Mantenimiento de Hornos
- Compra de cal externa.

Los dos primeros son los principales elementos del costo de producción, debido a que el petróleo es necesario para calcinar los lodos y la energía es utilizada para hacer rotar el horno. El costo asociado al transporte únicamente se considera cuando la cal no es producida en la misma planta, sino que en otras plantas de la empresa. Mientras que el costo de mantenimiento se paga anualmente y tiene que ver con las limpiezas y cambios de partes del horno para su correcto funcionamiento. Finalmente, en el caso de que no exista capacidad para producir la cal necesaria dentro de la misma planta, la empresa debe comprar la cal a productores externos, por lo que este costo incluye los 4 anteriores y es alternativa a la producción propia de cal.

## 5.1. EL MERCADO DE LA CAL

La cal o cal viva es el nombre común que se le da al óxido de calcio (CaO). Se obtiene a través de la calcinación de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en un horno rotatorio a temperaturas entre 900 y 1200°C, en donde, además de producir cal viva, se libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al medio ambiente. Al mezclar la cal viva con agua se obtiene hidróxido de calcio o cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>), la cual al estar en contacto con dióxido de carbono, vuelve a formar el Carbonato de Calcio. La cal viva es un producto químicamente inestable, pues es reactiva a la humedad y al agua, por lo que al contacto con el medio ambiente se empieza a hidratar de forma progresiva formando cal apagada. Esta cal apagada al estar en contacto con el dióxido de carbono del aire vuelve a formar carbonato de calcio adquiriendo las propiedades que tenía originalmente. Luego, el tiempo aproximado de duración de la cal viva en el medio ambiente, antes de transformarse en cal apagada, es de 45 días.

La reacción química que explica lo anterior es la siguiente:



La cal viva es utilizada en distintas industrias y para distintos procesos. Los principales usos son:

- Industria Minera: Es utilizada en la extracción de minerales no ferrosos.
- Industria Acerera: Utilizada para eliminar impurezas.
- Industria de la Celulosa: Utilizada para la reformación de licor blanco, además es utilizada para blanquear el papel.
- Industria Alimenticia: Se utiliza en los procesos de almacenamiento de frutas y vegetales frescos.
- Industria del Vidrio: Es utilizada para mejorar la resistencia del vidrio al ataque químico y del medioambiente.

La cal viva proviene del carbonato de calcio, el cual se encuentra en grandes cantidades en las piedras calizas. En la cordillera de los Andes se pueden encontrar una gran cantidad de minerales, el sector chileno es rico en minerales ferrosos, mientras que el sector argentino tiene abundantes piedras calizas de alta ley, es decir con alto contenido de calcio, lo que se traduce en una producción de cal viva con mayor porcentaje de óxido de calcio. Es por ello que la cal argentina es de mejor calidad que la chilena.

En Chile existen 2 grandes productores de cal: Soprocal<sup>9</sup> e Inacal<sup>10</sup>. La primera tiene su principal planta en Melipilla y tiene una capacidad de producción de 165 mil toneladas de cal anuales. Por otro lado está Inacal, la cual comercializa la cal de Inacesa, que es parte de Cementos BíoBío, sus plantas están en Antofagasta y Copiapó. Su capacidad de producción es de 880 mil toneladas de cal anuales.

En el caso de las importaciones que se realizan a Chile, pocas se hacen directamente hacia el consumidor final, sino que la importación la hace la filial de la empresa productora de cal en Chile y ella es la que distribuye dentro del país. En la siguiente tabla se muestran los principales importadores de cal en Chile.

---

<sup>9</sup> [www.soprocal.cl](http://www.soprocal.cl)

<sup>10</sup> <http://www.cbb.cl/cementos/portadaArea.aspx?Id=4>

**TABLA 3: PRINCIPALES IMPORTADORES DE CAL EN CHILE (AÑO 2010)**

Empresa	Cantidad (Ton)	Porcentaje
Unimin Chile	148708	47%
El volcan chile	109380	35%
Calimport	22120	7%
Soprocal	11584	4%
Caleras San juan	10554	3%
Cefas Chile	6736	2%
Ind. Nacional del cemento	3872	1%
<b>TOTAL IMPORTACIONES</b>	<b>316180</b>	

FUENTE: LEGAL PUBLISHING

En la Tabla 3: PRINCIPALES IMPORTADORES DE CAL EN CHILE (AÑO 2010) se observa que existen dos grandes distribuidores de cal viva en Chile. Unimin es una empresa belga que tiene en Argentina plantas productoras de cal, ellos en diciembre de 2010 compraron Calimport, por lo que el porcentaje real de importación de Unimin es mayor al mostrado en la Tabla 3, mientras que El Volcán es una empresa argentina que tiene una filial en Chile que se encarga de la distribución y de lugar de acopio para la cal viva, para que esté resguardada de la humedad y de la lluvia. Caleras San Juan y Cefas Chile tienen la misma función recién nombrada.

## 5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LO HORNOS

### 5.2.1. HORNOS DE CAL #1Y #2

Con la puesta en marcha de la Fase I del proyecto de Modernización de Planta Laja, la cal que se utilizará para hacer licor blanco, provendrá de él horno de cal #1 y del horno de cal #2, los cuales tienen capacidad para producir 70 y 170 toneladas de cal en un día, respectivamente. Es decir, los dos hornos de cal presentes en Planta Laja, producen 240 toneladas al día.

El combustible que utiliza un horno de cal es Petróleo #6 (Fuel Oil #6) o Gas Natural. En el caso de Planta Laja, el combustible utilizado es Petróleo #6. El consumo de petróleo de los hornos que actualmente están instalados en la planta es de aproximadamente  $8600 \text{ MJ/t}_{\text{CaO}}$  o  $215 \text{ kg}_{\text{FO6}}/\text{t}_{\text{CaO}}$ .

La potencia eléctrica de todos los equipos relacionados al funcionamiento de los Hornos de Cal #1 y #2 es de 941kW y 1010 kW, respectivamente. No obstante, para efectos de este estudio y debido a la información disponible del horno de cal #3 es que solo se consideran 3 elementos relacionados con el consumo energético: el accionamiento principal del horno, el ventilador de tiro inducido y el molino de cal. En la Tabla 4 se especifica la potencia necesaria asociada a cada uno de los elementos, en cada uno de los hornos:

**TABLA 4: POTENCIA ELÉCTRICA (KW) DE CIERTOS COMPONENTES DE LOS HORNOS DE CAL**

Equipo	Horno de Cal #1	Horno de Cal #2	Total
Accionamiento Horno	74,6	178	<b>252,6</b>
Ventilador Tiro Inducido	221	152	<b>373</b>
Molino de Cal	8,3	12,4	<b>20,7</b>
<b>Total</b>	<b>303,9</b>	<b>342,4</b>	<b>646,3</b>

FUENTE: CMPC CELULOSA

### 5.2.2. HORNO DE CAL #3

Todas las especificaciones técnicas del Horno de Cal #3 están detalladas en el documento “Evaluación de ofertas técnicas de horno de cal”, que forma parte del Proyecto de Modernización de Planta Laja. Este documento no está completo, puesto que el área del horno de cal que estaba previsto mejorar en la Fase I del proyecto fue suspendida, en consecuencia el estudio en que se basa esta investigación está inconcluso, lo que explica que no esté la totalidad de datos para comparar con la situación actual.

El nuevo Horno de Cal, que es parte de la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, tiene una capacidad de producción de 400 t<sub>CaO</sub>/día, acorde a la capacidad de producción de celulosa de la planta, luego de terminados los trabajos de la segunda etapa del Proyecto de Modernización.

Este Horno tiene un consumo de petróleo de 5800 MJ/t<sub>CaO</sub> o 145 kg<sub>FO6</sub>/t<sub>CaO</sub>, cerca de dos tercios del petróleo que es utilizado por los hornos que están en funcionamiento actualmente para producir una tonelada de cal.

En la “Evaluación de ofertas técnicas de horno de cal” no existe mucha información sobre el consumo energético del horno de cal #3, sólo existen datos de potencia eléctrica de 3 componentes, los que se detallan en la Tabla 5. El consumo total de estos 3 elementos es de 500 KWh, lo que se traduce en 4200 MWh/año.

**TABLA 5: POTENCIA ELÉCTRICA (KW) DE CIERTOS COMPONENTES DEL HORNO DE CAL #3**

Equipo	Horno de Cal #3
Accionamiento Horno	315
Ventilador Tiro Inducido	163
Molino de Cal	22
<b>Total</b>	<b>500</b>

FUENTE: PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE PLANTA LAJA

### 5.3. ESCENARIOS

En este proyecto se consideraran dos escenarios. En el primero se evalúa la opción de adelantar la instalación del Horno de Cal # 3 desde el año 2017 hasta el año 2013, suponiendo que la Fase II del Proyecto de Modernización se realizará de todas formas en el año 2017. En el segundo escenario, el horno también se instala el año 2013, pero no se espera que la Fase II del proyecto se lleve a cabo durante el plazo de evaluación, por lo que el horno estaría sobredimensionado para las necesidades de la planta.

Antes de describir cada uno de los escenarios, es bueno dejar claro la diferencia entre la Fase I y Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja. La Fase I estará operativa el primer semestre del año 2012. Esta parte del proyecto logrará que la planta produzca 364 mil toneladas de celulosa anuales. Igualmente, la Fase II implica una mejora en la capacidad de producción de la planta, logrando la elaboración de 465 mil toneladas anuales de pulpa. Se espera que esta parte del Proyecto de Modernización entre en funcionamiento el año 2017.

#### 5.3.1. ESCENARIO 1: ADELANTAR INSTALACIÓN HORNO DE CAL #3

La primera opción para solucionar el problema de abastecimiento de cal en las plantas productoras de celulosa de CMPC es adelantar la instalación del nuevo horno de cal # 3, desde la Fase II del Proyecto de Modernización, el año 2017, al año 2013. Un supuesto para este escenario es que la Fase II del Proyecto de Modernización se va a realizar el año 2017, tal como está previsto.

##### 5.3.1.1. ESCENARIO 1: CASO BASE

El caso base en esta evaluación es el que sucedería si es que no se adelanta la instalación del nuevo horno de cal. Es decir, la planta sigue funcionando como lo hace ahora: con los hornos de cal #1 y #2, hasta el año 2017, en donde entrará en operación la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, la cual incluye la instalación del nuevo horno de cal.

De acuerdo al balance de masas realizado por la compañía en la Fase I del Proyecto de Modernización de Planta Laja, la cal necesaria en el sistema para producir 364 mil toneladas anuales de celulosa es de 286  $t_{CaO}/día$ , por lo que de acuerdo a la capacidad de los hornos (240  $t_{CaO}/día$ ) existiría un déficit de 46  $t_{CaO}/día$ , que habría que comprar en el mercado spot. De modo similar en la Planta Pacifico de CMPC Celulosa también existe una demanda por cal que los actuales hornos de la planta no pueden satisfacer. Este déficit es de 20  $t_{CaO}/día$ , por consiguiente la cantidad de cal que se debe comprar es de 66  $t_{CaO}/día$ .

En el punto 5.2.1 se explicó cuál sería la potencia eléctrica de algunos de los equipo de los hornos de cal para su funcionamiento. Tal como se mencionó, se utilizan

solo algunos equipos, pues no se tienen todos los datos del nuevo horno, por lo que para poder comparar es necesario tener el consumo energético de los mismos equipos. La potencia que necesitan esos equipos para el proceso de producción de cal es de 646,3 KW, o su equivalente en consumo eléctrico anual: 5.429 MWh/año. La energía eléctrica es producida en la propia planta, en consecuencia el precio que se utilizará para la evaluación no es el precio de mercado, sino que el valor que a CMPC le cuesta producir 1 MWh dentro de la misma planta, el cual equivale a 90 US\$/ MWh.

La segunda parte del caso base del escenario 1 comienza el año 2017 cuando se reemplazan los hornos de cal, por el horno de cal # 3, con capacidad para producir 400 t<sub>CaO</sub>/día, parte de la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja.

### 5.3.1.2. ESCENARIO 1: SITUACIÓN CON PROYECTO

La situación con proyecto del escenario 1 contempla adelantar la instalación del nuevo horno de cal #3, desde la Fase II al año 2013. El nuevo horno puede producir 400 t<sub>CaO</sub>/día, por lo que los dos hornos existentes dejarán de funcionar.

Durante los primeros años, desde el 2013 hasta el 2017, la planta operará a los niveles de la Fase I, es decir produciendo 364 mil toneladas de celulosa, de manera que la cal necesaria será 286t<sub>CaO</sub>/día, nivel de producción que puede satisfacer el nuevo horno. Del mismo modo, finalizada la segunda etapa de mejoras de la planta, el año 2017, se producirán 465 mil toneladas de celulosa, por lo que es necesario elaborar 382 t<sub>CaO</sub>/día, lo que está dentro del límite de producción del horno #3, quedando libre una capacidad de producción de 18 t<sub>CaO</sub>/día. El déficit en la Planta Pacífico será el mismo que en el caso base: 20 t<sub>CaO</sub>/día, las cuales serán producidas en Planta Laja, debido a la capacidad ociosa del horno de cal #3. Si bien el horno de cal está diseñado para producir 400 t<sub>CaO</sub>/día, la capacidad real del equipo es un poco mayor, por lo que no existirían problemas al producir 402 t<sub>CaO</sub>/día.

Por otra parte, el consumo energético de los elementos comparables de este horno (Accionamiento, ventilador de tiro inducido y molino de cal) es de 500 KWh lo que en un año se traduce en 4200 MWh.

Con esto el escenario 1 de esta evaluación se puede resumir en las siguientes tablas:

**TABLA 6: RESUMEN ESCENARIO 1**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	. . .	2023	2024	2025	2026
<b>Caso Base</b>	Hornos 1 y 2 (Fase I)				Horno 3 (Fase II)							
<b>Proyecto</b>	Horno 3 (Fase I)				Horno 3 (Fase II)							

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 7: RESUMEN PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y CAL ESCENARIO 1**

	Año	Producción de Celulosa (Ton/año)	Capacidad de Producción de Cal (Ton/día)	Necesidad de Cal (Ton/día)	Déficit de Cal Planta Laja (Ton/día)	Déficit de Cal Planta Pacífico (Ton/día)
Fase I	2013 – 2017	364000	240	286	46	20
Fase II	2017 – 2026	465000	400	382	0	20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 5.3.2. ESCENARIO 2: INSTALAR HORNO DE CAL #3 SIN FASE II

Uno de los supuestos del Escenario 1 de esta Evaluación era que CMPC iba a realizar la segunda etapa del Proyecto de Modernización de Planta Laja, sin embargo, hoy no se tiene la certeza que ello ocurra, por lo que en el Escenario 2 se plantea la instalación del nuevo horno de cal sin tener en consideración la puesta en marcha de las mejoras a la producción dentro del periodo de evaluación.

#### 5.3.2.1. ESCENARIO 2: CASO BASE

La situación base en este escenario es prácticamente igual al Caso Base del Escenario 1, salvo en el aumento de producción de celulosa y necesidad de cal luego del año 2017, puesto que no está prevista ninguna mejora a la Planta Laja, que aumente la capacidad de producción de celulosa.

En este caso la producción de pulpa de celulosa es constante, 364 mil toneladas anuales, durante los 10 años que dura la evaluación, por lo cual la necesidad de cal viva también es constante, 286 t<sub>CaO</sub>/día. Asimismo, se considera un déficit en la Planta Pacífico de 20 t<sub>CaO</sub>/día. Luego, como los hornos de cal existentes tienen una capacidad para 240 t<sub>CaO</sub>/día, existirá un déficit en la producción de 66 t<sub>CaO</sub>/día que se deberán comprar directamente en el mercado.

Del mismo modo, el consumo energético es el mismo que en el caso base del Escenario 1. Este valor corresponde a 5429 MWh/año.

#### 5.3.2.2. ESCENARIO 2: SITUACIÓN CON PROYECTO

Como no existe Fase II del Proyecto de Modernización, en este caso el proyecto no es adelantar la instalación de un nuevo horno de cal, sino que es instalar el horno de cal #3 y evaluar si los flujos futuros podrán pagar el costo del horno rotario. El horno que se utilizará para evaluar la conveniencia de instalación será el mismo que se utilizó en el escenario 1, de esta forma, si existe una eventual mejora de la planta después del horizonte de evaluación, el horno podrá producir la cal necesaria y no existirá el problema que motiva este trabajo de título.



En este caso, la capacidad producción de cal de Planta Laja será de 400 t<sub>CaO</sub>/día, por lo que podrá satisfacer la demanda necesaria de la planta (286t<sub>CaO</sub>/día) y el déficit de Planta Pacífico, que es de 20 t<sub>CaO</sub>/día, entonces la cantidad de cal producida en el nuevo horno de cal será de 306 t<sub>CaO</sub>/día, teniendo una capacidad ociosa de cerca de 100t<sub>CaO</sub>/día.

El consumo energético en este escenario no sufre alteraciones en comparación al escenario 1, manteniéndose en 4200 MWh anuales.

El escenario 2 se puede resumir en los siguientes cuadros:

**TABLA 8: RESUMEN ESCENARIO 2**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Caso Base</b>	Hornos 1 y 2 (Fase I)									
<b>Proyecto</b>	Horno 3 ( Fase I)									

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 9: RESUMEN PRODUCCIÓN DE CELULOSA Y CAL ESCENARIO 2**

	Producción de Celulosa (Ton/año)	Capacidad de Producción de Cal (Ton/día)	Necesidad de Cal (Ton/día)	Déficit de Cal Planta Laja (Ton/día)	Déficit de Cal Planta Pacifico (Ton/día)
<b>Caso Base</b>	364000	240	286	46	20
<b>Proyecto</b>	364000	400	286	0	20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## 5.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Tal como se mencionó en capítulos anteriores, los principales elementos que explican el costo de producción de cal son el consumo de combustible y de energía. El consumo de combustible es proporcional a la cantidad de cal que es necesario producir, mientras que el consumo energético se considera fijo, independiente de la cantidad de cal viva que se produce.

Para esta evaluación solo se consideran 3 componentes relacionados con el consumo energético: accionamiento principal, ventilador de tiro inducido y molino de cal, esto ya que solo se tiene información de estos elementos del horno de cal #3. Utilizar todos los elementos que tienen relación con el consumo energético de los

hornos #1 y #2, pueden llevar a resultados sesgados y poco precisos, pues lo que se compara no es lo mismo.

Un tercer elemento del costo es el que tiene relación con las mantenciones que se deben realizar periódicamente para el correcto funcionamiento del horno de cal. Es evidente que un nuevo equipo necesita menor cantidad de mantenciones y limpiezas que un equipo antiguo; es más, la razón entre los costos de mantención entre los equipos antiguos y uno nuevo es 2 es a 1 (Törmala, “Lime kiln options for Laja pine line”, 2007). De la misma forma, este costo de mantención no es constante en el tiempo para ninguno de los 2 casos, pues a mayor antigüedad de los equipos, las mantenciones aumentan su valor. Este aumento tampoco es constante para los dos casos. Para los hornos antiguos, de acuerdo a fuentes internas de la compañía, se considera un aumento de 5% en el valor de las mantenciones por los 10 años que dura la evaluación, mientras que para el horno nuevo se considera que durante los primeros 5 años las mantenciones no sufrirán alteraciones, para luego aumentar un 3% anualmente. Las mantenciones para el primer año tienen un valor de 379.000 US\$ para los hornos antiguos y de 190.000 US\$ para el horno nuevo. En la siguiente tabla se muestra en detalle para cada año el costo de mantención:

**TABLA 10: COSTO ANUAL DE MANTENCIONES HORNOS DE CAL (MILES DE USD)**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Hornos Existentes</b>	379	398	418	439	461	484	508	533	560	588	617	648	681	715
<b>Horno Nuevo</b>	190	190	190	190	190	196	202	208	214	220	227	234	241	248

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

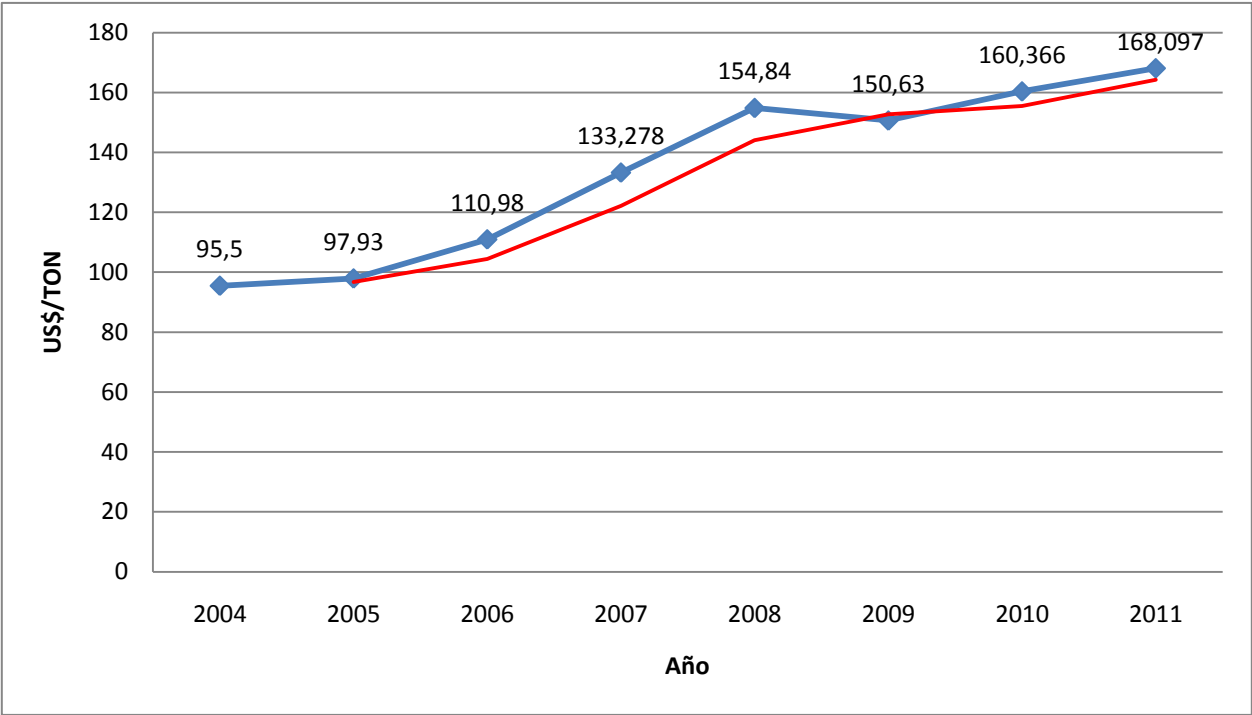
Finalmente, existe un componente del costo asociado al transporte. Si bien la mayor cantidad de la cal producida será para el uso propio de la Planta Laja, parte de la producción será para contrarrestar el déficit de 20 t<sub>CaO</sub>/día de Planta Pacífico, por lo que debe ser transportada desde Laja a Nacimiento. El traslado de la cal viva se hace en camiones externos a la compañía y el valor del flete es de 10 USD/t<sub>CaO</sub>, es decir 200USD /día. Por otro lado, para poder producir la cal que necesita Planta Pacífico es necesario obtener la materia prima, que pueden ser lodos de cal o piedra caliza. En este caso, la cal viva se producirá partir de lodos de cal excedentes de la Planta Pacífico, los cuales también tienen un costo de transporte asociado. Para producir una tonelada de cal es necesario tener como insumo dos toneladas de lodos de cal, es decir son 40 ton/día la cantidad de lodo a transportar. Luego el costo de trasladar este carbonato de calcio será de 400 USD/día, por lo cual el costo total asociado al transporte de una tonelada de cal viva desde Planta Laja a Planta Pacífico es de 30 USD.

De manera alternativa, si es que no existe la capacidad para producir la cal viva dentro de la planta, se debe comprar a proveedores externos. De acuerdo a lo descrito en capítulos anteriores, la compra de cal viva a proveedores argentinos se realiza a

precios de mercado, el cual está sujeto a distintas variables que CMPC no puede manejar ni prever, como el cierre del Paso Los Libertadores durante el invierno o el alza del combustible que es utilizado para calcinar la piedra caliza.

En el Gráfico 4 se pueden observar los promedios anuales de precios de compra de cal que ha realizado CMPC. Asimismo, la línea roja, representa la media móvil de esos valores.

**GRÁFICO 4: PRECIO DE COMPRA DE CAL DE CMPC**



FUENTE: ABASTECIMIENTOS CMPC

Si bien estos datos son solo de las compras que ha realizado CMPC en los últimos años, son un fiel representante del mercado de la cal al cual está expuesta la compañía. Es evidente que la empresa, en la mayoría de los casos, comprará al proveedor que ofrezca precios más bajos, teniendo un comportamiento racional, sin embargo debido a que en ciertas ocasiones es necesario contar con la cal en poco tiempo, se privilegian otros atributos del proveedor en desmedro del que ofrece el precio más bajo. Para efectos de este estudio, se utilizarán los datos de las compras de cal de CMPC para estimar el precio de la cal en el mediano plazo. El precio de la cal que se utilizará en la evaluación será de 160 US\$/TON, que es cercano al promedio de compra de cal de los últimos 3 años

Con todos estos datos es posible calcular los costos de cada uno de los escenarios de la evaluación.

## 5.4.1. COSTOS: ESCENARIO 1

### 5.4.1.1. CASO BASE

Durante los 4 primeros años del caso base del escenario 1 de esta evaluación estarán en funcionamiento los dos hornos de cal presentes actualmente en la planta. Ellos producen 240 t<sub>CaO</sub>/día para una demanda de 286t<sub>CaO</sub>/día, por lo que es necesario comprar 46t<sub>CaO</sub>/día para poder hacer la cantidad de licor blanco necesaria para producir 364 mil toneladas de celulosa. Por otro lado, en la Planta Pacifico existe una demanda insatisfecha de 20 t<sub>CaO</sub>/día, la cual también se debe comprar a proveedores externos. En resumen, entre 2013 y 2016 se harán 240 t<sub>CaO</sub>/día en Planta Laja y se comprarán 66 t<sub>CaO</sub>/día, de las cuales 20 serán para el consumo de la Planta Pacifico.

A continuación se presentan los principales costos del caso base durante los primeros 4 años de funcionamiento. Estos costos no incluyen los valores de la mantención de los hornos, los cuales están detallados en la tabla 10, pues las mantenciones varían con los años.

**TABLA 11: : COSTOS 2013-2016 CASO BASE ESCENARIO 1**

	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
Cal externa ( Ton/año)	23.100	160	3.696.000
Petróleo (Ton/año)	18.060	500	9.030.000
Energía (MWH/año)	5.429	90	488.603
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>13.214.603</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con la instalación del horno de cal #3 y la puesta en marcha de la Fase II del Proyecto de modernización de Planta Laja el año 2017, la estructura de costos que se observan en la tabla 11 cambia, pues toda la cal será producida dentro de la misma planta, incluso la que es necesaria para Planta Pacifico, por lo que no existiría el componente relacionado con la compra de cal externa, es por ello que adicionalmente se agrega un componente de costo asociado al transporte de cal entre la Planta Laja y Planta Pacifico. De modo similar al descrito en el párrafo anterior no se agregan los costos relacionados con la mantención de los equipos. Bajo este escenario, los costos del segundo periodo del caso base son:

**TABLA 12: : COSTOS 2017-2026 CASO BASE ESCENARIO 1**

	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
Transporte de Cal ( Ton/año)	7.000	30	210.000
Petróleo (Ton/año)	20.655	500	10.327.625
Energía (MWH/año)	4.620	90	415.800
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>10.953.425</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para observar estos números con mayor detalle, ver el anexo 3

#### 5.4.1.2. SITUACIÓN CON PROYECTO

En este proyecto se busca ver la conveniencia de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en el año 2013. En la situación original, que es el caso base, está previsto instalar en nuevo horno de cal junto a la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, el año 2017. Con el proyecto solo se busca instalar el nuevo horno de cal antes de la fecha prevista, por lo que la Fase II, y todo lo que conlleva, entrará en funcionamiento cuando estaba previsto.

Entre los años 2013 y 2016 y con el nuevo horno instalado, la planta tendrá capacidad suficiente para producir las 286 toneladas de cal diarias que necesita. Asimismo, podrá producir las 20 toneladas de cal diarias que hacen falta en Planta Pacífico. Es por ello que los costos asociados a esta situación son:

**TABLA 13: COSTOS 2017-2026 SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 1**

	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
Transporte de Cal ( Ton/año)	7.000	30	210.000
Petróleo (Ton/año)	15.530	500	7.764.750
Energía (MWH/año)	4.620	90	415.800
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>8.390.550</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A partir del año 2017 entra en funcionamiento la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, por lo que la planta tendrá una capacidad de producción de 465 mil toneladas de celulosa al año, luego, el consumo de cal aumenta a 382 toneladas de cal diarias. En este período, lo único que cambia es la producción de cal del horno #3, siendo idénticas a las del caso base, que se muestran en la Tabla 12.

En la Situación con Proyecto no se considera la compra de cal externa, pues toda la cal necesaria se podrá producir con el nuevo horno.

Para observar estos números con mayor detalle, ver el anexo 4

## 5.4.2. COSTOS: ESCENARIO 2

En este escenario se evalúa la opción de instalar el nuevo horno de cal el año 2013, sin considerar que la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja se lleve a cabo dentro del horizonte de evaluación, por lo que no existirá un aumento en la capacidad de producción de celulosa en la planta.

### 5.4.2.1. CASO BASE

En el caso base de este escenario la planta funcionará al nivel de producción que dejará la Fase I del Proyecto de Modernización, es decir, 364 mil toneladas anuales de celulosa y necesitando 286 toneladas diarias de cal. No se considera que existan aumentos en la capacidad de producción de la planta, por los costos serán los mismos para todos los años de la evaluación.

Como en todos los casos anteriores, Planta Pacífico tendrá un déficit de 20 toneladas de cal día que debe comprar en el mercado spot, junto con las 46 toneladas que no se podrán producir en Laja, la cantidad total de cal viva que debe comprar CMPC será de 66 toneladas por día o 23100 en el año.

Los costos para este escenario son idénticos a los del primer período del caso base del escenario 1. Ellos se pueden observar en la siguiente tabla:

**TABLA 14: COSTO CASO BASE ESCENARIO 2**

	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
Cal externa ( Ton/año)	23.100	160	3.696.000
Petróleo (Ton/año)	18.060	500	9.030.000
Energía (MWH/año)	5.429	90	488.603
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>13.214.603</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para observar estos números con mayor detalle, ver el anexo 6

### 5.4.2.2. SITUACIÓN CON PROYECTO

La situación con proyecto de este escenario consiste en instalar el nuevo horno de cal #3 en Planta Laja el año 2013 y tenerlo en funcionamiento durante todo el periodo de evaluación, sin que entre en funcionamiento la Fase II del Proyecto de Modernización de la planta, por lo que durante todos los años de la evaluación los costos serán en el supuesto de que la Planta producirá 364 mil toneladas de celulosa.

La diferencia con el caso base, radica en que se tendrá un horno con un menor consumo de petróleo, por lo que será más barato producir la cal en la planta. De la misma forma no se necesitará comprar cal a productores externos, ya que el nuevo horno tendrá capacidad suficiente para poder satisfacer las 286 toneladas diarias que

son necesarias para producir 364 mil toneladas anuales de celulosa, además el déficit de 20 toneladas diarias será producido en Planta Pacífico.

Con esto, los costos son idénticos a los de los primeros años de la situación con Proyecto del Escenario 1, que se detallan en la siguiente tabla:

**TABLA 15: COSTO SITUACION CON PROYECTO ESCENARIO 2**

	Cantidad	Precio(USD)	Total (USD)
Transporte de Cal ( Ton/año)	7.000	30	210.000
Petróleo (Ton/año)	15.530	500	7.764.750
Energía (MWH/año)	4.620	90	415.800
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>8.390.550</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para observar estos números con mayor detalle, ver el anexo 7

## 5.5. CALCULO DE TASA DE DESCUENTO

Para calcular la tasa de descuento a la cual se evaluará el proyecto, es necesario utilizar el método de Costo medio ponderado de capital (o WACC) de CMPC, método que entrega la mínima tasa de rentabilidad sobre activos que la compañía le exige al proyecto. El WACC considera dos aspectos: el costo de capital y el costo de la deuda, los cuales ponderados de acuerdo al peso de cada uno de estos componentes en la estructura financiera de la empresa, entrega el rendimiento mínimo que se le debe exigir a futuros proyectos de la empresa.

CMPC Celulosa es parte del holding Empresas CMPC. El conglomerado tiene una administración financiera central y no por cada una de las filiales, por lo que los parámetros relacionados con la estructura de capital de la empresa son de la compañía en general y no por área de negocio, esto puede llevar a resultados del WACC no tan precisos, pues la tasa de descuento que se calcule será para todas las filiales de Empresas CMPC y no tendrá asociado, en mayor parte, el riesgo que tienen los proyectos relacionados con la industria de la celulosa.

El WACC se calcula de la siguiente forma:

$$WACC = R_e * \frac{E}{E + D} + R_d * \frac{D}{E + D} * (1 - t)$$

donde:

$R_e$  : Retorno exigido al capital invertido

$R_d$  : Tasa de financiamiento o costo de la deuda

E : Patrimonio de la empresa

D : Deuda de la empresa

t : Impuestos

En la siguiente tabla se muestran los datos relacionados con la deuda y el patrimonio de la empresa durante el primer semestre del año 2011:

**TABLA 16: VALORES DE DEUDA Y PATRIMONIO (USD)**

Patrimonio (E)	10.737.574.100
Deuda (D)	3.387.200.000
Patrimonio + Deuda (E + D)	14.124.774.100

FUENTE: EMPRESAS CMPC

Es por esto que el leverage o apalancamiento actual de CMPC es de 24%  $\left(\frac{D}{E+D}\right)$ . De manera análoga, el componente relacionado al patrimonio es 76%  $\left(\frac{E}{E+D}\right)$ . Si disminuye el leverage, no necesariamente aumentaría la tasa  $R_d$ , pues si se reduce mucho la deuda, probablemente, la tasa de financiamiento no disminuya, ya que sería más complicado encontrar una mejor tasa de deuda a un menor nivel de endeudamiento.

La tasa de impuestos que se utilizará para obtener el WACC será de un 20%, que es la estructura impositiva a la cual las empresas están afectas para pagar el impuesto de primera categoría en el año 2011. Es importante dejar en claro que se utilizó la tasa del 20% y no del 17%, que será la que se utilice en toda la evaluación, pues la toma de la decisión de cuando invertir será el año 2011, cuando la política impositiva de Chile indica que la tasa de impuesto es de 20%.

Con todo esto, sólo falta obtener los valores del costo de la deuda ( $R_d$ ) y del retorno exigido al capital ( $R_e$ ). Para estimar el primero, se utilizó la tasa estimada a la cual Empresas CMPC se puede endeudar hoy a 10 años. Esta tasa corresponde a la Tasa del Bono del Tesoro de EE.UU. a 10 años, la que es 3,09%. A esta tasa se le debe agregar el spread que se le exige a CMPC, el cual equivale a 220 puntos base; De tal forma la tasa de la deuda ( $R_d$ ) de CMPC corresponde a 5,29%. Para estimar el retorno exigido al capital ( $R_e$ ) es necesario utilizar el modelo CAPM.

El modelo de CAPM (*Capital Asset Pricing Model* o Modelo de Valoración del Precio de los Activos Financieros) entrega la tasa que se le exige al capital invertido en un proyecto. Este modelo separa el riesgo de la tasa en dos, el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático. El riesgo sistemático se refiere al riesgo externo de la industria de



la empresa, por lo cual no se puede controlar, mientras que el riesgo no sistemático es el riesgo propio de la empresa.

El modelo CAPM tiene la siguiente forma:

$$R_e = R_f + R_p + \beta * (R_m - R_f)$$

Donde,

$R_f$  : Tasa Libre de Riesgo

$R_p$  : Premio por riesgo por país

$\beta$  : Cantidad de Riesgo de la empresa con respecto al Mercado

$R_m - R_f$ : Premio por riesgo exigido por el mercado

Para la tasa libre de riesgo se considera la tasa del bono de tesoro de EE.UU. a 10 años, la que corresponde a 3,09%, mientras que el premio por riesgo por país corresponde al riesgo país de Chile sobre el Bono del tesoro de EE.UU. a 10 años, el cual tiene un valor de 0,93%. Asimismo, el premio por riesgo del mercado corresponde a la resta entre el retorno del mercado y la tasa de libre de riesgo. Para calcular el retorno de mercado se utiliza el retorno del índice Standard & Poor's 500 en los últimos 20 años (segundo trimestre de 1991 a primer trimestre de 2011). Se utiliza el índice norteamericano, pues la empresa tiene negocios a nivel global; usar el retorno del IPSA no sería un buen indicador del mercado el cual está inserto la compañía. El índice S&P500, al incluir el valor bursátil de las 500 compañías más importantes del mundo, es uno de los valores más representativos del mercado, por lo que se considera apropiado utilizarlo en esta ocasión. Asimismo, se calculó el retorno en los últimos 20 años para no tener distorsiones debido a las crisis económicas de 1998 y de 2009, en donde el valor del índice era muy volátil, tal como se muestra en el Gráfico 5.

**GRÁFICO 5: INDICE STANDARD & POOR'S 500 (1991-2011)**



FUENTE: BLOOMBERG

El retorno del índice S&P 500 en los últimos 20 años es 8,66%, el cual en este estudio se considera como retorno de mercado y como la tasa libre de riesgo es 3,09%, entonces el premio por riesgo exigido por el mercado corresponde a un 5,56%. Con todos estos datos solo falta encontrar el parámetro beta para poder calcular la tasa exigida al capital.

Para calcular el beta de CMPC es necesario obtener los betas de las empresas similares a CMPC. Estos betas, que representan el riesgo de la empresa con respecto al mercado, están afectados por la propia relación deuda/patrimonio de la empresa, por lo que para poder utilizarlos es necesario desapalancarlos, es decir, obtener un beta libre de deuda. En el siguiente cuadro se muestran los betas de cada una de las empresas similares a Empresas CMPC, su país, su relación deuda/patrimonio, la tasa de impuesto de cada uno de los países y el beta patrimonial sin deuda.

**TABLA 17: DATOS DE EMPRESAS SIMILARES A CMPC**

Empresa	País	Beta con Deuda	Relación Deuda/Patrimonio	Tasa de Impuestos	Beta sin Deuda
CMPC	Chile	0,679	0,258	20%	0,56
Copec	Chile	0,606	0,197	20%	0,52
Masisa	Chile	0,762	0,669	20%	0,50
Suzano	Brasil	1,126	1,217	34%	0,62
Fibria	Brasil	1,322	0,854	34%	0,85
Klabin	Brasil	1,016	0,879	34%	0,64
Weyerheuser	EEUU	1,409	0,499	35%	1,06
International Paper	EEUU	1,494	0,727	35%	1,01
SCA	Suecia	0,825	0,488	26%	0,61
StoraEnso	Finlandia	1,343	0,662	26%	0,90
Kimberly Clark Mexico	México	0,758	0,141	28%	0,69
Kimberly Clark	EEUU	0,564	0,233	35%	0,49
Procter & Gamble	EEUU	0,61	0,175	35%	0,55
Johnson & Johnson	EEUU	0,63	0,099	35%	0,59
<b>Beta Promedio</b>					<b>0,69</b>

FUENTE: BLOOMBERG

Finalmente, en la

*Tabla 17* se observa el Beta Patrimonial Promedio sin deuda de la industria. Este valor es necesario apalancarlo de acuerdo a la relación deuda patrimonio de Empresas CMPC, la que se desprende de la *Tabla 16* y corresponde a 0,315. Esta relación es distinta a la que se muestra en la

*Tabla 17*, pues los datos de Bloomberg son menos confiables que los propios datos de la empresa. Solo se utilizan los datos de CMPC sacados de Bloomberg para obtener una imagen más general de la industria, para calcular el beta promedio sin deuda, sin embargo, para apalancar el beta obtenido se utiliza la relación

deuda/patrimonio obtenida con los datos de la empresa. Luego, el beta apalancado de CMPC es 0,859.

A continuación se muestra un cuadro resumen de los parámetros utilizados para el retorno exigido al capital, utilizando el método CAPM:

**TABLA 18: PARAMETROS CAPM**

Parámetro	Valor
$R_f$	3,09%
$R_p$	0,93%
$R_m$	8,66%
$\beta$	0,859

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN DATOS OBTENIDOS EN BLOOMBERG

Con los datos de la Tabla 18, es posible calcular la tasa exigida al capital:

$$R_e = R_f + R_p + \beta * (R_m - R_f)$$

$$R_e = 3,09\% + 0,93\% + 0,859 * (5,56\%) = 8,81\%$$

Con el valor de  $R_e$  ya calculado, se puede obtener el WACC de Empresas CMPC. En la siguiente tabla se muestran los parámetros que permiten calcular la tasa de descuento:

**TABLA 19: PARAMETROS WACC**

Parámetro	Valor
$R_e$	8,81%
$\frac{E}{E + D}$	76%
$R_d$	5,29%
$\frac{D}{E + D}$	24%
$t$	20%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN DATOS DE CMPC Y BLOOMBERG

Por tanto, la tasa de descuento, calculada a través del método WACC, es :

$$WACC = R_e * \frac{E}{E + D} + R_d * \frac{D}{E + D} * (1 - t)$$

$$WACC = 8,81\% * 76\% + 5,29\% * 24\% * (1 - 20\%) = 7,709\%$$

Entonces la tasa de descuento a la cual se evaluará el proyecto de adelantar el nuevo horno de cal será de 7,709% para ambos escenarios de evaluación.

## 5.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En la evaluación económica se determinará si el proyecto de adelantar la instalación del nuevo horno de cal es rentable para CMPC Celulosa. Para ello se realizará un Flujo de Caja de ambos escenarios, comparando la situación base de la planta con la situación con Proyecto. En los dos casos, los beneficios o ingresos del proyecto serán los ahorros de costos que implica la instalación del nuevo horno de cal en la planta.

### 5.6.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

De acuerdo a la “Evaluación de Ofertas Técnicas” de los hornos de cal, el mejor equipo de acuerdo a las necesidades de la Planta Laja es un Horno de Cal con capacidad de producción de 400 t<sub>CaO</sub>/día, manufacturado por la empresa Andritz.

El costo del nuevo horno de cal, puesto en planta, es de 23,5 MM US\$, esto significa que el valor incluye todo el equipamiento, la mano de obra de manufactura y la mano de obra de instalación. Por otro lado, existen una serie de costos indirectos, como la supervisión de la instalación, los derechos de aduanas, los seguros asociados, las conexiones con la planta, los impuestos, entre otros. Los Costos Indirectos en la Fase I del Proyecto de Modernización corresponden al 10% del total de la inversión. Para este proyecto en particular, se considera un 15% del valor del horno en costos indirectos, pues no existen economías de escala que permitan ahorrarse ciertos costos, como si lo había en la Fase I. Por otro lado, se considera para contingencias un 5% del valor de la inversión. Este valor es el mismo que se utilizó en la Fase I. Así, la estructura de costos que explican la inversión es la que se observa en la Tabla 20.

**TABLA 20: VALOR INSTALACIÓN HORNO DE CAL (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES)**

	Valor
Horno de Cal	23,5
Costos Indirectos (15%)	3,5
Contingencias (5%)	1.2
<b>TOTAL</b>	<b>28,2</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE PLANTA LAJA

La vida útil de un horno de cal es de 30 años, sin embargo, luego de ese periodo se puede seguir utilizando el equipo. Basta con observar los hornos de cal presentes

hoy en Planta Laja, los cuales tienen aproximadamente 50 años de vida. Para efectos de este estudio, se utilizará el método de depreciación acelerada, el cual tiene un efecto tributario, al disminuir la utilidad antes de impuesto. La cuota de depreciación será de 2,35 MM US\$ anual.

Finalmente como periodo de evaluación se utilizará 14 años para el escenario 1. Estos 14 años son los 10 años de vida útil del horno de cal, más los años que faltan para que comience la fase II del Proyecto de Modernización. Como el Flujo de Caja es una resta de las dos situaciones, en el escenario sin Proyecto, la última cuota de depreciación se considera hasta 10 años después de la instalación del horno de cal, que en este caso es en el año 2017. Si bien luego del año 4 de la evaluación los ingresos y costos son iguales, después del año 10 hay una “cola” de depreciación y una diferencia en los costos de mantención que se debe considerar.

En el escenario 2 se considera como horizonte de evaluación 10 años, que corresponde a la vida útil del nuevo horno de cal.

Finalmente, en ambos escenarios no se considera un valor residual de los hornos de cal que dejaran de funcionar, esto pues, debido al tamaño de estos equipos y el hecho de que es muy costoso instalarlo en otro lugar para que cumpla la misma función ( producir cal), la empresa los vende “al kilo”, es decir solo recupera el valor del acero y otros materiales de los que está hecho el horno de cal. De acuerdo a fuentes de las plantas, el costo de desarmar el horno de cal y el ingreso por venta de sus componentes es prácticamente igual. Es por ello que la única diferencia entre desarmar o no el horno de cal es la liberación de espacio dentro de la planta.

### 5.6.2. ESCENARIO 1

Como se ha dicho anteriormente, el escenario 1 evalúa la opción de adelantar la instalación del nuevo horno de cal. En la situación original el horno de cal se instalaría el año 2017, mientras que con el proyecto, la instalación se haría 4 años antes. El Flujo de caja del Escenario 1 viene dado por la resta del flujo de caja del caso base menos el flujo de caja del escenario con proyecto.

La evaluación que se realiza es incremental, por lo que solo se consideran los ingresos y costos relevantes, es decir los que cambian con el proyecto. El Flujo de Caja del proyecto es :

$$\text{Flujo de Caja Escenario 1} = \text{Flujo de Caja con Proyecto} - \text{Flujo de Caja Caso Base}$$

La producción de celulosa y todo el funcionamiento de las plantas es igual para todos los casos, por lo que no influye en la toma de decisión, ya que al hacer la resta de estos valores, el resultado es cero.

Entonces, tal como se expuso en la sección 5.3.1, los costos del caso base y de la situación con proyecto son los siguientes:

**TABLA 21: COSTOS ESCENARIO 1(CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES)**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Caso Base</b>	13,59	13,61	13,63	13,65	11,14	11,14	11,14	11,14	11,14	11,15	11,15	11,16	11,17	11,17
<b>Con proyecto</b>	8,58	8,58	8,58	8,58	11,14	11,15	11,15	11,16	11,17	11,17	11,18	11,19	11,19	11,20
<b>Diferencia</b>	5,01	5,03	5,05	5,07	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Estos valores incluyen los costos relacionados con la mantención de los equipos. Es por ello que en los últimos años se obtiene una diferencia negativa, ya que la mantención del horno nuevo durante los primeros años instalado es menor que el costo de mantención del horno cerca del año 14, tal como se puede observar en la Tabla 10. Luego, los ingresos del proyecto es el ahorro de costos que se producirá al adelantar la instalación del horno. Los ingresos corresponden a la fila “Diferencia” de la Tabla 21.

El horizonte de evaluación de este escenario es de 14 años, para considerar el efecto tributario de las depreciaciones que hay luego del año 10 del proyecto. En este caso, estructura de depreciaciones es la siguiente:

**TABLA 22: DEPRECIACIONES ESCENARIO 1 (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES)**

	2013	2014	2015	2016	2017	...	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Caso base</b>	0	0	0	0	2,35	...	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
<b>Con Proyecto</b>	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	...	2,35	0	0	0	0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En resumen, se tiene que durante los primeros años existen ingresos de aproximadamente 5 MM US\$, para luego tener pequeñas pérdidas durante 10 años. Los últimos 4 años de la evaluación son para considerar los intereses que se ahorrarían en el caso base debido a las depreciaciones del horno que se debería instalar el año 2017, por lo que también representan pérdidas para la empresa.

Finalmente, como en este escenario se evalúa la opción de adelantar la instalación del horno de cal, también se adelanta la inversión, por lo que en la estructura del Flujo de Caja, la inversión de 28 MM US\$, va en el año cero, con valor negativo y en el año 4 con valor positivo, de esta forma sólo se considera el valor de adelantar la inversión y no el de la inversión completa, en otras palabras, la inversión en este escenario es el costo financiero de actualizar la inversión desde el año 2016 al año 2012, ya que se supone que el dinero se va a gastar de todas maneras. La tasa a la cual se actualizan los flujos es la tasa de descuento calculada a través del método WACC. Este valor corresponde a 7,2 MM US\$, que se considerará como Inversión de este escenario:

$$Inversión = \$28.210.634 - \frac{\$28.210.634}{(1 + 7,709\%)^4} = \$7.249.978$$

Con todo esto, se realizó la evaluación económica para el escenario 1. La tasa de descuento utilizada fue 7,709 %, calculada en el capítulo anterior. El valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto se observan en la siguiente tabla.

**TABLA 23: INDICADORES EV. ECONOMICA ( ESCENARIO 1)**

<b>VAN (7,709%)</b>	<b>US \$ 7.324.087</b>
<b>TIR</b>	<b>16,113%</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el Anexo 5 se puede observar en detalle el desarrollo de la Evaluación Económica del Escenario 1. En el Flujo de Caja no se consideraron las pérdidas del ejercicio anterior, pues esas pérdidas se compensan con las ganancias propias del negocio de la celulosa, ya que se asume que la empresa siempre tendrá utilidades en el periodo de evaluación de este proyecto. Estos flujos negativos se consideran como disminución de utilidades para el flujo de caja consolidado de la compañía.

### 5.6.3. ESCENARIO 2

En el escenario 2 de esta Evaluación, se considera el caso extremo en que la Fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja no se realice durante el periodo de evaluación, por lo cual todos los flujos deberían pagar la inversión del horno de cal #3. Al contrario que en el escenario 1, suponemos que la inversión solo se realiza en el caso con Proyecto.

En este escenario también se realiza una evaluación incremental, en la cual se considera que en el caso base y en la situación con proyecto, la planta tendrá la misma capacidad productiva de celulosa. Luego, el flujo de caja es la resta entre el flujo de caja de la situación con proyecto y del caso base:

$$\text{Flujo de Caja Escenario 2} = \text{Flujo de Caja con Proyecto} - \text{Flujo de Caja Caso Base}$$

En este escenario el horizonte de evaluación es de 10 años, que es la vida útil del activo.

Los costos de este escenario son los siguientes:

**TABLA 24: COSTOS ESCENARIO 2 (CIFRAS EN MILLONES DE DOLARES)**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Caso base</b>	13,594	13,613	13,632	13,653	13,675	13,698	13,722	13,748	13,775	13,803
<b>Con Proyecto</b>	8,581	8,581	8,581	8,581	8,581	8,586	8,592	8,598	8,604	8,611
<b>Diferencia</b>	5,013	5,032	5,052	5,073	5,095	5,112	5,130	5,150	5,170	5,192



Los ingresos de este escenario son los que se muestran en la fila “Diferencia” de la Tabla 24 y ellos son más de 5 MM US\$ durante los 10 años que dura la evaluación. Los ingresos aumentan pues el costo de mantención de los hornos en el caso base aumentan a una tasa mayor que los costos de mantención del horno nuevo. Estas diferencias se observan en la Tabla 10.

En este escenario solo hay depreciación en el caso con proyecto, este valor corresponde a 2,35 MM US\$. Asimismo la inversión se realiza en el escenario con proyecto el año 2012.

Luego, los resultados de la evaluación económica del escenario 2, son los siguientes:

**TABLA 25: INDICADORES EV. ECONOMICA (ESCENARIO 2)**

<b>VAN (7,709%)</b>	<b>\$ 3.744.928</b>
<b>TIR</b>	<b>10,509%</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para observar más detalles del Flujo de Caja, ver el anexo 8

## 5.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los resultados de la evaluación económica no siempre son un fiel reflejo del futuro y de los verdaderos resultados que se obtendrían con el proyecto, pues se toman ciertos supuestos que son difíciles de predecir.

Para este proyecto en particular se tomaron 4 supuestos que si no se cumplen pueden cambiar considerablemente los resultados de la evaluación económica. Estas variables son: precio de la cal, precio del petróleo, tasa de descuento y año de comienzo de la fase II. A continuación se sensibilizará el flujo de caja variando solo una de las 4 variables y dejando el resto constante. Con esto se pretende saber cuál es el real riesgo que existe para el proyecto si es que los supuestos que se hicieron en la evaluación original no se cumplen y los precios, por ejemplo, son mucho más altos de los estimados.

### 5.7.1. PRECIO DE LA CAL

El precio de cal que se utilizó en la evaluación fue de 160 US\$ /ton<sub>CaO</sub>, el cual fue obtenido de acuerdo a datos históricos de compra de cal por parte de CMPC. Este valor es cercano al promedio de compra de cal de los últimos 3 años. El detalle de estos

datos se puede observar en el Gráfico 4, en donde se obtiene la media móvil de los promedios anuales de precios de compra de cal.

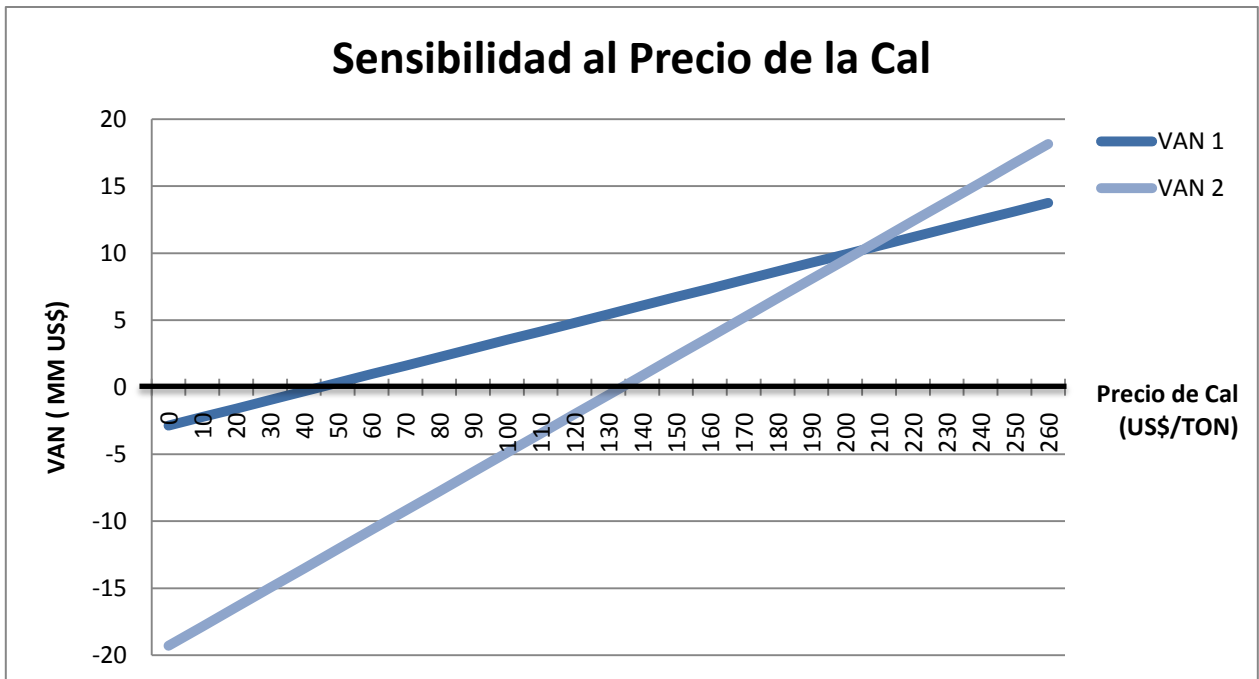
El valor obtenido refleja un escenario probable de los precios a los cuales estará afecto CMPC, no obstante, este valor no necesariamente será el precio de la cal a futuro, pues no se tienen todos los datos necesarios para obtener una buena estimación. Es por ello que el precio de la cal podría variar dentro del periodo de evaluación. Para observar como estas variaciones pueden afectar el resultado de la evaluación económica, es que se calculó, para ambos escenarios, el VAN en distintos casos de precios, desde 0 hasta 260, con un paso de 10 US\$. Es bueno dejar en claro, que el caso de precio cero o precios muy bajos (menores a 50) es solo ilustrativo, para ver como se mueve la curva del VAN y en qué momento se hace negativo. En la Tabla 26 se muestra el valor del VAN para cada uno de los casos. De la misma forma, en el Gráfico 6 se pueden observar las curvas del VAN de ambos escenarios.

**TABLA 26: VAN PARA DISTINTOS PRECIOS DE CAL (US\$/TON)**

Precio de Cal	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)	Precio de Cal	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)	Precio de Cal	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)
0	-\$ 2,87	-\$ 19,29	90	\$ 2,88	-\$ 6,33	180	\$ 8,64	\$ 6,62
10	-\$ 2,23	-\$ 17,85	100	\$ 3,52	-\$ 4,89	190	\$ 9,28	\$ 8,06
20	-\$ 1,59	-\$ 16,41	110	\$ 4,16	-\$ 3,45	200	\$ 9,92	\$ 9,50
30	-\$ 0,95	-\$ 14,97	120	\$ 4,80	-\$ 2,01	210	\$ 10,55	\$ 10,94
40	-\$ 0,31	-\$ 13,53	130	\$ 5,44	-\$ 0,57	220	\$ 11,19	\$ 12,38
50	\$ 0,33	-\$ 12,09	140	\$ 6,08	\$ 0,87	230	\$ 11,83	\$ 13,82
60	\$ 0,97	-\$ 10,65	150	\$ 6,72	\$ 2,31	240	\$ 12,47	\$ 15,26
70	\$ 1,61	-\$ 9,21	160	\$ 7,32	\$ 3,74	250	\$ 13,11	\$ 16,70
80	\$ 2,25	-\$ 7,77	170	\$ 8,00	\$ 5,18	260	\$ 13,75	\$ 18,70

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

GRÁFICO 6: SENSIBILIDAD AL PRECIO DE LA CAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

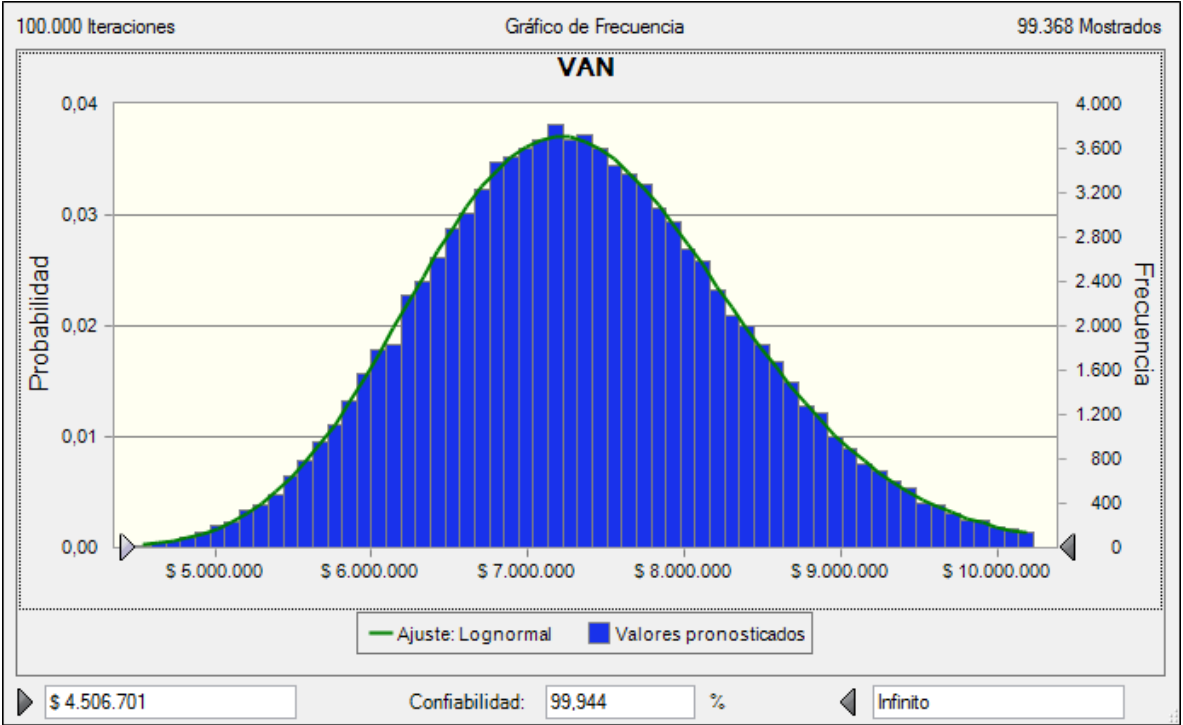
Tal como se observa, a medida que aumenta el precio de cal, el VAN aumenta en ambos escenarios. Esto ocurre pues, el caso base, que es cuando la empresa debe comprar cal, es la parte negativa de la evaluación incremental, por lo que cualquier aumento en sus costos, refleja un aumento de ingresos en la evaluación del escenario completo. Se observa que el proyecto es altamente sensible al precio de la cal, pues un cambio en tan solo 10 US\$ implica un aumento en 0,6 MM US\$ en el VAN del escenario 1 y de 1,44 MM US\$ en el VAN del escenario 2. Es por esto que a medida que aumenta el precio de la cal se vuelve más atractivo económicamente, el escenario en el cual la Fase II no se realiza, pues en él existen flujos positivos durante todo el horizonte de evaluación.

Particularmente, en el año 2011, se ha llegado a comprar cal en valores mayores a 200 US\$ /ton<sub>CaO</sub>.

De la misma forma, se realizó otro análisis, utilizando una simulación de Montecarlo, a través del software computacional "Crystal Ball". La simulación de Montecarlo es un método que utiliza conceptos estadísticos para simular, de acuerdo a una distribución de probabilidades, que ocurrirá en distintos los distintos escenarios que existen. En otras palabras, se tiene una variable aleatoria con cierta distribución de probabilidad, la cual toma distintos valores, el método de Montecarlo toma esos valores y calcula el resultado de la función objetivo. El resultado es un histograma que muestra los distintos valores de esta función. Con estos resultados se puede saber con qué probabilidad la función será mayor o menor que cierto número, o que distribución de

probabilidades sigue. Para este caso se tomó como variable aleatoria el precio de la cal, dejando todos los otros parámetros constantes. Se supuso que el precio de la cal seguía una distribución lognormal, de media 160 US\$ y con una desviación estándar de 16, correspondiente al 10% del valor de la media. Se eligió esa desviación, pues es la que mejor representa precios, ya que su mínimo es cero y no tiene máximo. Los resultados obtenidos en la simulación, para el escenario 1, se muestran en el Gráfico 7.

**GRÁFICO 7: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 1 (PRECIO DE CAL)**

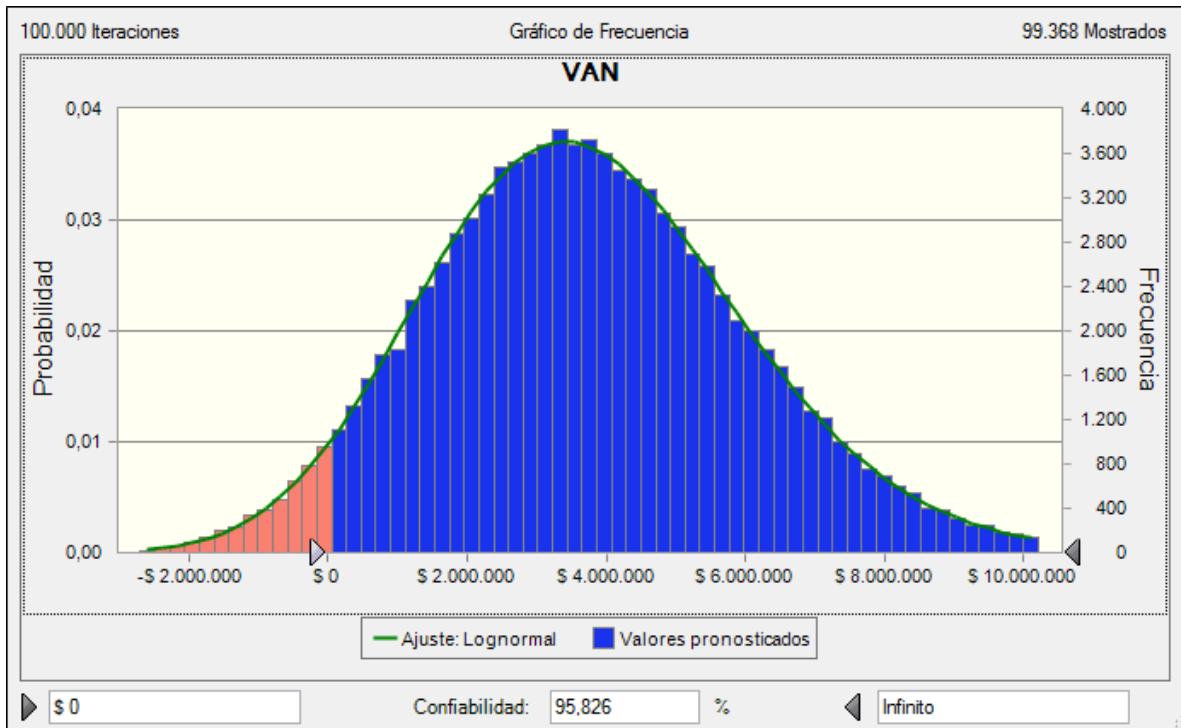


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la simulación se observa que, de acuerdo a la distribución del precio de la cal, siempre el VAN del proyecto será positivo, es más, siempre será mayor que en el VAN del escenario 2.

Para el escenario 2 los resultados de la simulación, bajo los mismos supuestos, son los siguientes:

**GRÁFICO 8: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 2 (PRECIO DE CAL)**



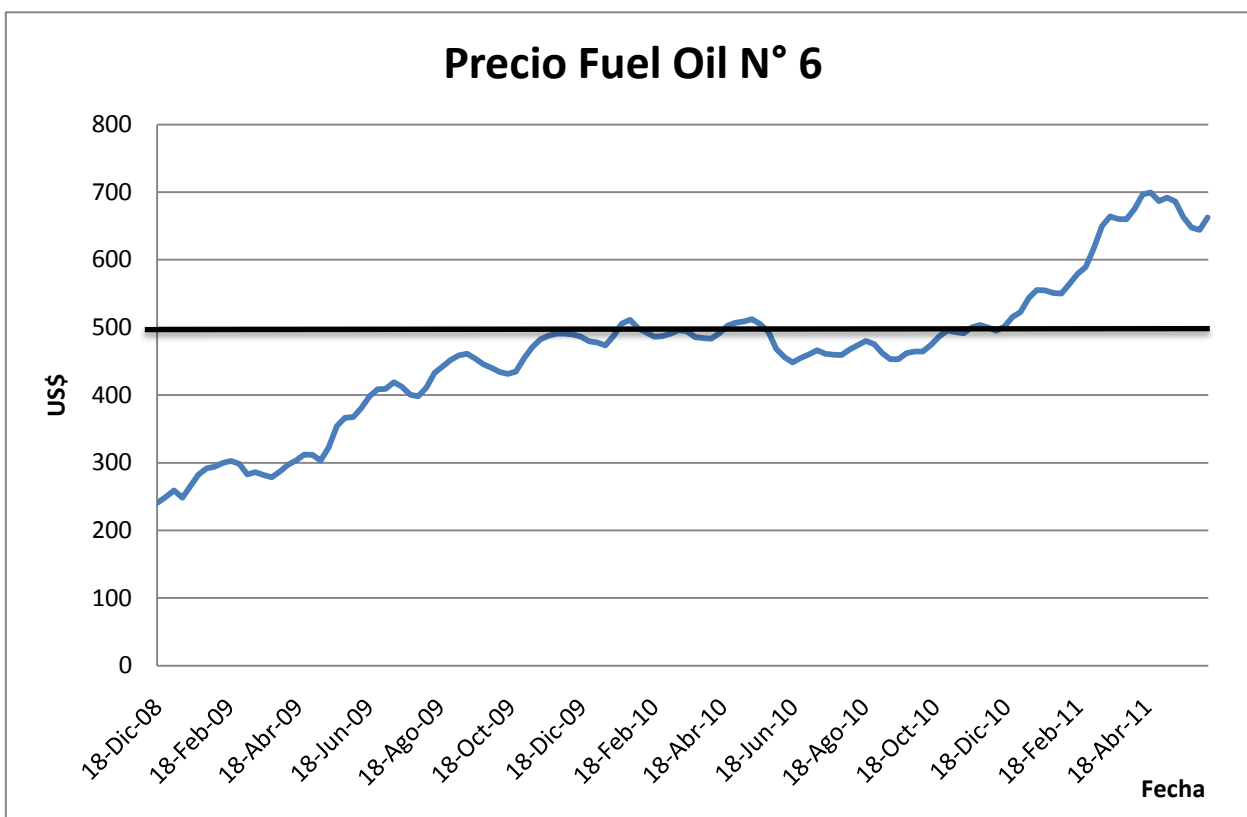
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En este escenario, el VAN tiene un valor positivo en el 95% de los casos y el valor máximo alcanzado es muy similar al valor alcanzado en la simulación del escenario 2.

### 5.7.2. PRECIO DE PETRÓLEO

Al igual que en el caso del precio de la cal, el precio del petróleo fue estimado de acuerdo a datos históricos, por CMPC Celulosa. En este estudio se utilizó un precio de 500 US\$/ ton<sub>FO6</sub>, por recomendación de la empresa, sin embargo el precio del petróleo no es fijo y sufre variaciones de acuerdo a la oferta y demanda. En el siguiente gráfico se puede observar el precio de la tonelada de petróleo # 6 en los últimos 2 años. El valor promedio es 464,5 US\$/ ton<sub>FO6</sub>, pero en el último año este valor estuvo ceca de superar los 700 US\$/ ton<sub>FO6</sub>. Asimismo, la desviación estándar de estos valores en este periodo es de 108,5, es decir, un poco más de un 20% del valor del promedio.

GRÁFICO 9: PRECIO DE FUEL OIL #6



FUENTE: ENAP

Tal como se observa en el gráfico, el precio del petróleo ha aumentado su valor en un 300 % en los últimos 2,5 años, Es más, en lo que va del 2011, el precio del petróleo ha aumentado desde los 500 US\$/ ton<sub>FO6</sub> hasta los 650 US\$/ ton<sub>FO6</sub>. Es por esta variación, que se hace necesario sensibilizar el proyecto con respecto al precio del petróleo, para observar como varia el VAN de acuerdo a los distintos valores que tomará el precio del combustible. Asimismo, será una buena herramienta para cuantificar la importancia del precio del petróleo en el proyecto, en otras palabras, si es relevante la reducción del VAN con una pequeña disminución del precio del petróleo. Para este análisis se utilizaran dos herramientas, en primer lugar se variará el precio del petróleo y se calculará el VAN de forma discreta, mientras que para el segundo caso se realizará una simulación, utilizando el método de Montecarlo.

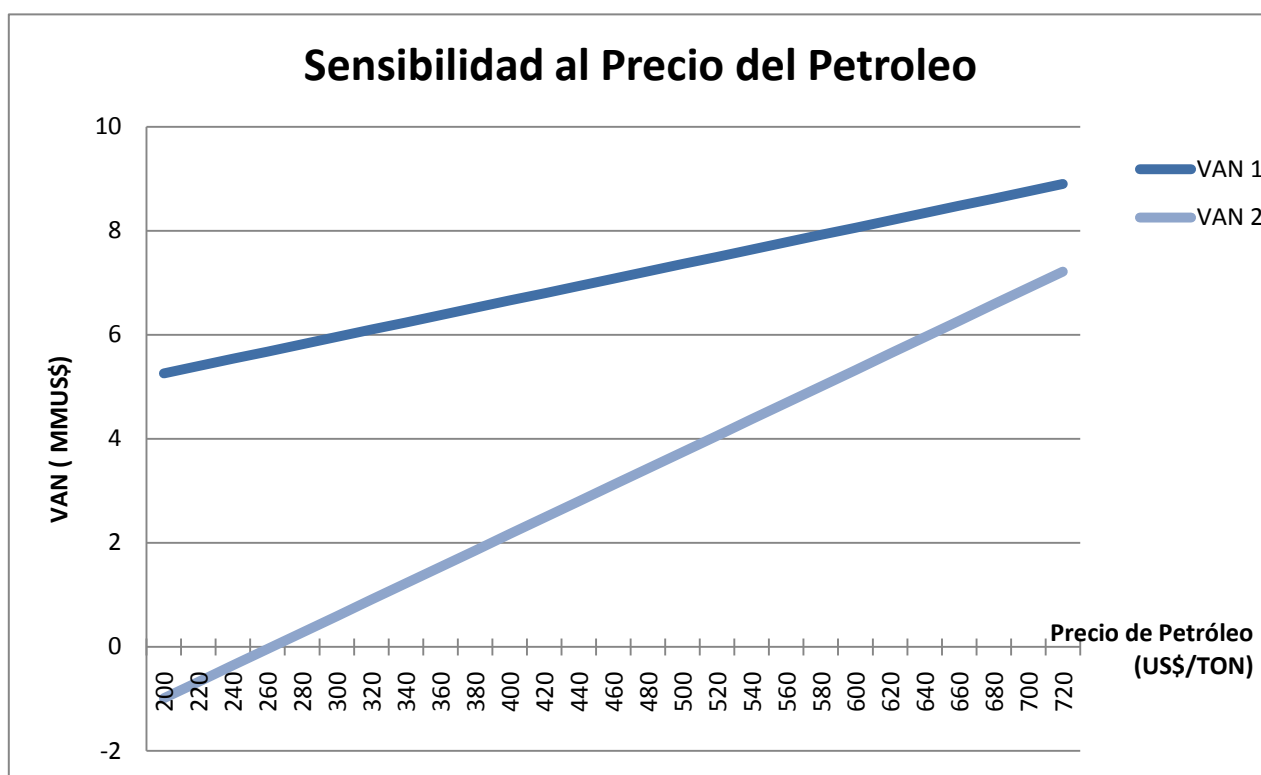
Para el primer análisis de sensibilidad se varió el precio del petróleo con un paso de 20 US\$, desde los 200 US\$/ ton<sub>FO6</sub>, hasta los 720 US\$/ ton<sub>FO6</sub>. Los resultados para cada uno de los valores se observan en la Tabla 27 y en Gráfico 10 se observa el VAN de ambos escenarios.

**TABLA 27: VAN PARA DISTINTOS PRECIOS DE PETRÓLEO**

Precio de Petróleo (US\$/TON)	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)	Precio de Petróleo (US\$/TON)	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)	Precio de Petróleo (US\$/TON)	VAN E1 (MMUS\$)	VAN E2 (MMUS\$)
200	\$ 5,26	-\$ 0,99	380	\$ 6,52	\$ 1,85	560	\$ 7,78	\$ 4,69
220	\$ 5,40	-\$ 0,67	400	\$ 6,66	\$ 2,17	580	\$ 7,92	\$ 5,01
240	\$ 5,54	-\$ 0,36	420	\$ 6,80	\$ 2,48	600	\$ 8,06	\$ 5,32
260	\$ 5,68	-\$ 0,04	440	\$ 6,94	\$ 2,80	620	\$ 8,20	\$ 5,64
280	\$ 5,82	\$ 0,28	460	\$ 7,08	\$ 3,11	640	\$ 8,34	\$ 5,95
300	\$ 5,96	\$ 0,59	480	\$ 7,22	\$ 3,43	660	\$ 8,48	\$ 6,27
320	\$ 6,10	\$ 0,91	500	\$ 7,32	\$ 3,74	680	\$ 8,62	\$ 6,58
340	\$ 6,24	\$ 1,22	520	\$ 7,50	\$ 4,06	700	\$ 8,76	\$ 6,90
360	\$ 6,38	\$ 1,54	540	\$ 7,64	\$ 4,38	720	\$ 8,90	\$ 7,21

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**GRÁFICO 10: SENSIBILIDAD AL PRECIO DEL PETRÓLEO**



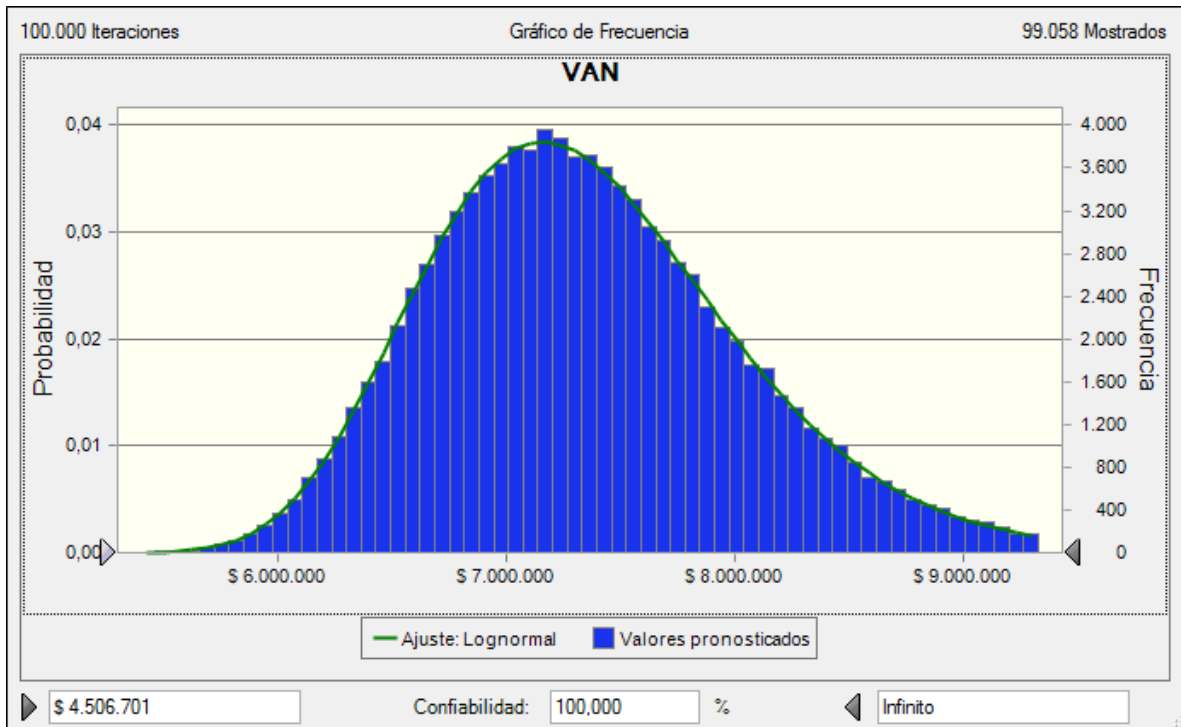
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Al igual que en el caso de la cal, un aumento en el precio del petróleo implica un aumento en el VAN del proyecto para ambos escenarios. Esto pues los hornos que se utilizan en el caso base tienen un mayor consumo de petróleo por tonelada de cal. El proyecto no es muy sensible al precio del petróleo, pues un aumento o disminución en 20 US\$/ ton<sub>FO6</sub> significan un cambio en 0,14 MMUS\$ en el escenario 1 y en 0,315

MMUS\$ en el escenario 2. En este caso, a un mayor precio de petróleo, sigue siendo más atractivo el escenario 2.

La segunda parte de este Análisis de Sensibilidad es la simulación a través del método de Montecarlo. Para esta simulación se considera que el precio del petróleo sigue una distribución lognormal, con media 500 US\$/ ton<sub>FO6</sub> y con una desviación estándar de 100 US\$/ ton<sub>FO6</sub>, que corresponde a un 20% de la media, valor cercano al que se observa en el Gráfico 9. Los resultados de esta simulación se observan en el Gráfico 11, para el escenario 1, y en el Gráfico 12 para el escenario 2.

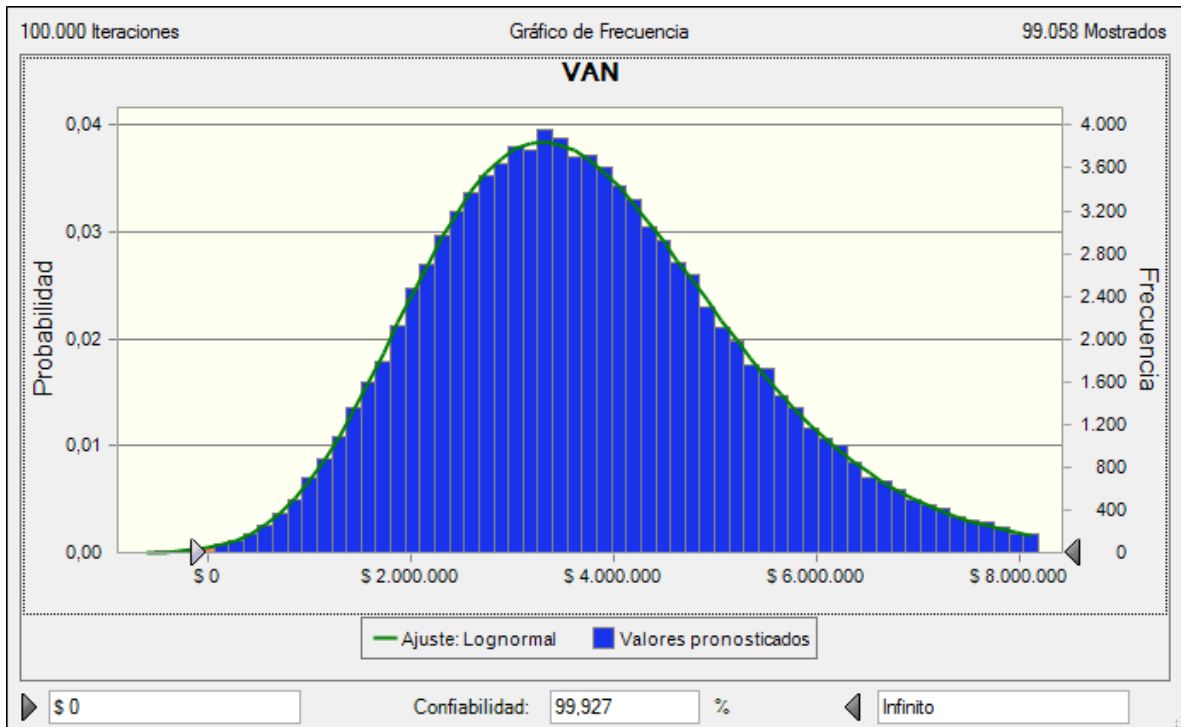
**GRÁFICO 11: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 1 (PRECIO DE PETROLEO)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA EN CRYSTAL BALL



**GRÁFICO 12: SIMULACION DE MONTECARLO ESCENARIO 2 (PRECIO DE PETROLEO)**



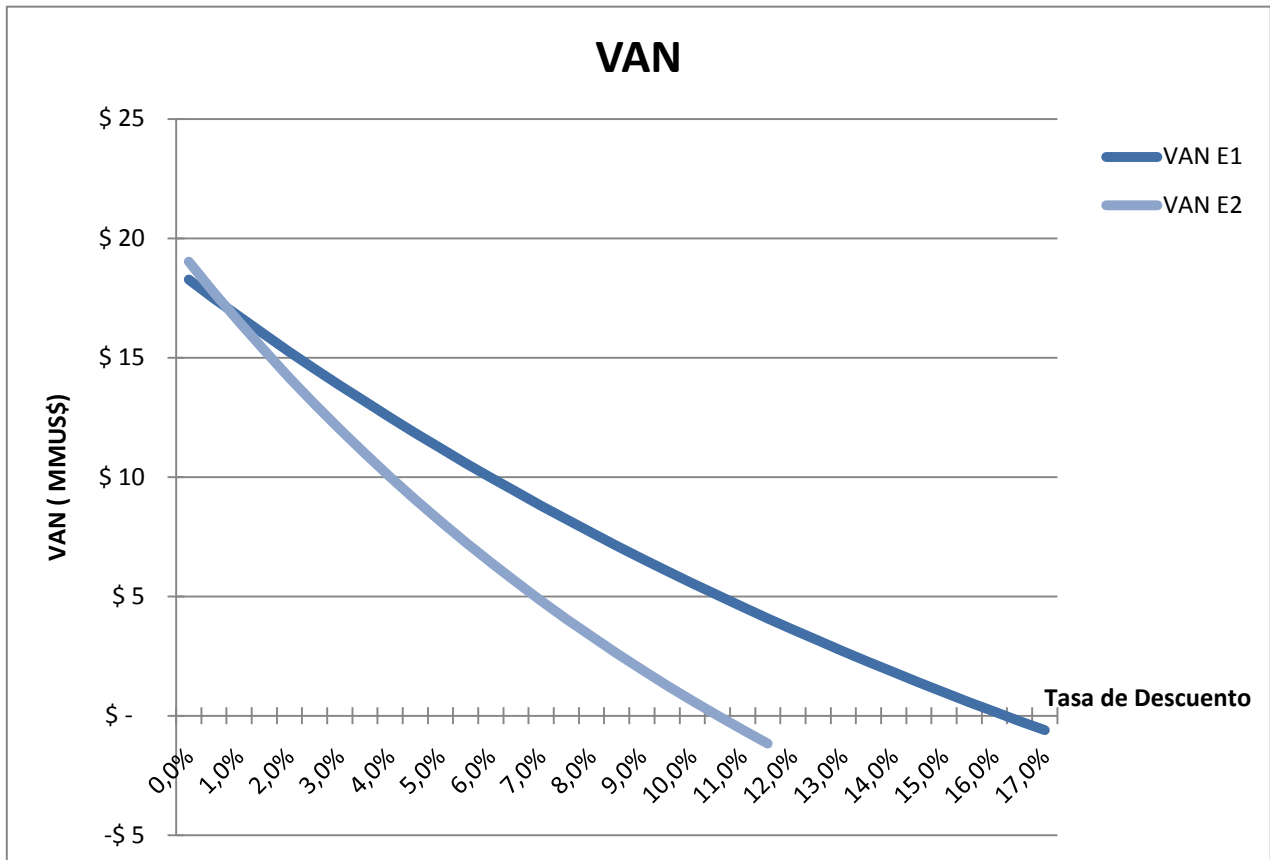
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA EN CRYSTAL BALL

Tal como se observa en los gráficos, el histograma del VAN para esta simulación es más acotado que en la simulación para el precio de la cal, lo que significa que el VAN del proyecto es más sensible al precio de la cal que al precio del petróleo. En ambos escenarios el Valor Actual Neto de los flujos es positivo en casi el cien por ciento de los casos. En ambos casos la función objetivo tiene una distribución de probabilidades Lognormal.

### 5.7.3. TASA DE DESCUENTO

Otra variable que puede cambiar para el proyecto es la tasa de descuento que fue calculada a través del método WACC en el capítulo 5.5 y que tiene un valor de 7,709 %. El método WACC junto con el método CAPM, son teorías que tienen errores, pues tienen varios supuestos que deben cumplirse. Por otro lado, también hay varios valores que se obtuvieron a través de supuestos o de información de mercado que puede cambiar de forma inesperada en el futuro, luego es necesario observar como varía el VAN de acuerdo a la tasa de descuento. La curva del VAN se observa en el Gráfico 13.

**GRÁFICO 13: VALOR ACTUAL NETO (VAN)**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 5.7.4. AÑO DE COMIENZO DE FASE II

Otro de los supuestos que se consideró – sólo para el primer escenario – es que la fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja comenzaría su funcionamiento el año 2017. Si bien, según planificación, la puesta en marcha de las mejoras debería ser en ese año, este es un parámetro a sensibilizar, pues no existe la certeza de que así ocurra. Un retraso en el aumento de la capacidad, implica usar los hornos antiguos por más tiempo, los cuales producen cal a un costo mayor que los hornos nuevos. Esto significa que los flujos del escenario 1 serán positivos por más de 4 años, por lo que se espera un mayor VAN, sin embargo, la inversión también se posterga, por lo que adelantar la inversión por más años sería más costoso. En el capítulo 5.6.2, se calculó la inversión de la siguiente forma:

$$Inversión = \$28.210.634 - \frac{\$28.210.634}{(1 + 7,709\%)^{(n-2013)}} = \$7.249.978$$

Donde n es el año en el cual se realiza la inversión. El primer término de esta fórmula es la inversión que se realiza en el año 0, es decir en el caso con proyecto,

mientras que la segunda parte es la inversión que se realiza en el caso base, llevado a valor presente. Luego, la resta de estos dos valores representa a la inversión real del proyecto.

En la siguiente tabla se pueden observar los distintos valores del VAN, tomando en cuenta que la Fase II del Proyecto de Modernización entra en funcionamiento en distintos años. Además se muestra su variación anual. Asimismo, se muestra el valor real de la inversión que se realizaría de acuerdo a cuando es la puesta en marcha de las mejoras de la Fase II. En la última columna se muestra el Indicador IVAN, para poder comparar los distintos casos.

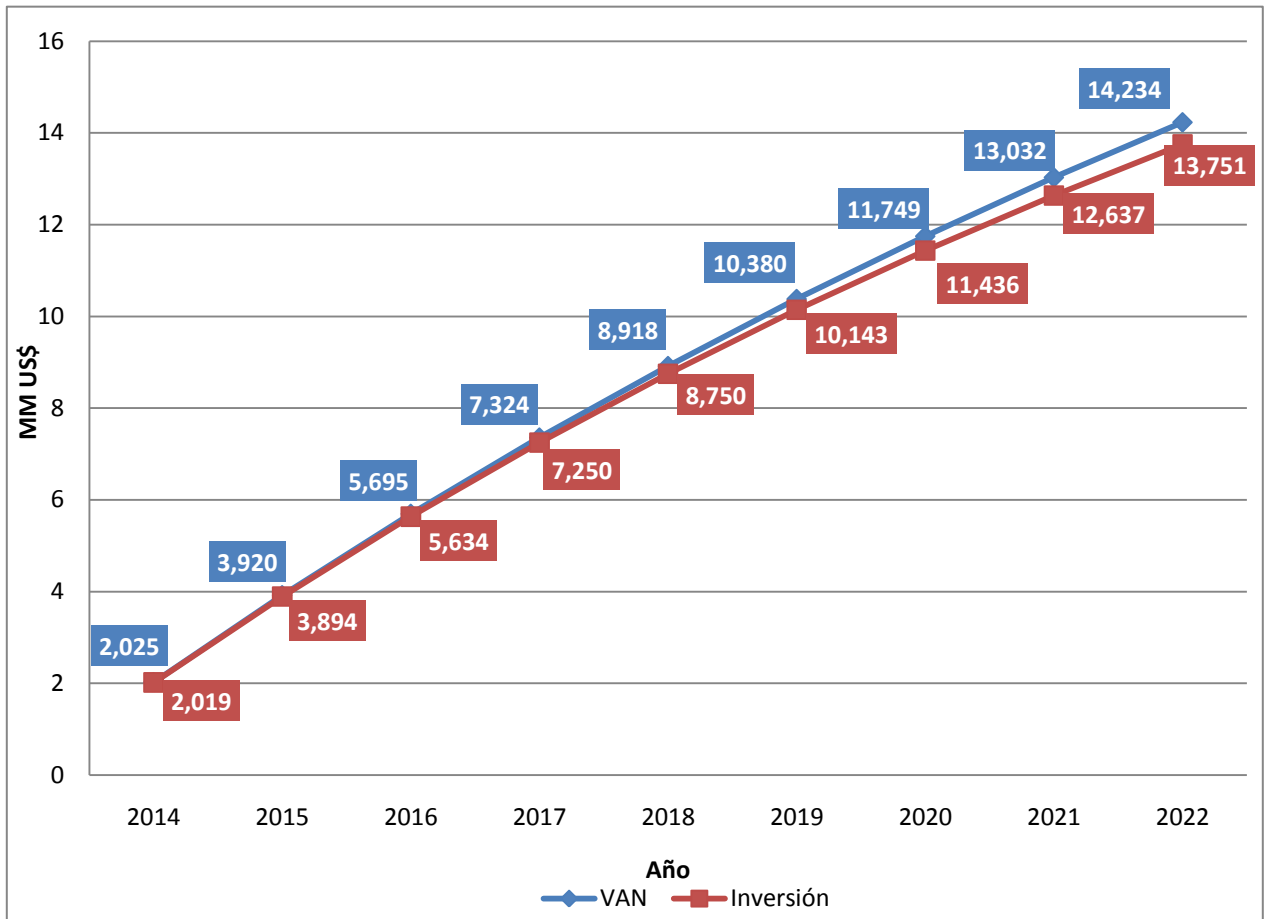
**TABLA 28: INDICADORES SENSIBILIDAD AÑO DE COMIENZO FASE II**

Año	VAN	Variación	Inversión	IVAN
2014	2,025	0,00	2,019	1,0027
2015	3,920	1,90	3,894	1,0068
2016	5,695	1,78	5,634	1,0109
2017	7,324	1,66	7,250	1,0150
2018	8,918	1,56	8,750	1,0192
2019	10,380	1,46	10,143	1,0233
2020	11,749	1,37	11,436	1,0273
2021	13,032	1,28	12,637	1,0312
2022	14,234	1,20	13,751	1,0351

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la Tabla 28 se puede observar que el valor del VAN aumenta a medida que la implementación de la Fase II se aleja, sin embargo este aumento es a tasa decreciente, es decir cada vez aumenta menos. Por otro lado, se puede ver que la inversión también aumenta a medida se pospone la Fase II. Esto pues el valor presente del inversión del caso base se hace más pequeño a medida que se aleja, por lo que en términos relativos la inversión del caso con proyecto se agranda. El valor de la inversión es similar al valor del VAN, sin embargo a medida que aumentan, la diferencia también se hace más grande. La diferencia se puede ver con mayor notoriedad en el Gráfico 14. Como los valores del VAN y de la inversión son muy similares, es necesario calcular otro indicador para poder compararlos. Para ellos se calcula el IVAN, indicador que entrega cuantos dólares gana por cada dólar invertido. En todos los casos el valor es mayor que 1, y se va a agrandando a medida que pasan los años.

**GRÁFICO 14: SENSIBILIDAD AÑO DE COMIENZO FASE II**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con esto se quiere mostrar que aunque la Fase II del Proyecto de Modernización se postergue hasta el final del horizonte de evaluación, la ganancia para la empresa es mayor si es que se hace el proyecto. De la misma forma, por cada año que se retrasa la puesta en marcha, el proyecto se hace más atractivo desde el punto de vista financiero, pues si bien aumenta la inversión, por cada dólar invertido se obtiene un mayor retorno.

Un caso extremo de esta situación es el escenario 2 de la evaluación, en donde se supone que la fase II se posterga más allá del horizonte de evaluación. Los resultados de este escenario son mucho más bajos que los que se muestran en este análisis de sensibilidad. Esto ocurre pues, en el escenario 2 la inversión que se realiza es por el horno completo, pues no se considera que la fase II se realice hasta el año 2022.

## 5.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos y la posterior sensibilidad al VAN que se realizó con las variables riesgosas, es posible ver que en la mayoría de los casos conviene instalar un nuevo horno de cal en la Planta Laja de CMPC Celulosa. Esto ocurre pues el precio de la cal ha aumentado su valor a casi el doble en los últimos años, por lo que producir la cal dentro de la planta es mucho más conveniente que comprarla a externos; Los flujos asociados al ahorro de costos de dejar de comprar cal y producirla dentro de la propia empresa son suficientes para pagar el valor del horno del horno de cal, o en este caso, pagar el costo financiero de adelantar la inversión.

En la evaluación se consideró un precio de cal de US\$ 160 por tonelada, que si bien no es un fiel reflejo del mercado, si representa los precios a los cuales CMPC está expuesto. Por otro lado, producir la cal dentro de la propia planta con los hornos actuales tiene un costo de cerca de US\$ 118 por tonelada, es decir, en promedio a CMPC Celulosa cada tonelada de cal le cuesta US\$ 136. En cambio, el costo de una tonelada de cal, producida por el nuevo horno de cal, es de US\$ 77. Esto es un ahorro del 43% por tonelada de celulosa, que equivale a cerca de 5 millones de dólares anualmente.

Por otro lado, el gasto de CMPC en cal externa es de cerca de 3,7 millones de dólares anualmente. Esto es equivalente a comprar 66 toneladas de cal diarias a un precio de  $160\text{US}\$/t_{\text{CaO}}$ . Si consideramos que la inversión en el horno de cal es de 28 millones de dólares, el gasto en cal anual es cerca de un 13% del valor de la máquina. Lo que es un valor relevante, ya que esta cantidad de dinero se está gastando en algo que se puede producir dentro de la misma planta a un costo menor a la mitad del que se está comprando hoy en día.

En otro orden de cosas, con el proyecto se soluciona el problema de incertidumbre en el abastecimiento, pues la producción de cal solo dependerá de factores internos y no de otros proveedores. Problema importante para la empresa, pues cuando la cal se compra a externos, en ocasiones, puede no llegar en el tiempo previsto, lo que se traduce en una baja de producción de celulosa, siendo este el principal negocio de la compañía. Tal como se comentó en capítulos anteriores, es necesario  $0,25 t_{\text{CaO}}$  para producir una tonelada de celulosa, por lo que sí existe retraso en el suministro de cal, se dejarían de producir 4 toneladas de celulosa por cada tonelada de cal deficitaria. Si consideramos que el precio de 1 tonelada de celulosa de fibra corta es de US\$ 450 y que el costo de producción de cada tonelada es cercano a los 250 US\$, entonces la no producción de esas 4 toneladas implica que la empresa deja de ganar, como margen, US\$800; Esta es la principal razón por la cual está dispuesta a comprar cal a precios que muchas veces está por sobre el valor de mercado, pues la falta de este insumo fundamental, disminuiría en forma considerable la producción de celulosa. La empresa jamás dejaría de producir de celulosa por falta de cal, es por ello que pagaría el precio que el productor de cal fije.

Con respecto a los resultados de la evaluación, se observa que el escenario 1 del estudio obtiene un mayor VAN y TIR que el escenario 2. Esto ocurre principalmente, pues la inversión en el primer caso es menor, ya que está previsto que en el caso base, se instale el horno dentro del horizonte de evaluación, lo que disminuye considerablemente la inversión. Por otro lado, en el escenario 1, en el cual se supuso que el horno de cal se instala si o si en la planta durante el periodo de evaluación, solo hay flujos positivos durante los primeros 4 años, mientras que en el segundo escenario, en donde no se instala el horno de cal en el caso base, los flujos positivos son durante los 10 años que dura la evaluación. A pesar de eso, el escenario 1 tiene mejores indicadores, pues la inversión es un 75% menor. Asimismo, en el escenario 1, por cada dólar que se invierte se obtiene más de uno de VAN, mientras que en el escenario 2, por cada dólar que se invierte se obtiene cerca de 0,13 dólares de VAN.

Por otra parte, en el análisis de sensibilidad del escenario 1 es posible observar que el proyecto es rentable mientras el precio de la cal supere los 50 US\$/t<sub>CaO</sub>, para precios más bajos, el VAN se hace negativo. Mientras que para el escenario 2, el punto en el cual la rentabilidad es negativa es cuando el precio de la cal es menor a 130 US\$/t<sub>CaO</sub>. Asimismo, a medida que aumenta el precio de la cal el VAN del escenario 2 aumenta a tasas mayores que el VAN del escenario 1, por lo que si el precio de la tonelada de cal es mayor que US\$ 210, el escenario 2 es más atractivo económicamente. En síntesis, si el precio de la tonelada de cal es menor que US\$ 50 ambos escenarios son negativos, si el precio está entre US\$ 50 y US\$ 210 el escenario 1 es más conveniente, mientras que si el precio es mayor a US\$210 el escenario 2 es mejor. Con el precio del petróleo ocurre algo similar, pero el proyecto no es tan sensible al precio de este combustible.

Otro punto a destacar, dentro del análisis es que el que tiene relación con la tasa de descuento calculada a través del método WACC. El método WACC no es del todo certero al calcular la tasa de descuento, pues utiliza el método CAPM para calcular tasa exigida al capital, en donde hay que hacer una serie de supuestos. Por ejemplo, en particular para el WACC que se calculó en este trabajo, se utilizaron empresas similares para obtener el beta de Empresas CMPC, sin embargo el proyecto a evaluar era en CMPC Celulosa, por lo que se debería haber comparado con empresas del área de celulosa, o bien ponderar por la participación que tiene la celulosa en los negocios de las firmas similares a CMPC, sin embargo, al ser Empresas CMPC un holding forestal, la tasa de descuento de los inversionistas debe representar el costo de oportunidad de todas las áreas de negocio de la empresa, por lo que es correcto utilizar la tasa de descuento del holding y no la de CMPC Celulosa solamente. Otro supuesto que puede fallar son los datos para apalancar o desapalancar los Beta. Todos estos datos fueron obtenidos a través de Bloomberg, una herramienta confiable para obtener información, que se basa en los estados financieros públicos para difundir los indicadores, sin embargo, estos datos pueden no estar actualizados con la realidad de la empresa, como fue lo que sucedió con CMPC, en donde el porcentaje de deuda con el que se

contaba de forma interna no coincidía con el que estaba publicado en Bloomberg. Asimismo, pueden existir datos de empresas que no sean confiables y que se utilicen como base para hacer el análisis en la propia empresa. Si bien esto no ocurrió en el mercado de la celulosa si ha ocurrido recientemente en el mercado del retail chileno, en el caso La Polar, en donde los indicadores publicados en sus estados financieros, no correspondían a los verdaderos niveles de deuda y patrimonio.

Finalmente, este año se ha visto como un grande de la economía mundial, que es Estados Unidos, ha tenido problemas financieros lo que ha hecho que el resto de las economías globales especule sobre cómo reaccionaría el mercado. Asimismo, Standard & Poor's ha bajado la clasificación de riesgo de Estados Unidos desde AAA hasta AA+. Esto significa que debido a los problemas que ha tenido la economía estadounidense no sería recomendable utilizar la Tasa del Bono del Tesoro de EE.UU, ya que ha aumentado la probabilidad de no pago de estos bonos. Como alternativa se pueden utilizar los bonos del Banco Central de Chile.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CMPC es una de las empresas productoras de celulosa líderes del mercado, destacándose por los bajos costos de producción de la pulpa. Es por ello que siempre está buscando diferentes alternativas para optimizar procesos, disminuir costos y actuar con conciencia ambiental, respetando la integridad del medio ambiente. Todo esto con el fin de ser una empresa de excelencia y referentes de la industria. En ese plan de acción se enmarcó el desarrollo de este trabajo de título, el cual fue motivado para mejorar el nivel de producción de cal, para no depender de terceros y también cambiar dos equipos antiguos que si bien funcionan, las alternativas de reemplazo tienen una mejor tecnología, lo que se traduce en mejor eficiencia en el proceso productivo.

El principal objetivo de esta memoria consistió en evaluar económicamente la opción de adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en Planta Laja de CMPC Celulosa. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el objetivo general de este trabajo se logró, pues los números reflejan que es conveniente adelantar la instalación de un nuevo horno de cal en Planta Laja. En este trabajo se analizaron las diferentes alternativas de tiempo de instalación, evaluando cuando era, económicamente, más conveniente instalar el horno, suponiendo o no que existirá un aumento de capacidad en la planta.

Sobre los resultados obtenidos, se puede comentar que la evaluación económica entrega resultados positivos para todos los escenarios propuestos. Sin embargo, para el escenario 1, en donde el horno se instala en el caso base y en el caso con proyecto, los resultados son mejores, pues la inversión que se considera es solo el valor

financiero de adelantar la compra del horno. Luego, el VAN de este escenario es cercano al valor de la inversión, por lo que sobre el costo de oportunidad, la empresa aumenta su riqueza en el mismo monto que invirtió.

En el escenario 2, no se consideró que el horno de cal se instalara en el caso base, por lo que la inversión en este caso fue todo el valor del horno. Los resultados de esta evaluación también reflejan valores positivos, sin embargo el Valor Actual Neto de los flujos es cercano a la mitad de los obtenidos en la evaluación del escenario 1, lo que sumado a una mayor inversión, hace que este escenario sea menos atractivo que el primero. No obstante, este resultado no deja de ser alentador, pues existe incertidumbre dentro de la empresa sobre si es conveniente realizar la fase II del Proyecto de Modernización de Planta Laja, por lo que si hoy se toma la decisión de reemplazar los hornos de cal, en cualquiera de los dos casos la compañía obtendría ganancias.

Por otro lado, el reemplazo del horno de cal en Planta Laja tiene variadas consecuencias positivas para CMPC Celulosa. En primer lugar, se reemplazan dos equipos que tienen un antigüedad de más de 50 años, por un equipo nuevo, que es más eficiente que los hornos antiguos, ya que necesita dos tercios del petróleo que necesitan los hornos 1 y 2 para producir la misma cantidad de cal. Esto se traduce que en menos emisiones contaminantes, debido al quemado de petróleo, en el proceso de producción de cal. En consecuencia, CMPC podría aprovechar este ahorro en petróleo para mejorar su imagen en el ámbito medioambiental.

Adelantar la instalación de un nuevo horno de cal, además, solucionaría el problema de abastecimiento de cal, dependiendo únicamente de la producción propia y no de terceros. En ese sentido, la cal producida dentro de la planta es mucho más barata que la que es comprada en el mercado. El alto precio al cual CMPC compra la cal se debe a la alta disposición a pagar por este insumo, pues no tener una tonelada de cal, implica dejar de producir 4 toneladas de celulosa. El principal negocio de CMPC es la venta de celulosa, en consecuencia nunca dejará de producirla por falta de una tonelada de cal, de manera que están dispuestos a pagar el margen que le entregaría la venta de 4 toneladas de celulosa.

Una consecuencia no cuantificable de la instalación del nuevo horno de cal es la liberación de espacio dentro de la planta, pues al estar en funcionamiento el horno #3, los hornos # 1 y #2 no son necesarios, por lo que el lugar en donde están desplazados quedarían para libre uso dentro de la planta, ya sea para utilizarlo como bodega para otros insumos, estacionamiento para camiones, instalación de un silo de cal o lo que la empresa estime conveniente. Si bien, el horno de cal #3 es más grande que los hornos actuales, el espacio que utiliza es menor que el espacio que usan los hornos actuales juntos.

Un punto no menor dentro de este estudio, es no tener la certeza sobre la puesta en marcha de la Fase II, pues el proyecto de reemplazo del horno de cal corresponde a esa parte del Proyecto de Modernización de Planta Laja. Si bien, para ambos casos la



evaluación es favorable para la empresa, en el caso de que nunca se aumente la capacidad de producción de la planta, el horno estaría sobredimensionado para las necesidades de cal, por lo que no estaría produciendo a su capacidad óptima, por lo que los costos unitarios de producción de cal serían mayores, ya que existen costos fijos asociados, como el costo de energía eléctrica.

Para tomar una mejor decisión sería recomendable para la empresa clarificar las reales intenciones de llevar a cabo la fase II del Proyecto de Modernización la Planta Laja, pues es necesario reemplazar los hornos de cal presentes en la planta y el tamaño de ellos depende netamente de la capacidad de producción de celulosa que tendrá la planta. Si es que se considera hacer la fase II, sin importar en cuantos años más se lleve a cabo, es recomendable instalar el horno de 400 ton<sub>CaO</sub>/día de capacidad que se utilizó en esta evaluación. Si la opción es no realizar las mejoras, entonces conviene instalar un nuevo horno de cal con capacidad para 300 ton<sub>CaO</sub>/día. Esto pues si es que no se instala el nuevo horno, CMPC deberá comprar 66 ton<sub>CaO</sub>/día, que son cerca de 4 MMUS\$, al precio de esta evaluación.

Sobre la metodología utilizada, se puede concluir que la Evaluación Incremental es una buena herramienta para evaluar proyectos de este tipo, pues así no se consideran costos no relevantes para el proyecto, que en cualquiera de los escenarios estarían, como por ejemplo cuanta celulosa vende la compañía o cuanto son los costos de producción. Sin embargo, el método WACC, para calcular la tasa de descuento no es del todo confiable, pues considera información de mercado para estimar la tasa exigida al capital, a través del método CAPM. Esta información muchas veces no es del todo certera al caracterizar la industria, pues puede estar influenciada por crisis en ciertos países o especulaciones que no son reflejo del mercado. Otro problema del WACC es que supone la estructura de capital y el costo de la deuda constante, lo que no siempre es así.

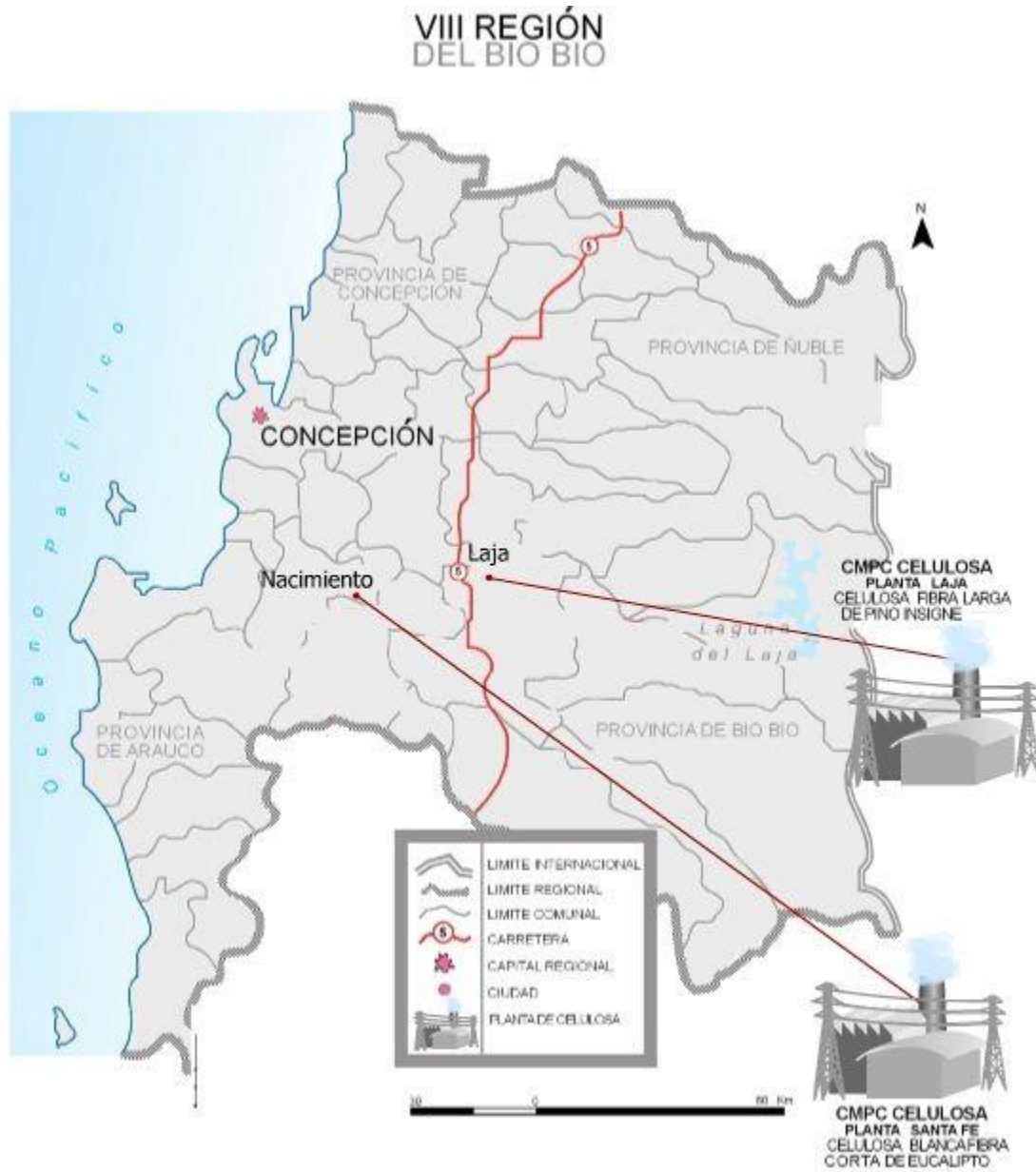
Para seguir siendo líder en un mercado tan competitivo y atomizado, como lo es de la celulosa, CMPC Celulosa debe estar de forma constante revisando sus procesos productivos para ir mejorándolos continuamente; estas mejoras en la producción deben agregar valor a la compañía, como también ser amigables con el medio ambiente. Así no tan solo mejoran los estados financieros de la compañía, sino que también mejora la visión que tienen las personas sobre las empresas productoras de celulosa. Este plan de acción no solo le permitiría ser una empresa modelo dentro de la región y en el rubro de la celulosa, sino que también puede dar el ejemplo a otras empresas productoras de materias primas a nivel mundial.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

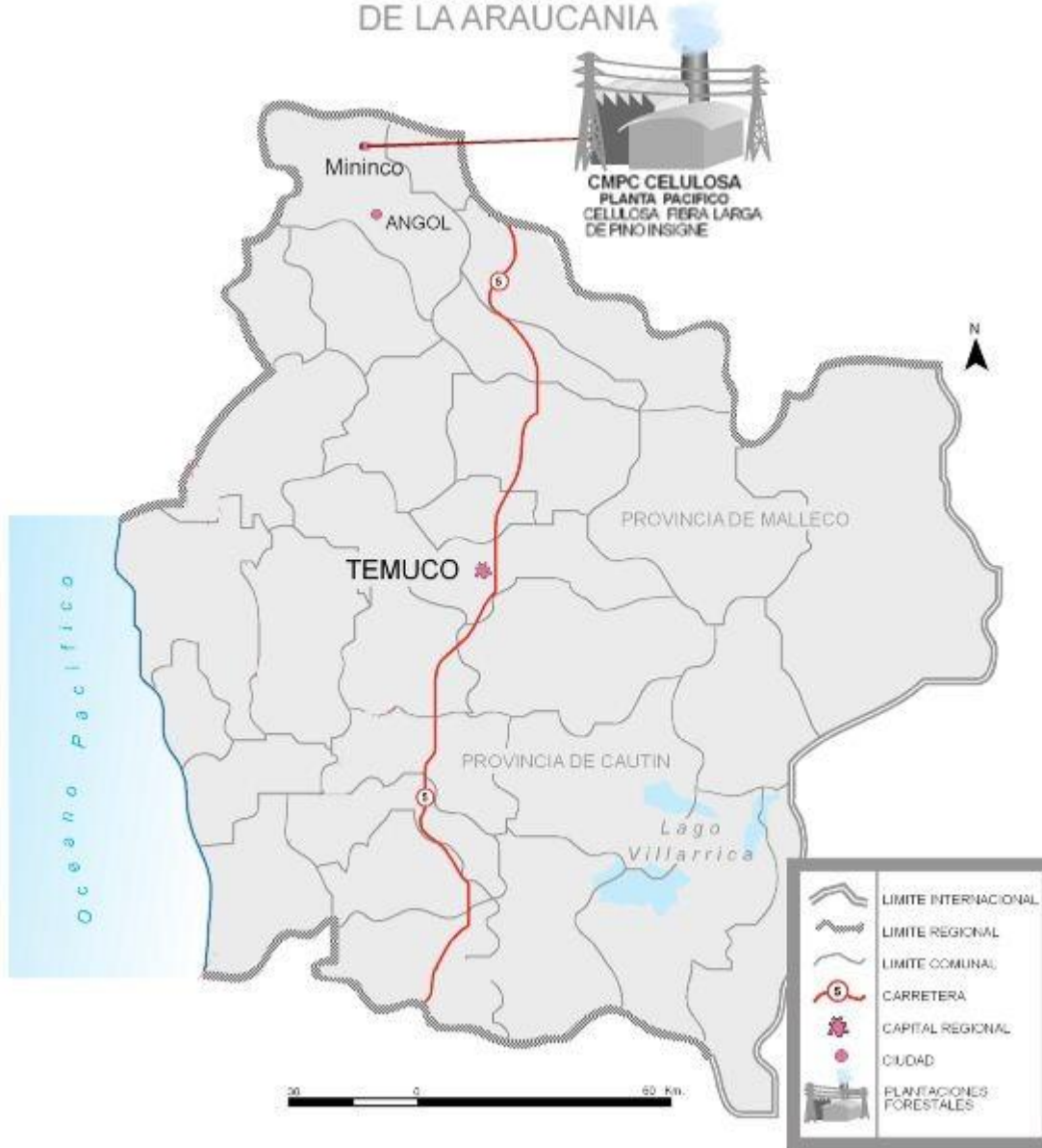
- BLOMFELDT RUNE (2010). Lime Make-up Review. CMPC Mills at Santa Fe, Pacifico and Laja, CMPC Celulosa S.A.
- BOZZALLA FRANCO T. (2011), T., “Panorama de la Celulosa: Sinopsis de la industria, mercados y proyecciones”, [Diapositivas], CORMA, Santiago, Chile.
- CAP ACERO, Compañía Siderúrgica Huachipato, web institucional [en línea], <http://www.capacero.cl/> [consulta: 23 de Marzo de 2011].
- CMPC CELULOSA S.A. (2008), Estudio de Impacto Ambiental “Modernización Planta Laja”.
- DIEZ CHRISTIAN; CONTRERAS EDUARDO, Apuntes de Evaluación de Proyectos: Capitulo 8: Flujo de Caja Privado.
- EMPRESAS CMPC, Papelnet, [en línea] <http://www.papelnet.cl/celulosa/index.htm> [consulta: 31 de Enero de 2011].
- EMPRESAS CMPC, Memoria 2010
- GULLICHSEN, JOHAN; FOGELHOLM, CARL-JOHAN (2000). Papermaking science and Technology: 6B. Chemical Pulping. Finland: Tappi Press.
- LIBBY, C. EARL.(1969). Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo I: Pulpa. 2ªEd. Cía Editorial Continental S.A. México-España-Argentina-Chile.
- MULLINS GUILLERMO (2009) “¿Hacia dónde va la industria forestal chilena?”, [Diapositivas], CORMA, Santiago, Chile.
- TÖRMALA JANICE (2007). Lime kiln options for Laja pine line, AF CONSULT

# ANEXOS

## ANEXO 1: Ubicación de Plantas de Celulosa de CMPC en Chile



# IX REGIÓN DE LA ARAUCANIA



## ANEXO 2: FICHA TECNICA DE CAL



<b>CMPC Celulosa S.A.</b>		<b>CODIGO:</b>	
		<b>FECHA : 10 Enero 2011</b>	
		<b>REV : 00</b>	
<b>FICHA TECNICA CAL VIVA (CaO)</b>			
USO	: Producción de licor blanco junto al licor verde proveniente de la Caldera Recuperadora.		
PRODUCTO	: Oxido de calcio, cal o cal viva		
<b>VALORES EXIGIDOS</b>			
* CaO Total	: 90 %	MINIMO	
* CaO activo	: 84 %	MINIMO	
* MgO	: 0,8 %	MAXIMO	
* SiO <sub>2</sub>	: 1,5 %	MAXIMO	
* <b>Granulometría</b>	: Entre 8 y 30 mm		
Distribución de la granulometría	: Entre 8 y 18 mm	10 %	
	: Entre 19 y 25 mm	80 %	
	: Entre 26 y 30 mm	10 %	
PRESENTACION	En maxibags de 1.000 kilos con barrera de protección contra la humedad, claramente identificada con el nombre del producto y del proveedor, la fecha de fabricación y el número de lote o batch		
ALMACENAMIENTO	:En lugares secos		
* <b>PARAMETROS A SOLICITAR EN UN CERTIFICADO DE CALIDAD POR CADA ENTREGA INDIVIDUAL.</b>			
<b>REALIZADO POR</b>		<b>APROBADO POR</b>	

### ANEXO 3: COSTOS CASO BASE ESCENARIO 1

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Consumo de Cal Externo	23.100	23.100	23.100	23.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio Cal	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0
<b>Total Compra de Cal</b>	<b>3.696.000</b>	<b>3.696.000</b>	<b>3.696.000</b>	<b>3.696.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Consumo de Petroleo	18.060	18.060	18.060	18.060	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655
Precio Petroleo	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Total Consumo Petroleo</b>	<b>9.030.000</b>	<b>9.030.000</b>	<b>9.030.000</b>	<b>9.030.000</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.625</b>	<b>10.327.500</b>	<b>10.327.500</b>	<b>10.327.500</b>	<b>10.327.500</b>
Consumo Energia	5.429	5.429	5.429	5.429	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620
Precio Energia	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Total Consumo Energia</b>	<b>488.603</b>	<b>488.603</b>	<b>488.603</b>	<b>488.603</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>	<b>415.800</b>
<b>Mantenición</b>	<b>379.000</b>	<b>397.950</b>	<b>417.848</b>	<b>438.740</b>	<b>190.000</b>	<b>190.000</b>	<b>190.000</b>	<b>190.000</b>	<b>190.000</b>	<b>195.700</b>	<b>201.571</b>	<b>207.618</b>	<b>213.847</b>	<b>220.262</b>
Cal transportada	0	0	0	0	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Lodos transportados	0	0	0	0	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
Precio Transporte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Transporte</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>	<b>210.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-13.593.603</b>	<b>-13.612.553</b>	<b>-13.632.450</b>	<b>-13.653.343</b>	<b>-11.143.425</b>	<b>-11.143.425</b>	<b>-11.143.425</b>	<b>-11.143.425</b>	<b>-11.143.425</b>	<b>-11.149.125</b>	<b>-11.154.871</b>	<b>-11.160.918</b>	<b>-11.167.147</b>	<b>-11.173.562</b>
Depreciación					2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886

## ANEXO 4: COSTOS SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 1

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Consumo de Cal Externo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio Cal	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	0	0	0	0
<b>Total Compra de Cal</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo de Petroleo	15.530	15.530	15.530	15.530	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655	20.655
Precio Petroleo	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Total Consumo Petroleo</b>	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	10.327.625	10.327.625	10.327.625	10.327.625	10.327.625	10.327.625	10.327.500	10.327.500	10.327.500	10.327.500
Consumo Energia	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620
Precio Energia	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Total Consumo Energia</b>	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800
<b>Mantención</b>	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	195.700	201.571	207.618	213.847	220.262	226.870	233.676	240.686	247.907
Cal transportada	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Lodos transportados	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
Precio Transporte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Transporte</b>	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000
<b>TOTAL</b>	-8.580.550	-8.580.550	-8.580.550	-8.580.550	-11.143.425	-11.149.125	-11.154.996	-11.161.043	-11.167.272	-11.173.687	-11.180.170	-11.186.976	-11.193.986	-11.201.207
Depreciación	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886				

## ANEXO 5: FLUJO DE CAJA ESCENARIO 1

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Ingreso	5.013.053	5.032.003	5.051.900	5.072.793		-5.700	-11.571	-17.618	-23.847	-24.562	-25.299	-26.058	-26.840	-27.645
Depreciación	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886							2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886
G/P de Capital														
UAI	2.662.167	2.681.117	2.701.014	2.721.906		-5.700	-11.571	-17.618	-23.847	-24.562	2.325.587	2.324.828	2.324.047	2.323.241
Impuesto	-452.568	-455.790	-459.172	-462.724		969	1.967	2.995	4.054	4.176	-395.350	-395.221	-395.088	-394.951
UDI	2.209.598	2.225.327	2.241.842	2.259.182		-4.731	-9.604	-14.623	-19.793	-20.387	1.930.237	1.929.607	1.928.959	1.928.290
Depreciación	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886							-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886
G/P de Capital														
Flujo de Caja Operacional	4.560.484	4.576.213	4.592.728	4.610.069		-4.731	-9.604	-14.623	-19.793	-20.387	-420.649	-421.279	-421.928	-422.596
Inversiones	-28.210.634			28.210.634										
Flujo de Caja de Capitales	-28.210.634			28.210.634										
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>-28.210.634</b>	4.560.484	4.576.213	4.592.728	32.820.703		-4.731	-9.604	-14.623	-19.793	-420.649	-421.279	-421.928	-422.596

<b>Tasa de Descuento</b>	7,709%
<b>VAN</b>	\$ 7.324.087
<b>TIR</b>	16,113%



## ANEXO 6: COSTOS CASO BASE ESCENARIO 2

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Consumo de Cal Externo	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100	23.100
Precio Cal	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
<b>Total Compra de Cal</b>	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000	3.696.000
Consumo de Petroleo	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060	18.060
Precio Petroleo	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Total Consumo Petroleo</b>	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000	9.030.000
Consumo Energia	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429	5.429
Precio Energia	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Total Consumo Energia</b>	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603	488.603
<b>Mantención</b>	379.000	397.950	417.848	438.740	460.677	483.711	507.896	533.291	559.956	587.953
<b>TOTAL</b>	<b>-13.593.603</b>	<b>-13.612.553</b>	<b>-13.632.450</b>	<b>-13.653.343</b>	<b>-13.675.280</b>	<b>-13.698.314</b>	<b>-13.722.499</b>	<b>-13.747.894</b>	<b>-13.774.558</b>	<b>-13.802.556</b>
Depreciación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## ANEXO 7: COSTOS SITUACIÓN CON PROYECTO ESCENARIO 2

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Consumo de Cal Externo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio Cal	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
<b>Total Compra de Cal</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo de Petroleo	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530	15.530
Precio Petroleo	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Total Consumo Petroleo</b>	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750	7.764.750
Consumo Energia	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620	4.620
Precio Energia	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
<b>Total Consumo Energia</b>	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800	415.800
<b>Mantención</b>	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	195.700	201.571	207.618	213.847	220.262
Cal transportada	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Lodos transportados	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000
Precio Transporte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Transporte</b>	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000
<b>TOTAL</b>	<b>-8.580.550</b>	<b>-8.580.550</b>	<b>-8.580.550</b>	<b>-8.580.550</b>	<b>-8.580.550</b>	<b>-8.586.250</b>	<b>-8.592.121</b>	<b>-8.598.168</b>	<b>-8.604.397</b>	<b>-8.610.812</b>
Depreciación	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886

## ANEXO 8: FLUJO DE CAJA ESCENARIO 2

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ingreso	0	5.013.053	5.032.003	5.051.900	5.072.793	5.094.730	5.112.064	5.130.378	5.149.726	5.170.162	5.191.744
Depreciación	0	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886	-2.350.886
G/P de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UAI	0	2.662.167	2.681.117	2.701.014	2.721.906	2.743.843	2.761.177	2.779.492	2.798.840	2.819.276	2.840.858
Impuesto	0	-452.568	-455.790	-459.172	-462.724	-325.062	-325.062	-325.062	-325.062	-325.062	-325.062
UDI	0	2.209.598	2.225.327	2.241.842	2.259.182	2.418.781	2.436.115	2.454.429	2.473.777	2.494.213	2.515.795
Depreciación	0	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886	2.350.886
G/P de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	4.560.484	4.576.213	4.592.728	4.610.069	4.769.667	4.787.001	4.805.316	4.824.663	4.845.099	4.866.682
Inversiones	-28.210.634	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rec. del Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja de Capitales	-28.210.634	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>-28.210.634</b>	4.560.484	4.576.213	4.592.728	4.610.069	4.769.667	4.787.001	4.805.316	4.824.663	4.845.099	4.866.682

<b>Tasa de Descuento</b>	7,709%
<b>VAN</b>	\$ 3.744.928
<b>TIR</b>	10,509%