



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Ingeniería

PROPONER UNA METODOLOGÍA PARA COMPARAR LA ALTERNATIVA DE INSTALAR UNA PLANTA DE COGENERACIÓN SOBRE LOS CONTRATOS VIGENTES DE ABASTECIMIENTO DE VAPOR Y ELECTRICIDAD HACIA FPC

**POR: JUAN CARLOS MUÑOZ ARÉVALO**

PROYECTO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROFESOR GUÍA: **Sra. ALEJANDRA BASUALTO JAMES**

Noviembre, 2015  
Concepción, Chile



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Ingeniería

PROPONER UNA METODOLOGÍA PARA COMPARAR LA  
ALTERNATIVA DE INSTALAR UNA PLANTA DE COGENERACIÓN  
SOBRE LOS CONTRATOS VIGENTES DE ABASTECIMIENTO DE VAPOR  
Y ELECTRICIDAD HACIA FPC

**POR: JUAN CARLOS MUÑOZ ARÉVALO**

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los  
profesores:

**PROFESORA GUÍA ALEJANDRA BASUALTO JAMES**

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería  
Industrial y de Sistemas

Noviembre, 2015  
Concepción, Chile

A mi Señora e hijos.

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional durante toda mi vida y carrera profesional.*

*Agradezco a todos los profesores que formaron parte de mi magister, principalmente a mi profesora guía, Alejandra Basualto James y Señor Marco Monsalvez Gerente de Operaciones FPC Tissue, por su apoyo y buena disposición durante mi proceso de tesis.*

*Muchas Gracias*

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 CALIDAD DE SUMINISTRO DEL VAPOR	1
1.3 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	2
1.4 CALIDAD DE SUMINISTRO DE LA BIOMASA FORESTAL Y AGRÍCOLA	2
1.5 IMPORTANCIA DEL TRABAJO	3
1.6 NATURALEZA DEL ESTUDIO.	4
1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO.	4
1.7.1 OBJETIVO GENERAL.	5
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	5
1.8 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN O ÁMBITO DEL PROYECTO.	5
1.9 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA	7
1.9.1 PROPUESTA METODOLÓGICA	7
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>9</b>
2.1 COGENERACIÓN:	9
2.2 BIOMASA:	10
2.3 CONTRATOS:	12

---

**3. ANTECEDENTES ADICIONALES** **13**

---

**4. CÁLCULO DE PLANTA DE COGENERACIÓN PARA FPC** **14**

<b>4.1 GENERALIDADES:</b>	<b>14</b>
<b>4.2 INVERSIÓN ESTIMADA:</b>	<b>15</b>
<b>4.3 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO:</b>	<b>15</b>
<b>4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS:</b>	<b>15</b>
<b>4.5 ALIMENTACIÓN DE BIOMASA FORESTAL:</b>	<b>15</b>
<b>4.6 ALIMENTACIÓN DE BIOMASA AGRÍCOLA, FARDOS:</b>	<b>16</b>
<b>4.7 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO DE COGENERACIÓN</b>	<b>17</b>
4.7.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS:	17
4.7.2 FPC PAPELES	17
4.7.3 FPC TISSUE	17
4.7.4.2 Cascarilla de Avena	21
4.7.4.3 Paja de trigo, avena y tritical	21
4.7.4.4 Paja de Maíz	21
4.7.4.5 Biomasa de rastrojos en Bosque	22
4.7.4.6 Astilla Combustible	22
<b>4.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</b>	<b>23</b>
4.8.1 INVERSIONES	27
<b>4.9 ESTRUCTURA DE COSTOS</b>	<b>28</b>
4.9.1 COSTOS FIJOS:	28
4.9.2 COSTOS VARIABLES:	28
4.9.3 INGRESOS:	29
4.9.4 COSTO DE FINANCIAMIENTO:	31
4.9.5 PLAZO DE EVALUACIÓN:	31
4.9.6 DEPRECIACIÓN:	32
4.9.7 TASA DE DESCUENTO:	33
4.9.8 IMPUESTOS A LAS UTILIDADES	34
4.9.9 VALOR RESIDUAL	34
<b>4.10 FLUJO DE CAJA</b>	<b>34</b>
4.10.1 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	36
4.10.2 SENSIBILIZACIÓN DEL FLUJO DE CAJA	37

<b>4.11 CONCLUSIONES CÁLCULO PLANTA COGENERACIÓN</b>	<b>39</b>
<b>5. ANÁLISIS DE LAS CINCO FUERZAS DE PORTER. (GESTIÓN ESTRATEGICA)</b>	<b>41</b>
<b>5.1 AMENAZA DE NUEVOS ENTRANTES:</b>	<b>41</b>
<b>5.2 PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS PROVEEDORES:</b>	<b>41</b>
<b>5.3 PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS CLIENTES:</b>	<b>41</b>
<b>5.4 AMENAZA DE PRODUCTOS SUSTITUTOS:</b>	<b>42</b>
<b>5.5 RIVALIDAD ENTRE COMPETIDORES:</b>	<b>42</b>
<b>5.6 CONCLUSIÓN ANÁLISIS CINCO FUERZAS DE PORTER.</b>	<b>43</b>
<b>6. ANALISIS CANVAS, (GESTIÓN DE INNOVACIÓN)</b>	<b>45</b>
<b>6.1 SEGMENTO DE CLIENTES:</b>	<b>46</b>
<b>6.2 PROPUESTA DE VALOR:</b>	<b>46</b>
<b>6.3 CANALES:</b>	<b>46</b>
<b>6.4 RELACIÓN CON EL CLIENTE:</b>	<b>46</b>
<b>6.5 FLUJOS DE INGRESOS:</b>	<b>46</b>
<b>6.6 RECURSOS CLAVES:</b>	<b>47</b>
<b>6.7 ACTIVIDADES CLAVES:</b>	<b>47</b>
<b>6.8 SOCIOS CLAVES:</b>	<b>47</b>
<b>6.9 ESTRUCTURA DE COSTOS:</b>	<b>47</b>
<b>6.10 CONCLUSIÓN ANÁLISIS CANVAS.</b>	<b>48</b>
<b>7. MÉTODO DE PERSONAS. (INNOVACIÓN APLICADA)</b>	<b>49</b>
<b>7.1 PERFIL:</b>	<b>50</b>
<b>7.2 MODELO REDUCIDO NEEDFINDING:</b>	<b>51</b>
<b>7.3 NECESIDAD O DOLOR DE NUESTRO ENTREVISTADO:</b>	<b>51</b>
<b>7.4 GENERAR UN PUNTO DE VISTA:</b>	<b>52</b>
<b>7.5 PRIMERAS OPORTUNIDADES CRÍTICAS</b>	<b>52</b>
<b>7.6 CONCLUSIÓN MÉTODO DE PERSONAS.</b>	<b>53</b>
<b>8. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>54</b>

<b>8.1 ACLARACIÓN DE ASPECTOS IMPORTANTES A EVALUAR:</b>	<b>54</b>
<b>8.2 INDICADORES DE EVALUACIÓN.</b>	<b>56</b>
<b>8.3 PROCEDIMIENTO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.</b>	<b>57</b>
8.3.1 LISTADO GENERAL DE ASPECTOS IMPORTANTES A EVALUAR.	57
8.3.2 LISTADO DE ASPECTOS SI, PLANTA DE COGENERACIÓN.	59
8.3.3 RESULTADOS ASPECTOS SI, BENCHMARK PLANTA DE COGENERACIÓN.	60
8.3.4 LISTADO DE ASPECTOS SI, CONTRATOS DE ENERGÍA.	61
8.3.5 RESULTADOS ASPECTOS SI, BENCHMARKING CONTRATOS DE ENERGÍA.	62
<b>8.4 CONCLUSIÓN METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN</b>	<b>63</b>
<b>9. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN FINAL</b>	<b>64</b>
<hr/>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>66</b>
<hr/>	
<b>ANEXOS Y TABLAS</b>	<b>68</b>
<hr/>	
<b>ANEXO A: ANTECEDENTES ORGANIZACIONALES</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO B: DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES:</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO E: BALANCE DE BIOMASA</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO F: ESTRUCTURA DE COSTOS</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO G: SIMULACIÓN DE FACTURAS POR SUMINISTROS DE ENERGÍAS</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO H: CONTRATO DE ELECTRICIDAD FPC TISSUE COMASA</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO I: CONTRATO DE VAPOR FPC PAPELES</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO J: CONTRATO DE ELECTRICIDAD PAPEL FPC PAPELES</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: MEZCLA DE COMBUSTIBLE. _____	19
TABLA N° 2: COSTOS MEZCLA DE COMBUSTIBLE. _____	20
TABLA N° 3: COSTO ENERGÉTICO UNITARIO. _____	22
TABLA N° 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COSTOS ASOCIADOS A FPC PAPELES. _____	24
TABLA N° 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COSTOS ASOCIADOS A FPC TISSUE. _____	25
TABLA N° 6: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA COGENERACIÓN. _____	26
TABLA N° 7: INVERSIONES EN ACTIVOS. _____	27
TABLA N° 8: COSTOS FIJOS. _____	28
TABLA N° 9: COSTOS VARIABLES. _____	29
TABLA N° 10: COSTOS POR SUMINISTRO DE ENERGÍA Y VAPOR, FPC PAPELES. _____	30
TABLA N° 11: COSTOS POR SUMINISTRO DE ENERGÍA Y VAPOR, FPC TISSUE. _____	30
TABLA N° 12: VIDA ÚTIL Y DEPRECIACIÓN ACCELERADA, SECTOR ENERGÉTICO. _____	32
TABLA N° 13: VALOR RESIDUAL, PARA EQUIPOS EN PLANTAS DE COGENERACIÓN. _____	34
TABLA N° 14: FLUJO DE CAJA, POR AHORRO DE COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN. _____	35
TABLA N° 15: RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN. _____	36
TABLA N° 16: SENSIBILIZACIÓN DEL FLUJO DE CAJA POR AHORRO DE COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN. _____	37
TABLA N° 17: CINCO FUERZAS DE PORTER. _____	43
TABLA N° 18: FORMA DE EVALUAR LOS ASPECTOS GENERALES: _____	56
TABLA N° 19: FORMA DE EVALUAR LOS ASPECTOS SI: _____	56
TABLA N° 20: FORMA DE EVALUAR LOS ASPECTOS SI, BENCHMARKING: _____	56
TABLA N° 21: LISTADO DE ASPECTOS IMPORTANTES A EVALUAR POR COMPARACIÓN PLANTA DE COGENERACIÓN VERSUS CONTRATOS DE ENERGÍAS: _____	58
TABLA N° 22: LISTADO DE ASPECTOS SI, A EVALUAR PLANTA DE COGENERACIÓN. _____	59
TABLA N° 23: RESULTADOS DE LISTADO DE ASPECTOS SI, BENCHMARK PLANTA DE COGENERACIÓN: _____	60
TABLA N° 24: LISTADO DE ASPECTOS SI, A EVALUAR POR CONTRATOS DE ENERGÍA: _____	61
TABLA N° 25: RESULTADOS DE LISTADO DE ASPECTOS SI, CONTRATOS DE ENERGÍA: _____	62
TABLA N° 26: INVERSIONES EN ACTIVO FIJO. _____	76
TABLA N° 27: CAPITAL DE TRABAJO. _____	77
TABLA N° 28: INVERSIONES EN ESTUDIOS, INTANGIBLES. _____	77
TABLA N° 29: CALDERA. _____	78

TABLA N° 30: CONSUMO DE VAPOR. _____	79
TABLA N° 31: TURBOGENERADOR. _____	80
TABLA N° 32: CONDENSADOR Y AGUA DE ENFRIAMIENTO. _____	81
TABLA N° 33: NECESIDADES DE CALOR. _____	82
TABLA N° 34: COSTOS RECURSOS HUMANOS. _____	83
TABLA N° 35: FINANCIAMIENTO. _____	83
TABLA N° 36: OTROS COSTOS OPERACIONALES. _____	84
TABLA N° 37: SUBCONTRATOS. _____	84
TABLA N° 38: TASA COSTO CAPITAL. _____	85
TABLA N° 39: CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA FPC PAPELES. _____	98
TABLA N° 40: CONSUMO ESPECÍFICO EN FPC PAPELES. _____	99
TABLA N° 41: CONSUMO DE VAPOR EN 3 BAR, FPC PAPELES. _____	100
TABLA N° 42: CONSUMO DE VAPOR EN 20 BAR, FPC PAPELES. _____	101
TABLA N° 43: CONSUMO TOTAL DE VAPOR EN 3 + 20 BAR, FPC PAPELES. _____	102
TABLA N° 44: CONSUMO ESPECÍFICO DE VAPOR, FPC PAPELES. _____	103
TABLA N° 45: PRODUCCIÓN DE PAPEL, FPC PAPELES. _____	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN COGENERACIÓN EN CHILE. _____	11
FIGURA N° 2: TIPOS DE ESTRATEGIA DE OPERACIÓN. _____	11
FIGURA N° 3: CANVAS PARA PROPUESTA DE VALOR DE PLANTA DE COGENERACIÓN. _____	45
FIGURA N° 4: PERFIL DE PERSONA ENTREVISTADA. _____	50
FIGURA N° 5: MÉTODO REDUCIDO NEEDFINDING. _____	51
FIGURA N° 6: PUNTO DE VISTA. _____	52
FIGURA N° 7: ORGANIGRAMA. _____	69
FIGURA N° 8: SIMULACIÓN FACTURA POR SUMINISTRO ELÉCTRICO. _____	86
FIGURA N° 9: SIMULACIÓN FACTURA POR SUMINISTRO DE VAPOR. _____	87

## RESUMEN

El estudio de este trabajo de grado está dirigido a Forestal y Papelera Concepción (FPC), ésta cuenta con dos plantas papeleras emplazadas en el mismo sitio. La primera, FPC Papeles, con un contrato por suministro de Energía Eléctrica y de Vapor con la Generadora Enesa (Eléctrica Nueva Energía). La segunda, FPC Tissue, con contrato de suministro de Energía Eléctrica con Generadora Comasa (Comercializadora de Madera SA) y abastecimiento de biomasa forestal y agrícola con Enesa (Eléctrica Nueva Energía). Los problemas más importantes que hoy día tiene, es la calidad y costos de operar bajo estos contratos de abastecimiento de Vapor, Energía Eléctrica y Biomasa Forestal y Agrícola.

Mediante la recopilación de antecedentes, de analizar los procesos correspondientes, de realizar el cálculo de una Planta de Cogeneración y finalmente realizar una evaluación económica del proyecto, se está en condiciones de entregar una conclusión preliminar de los resultados de dicho estudio. A estos resultados, se le incorporan distintos tipos de análisis, aplicando varias técnicas para saber si la alternativa de trabajar con una Planta de Cogeneración, es verdaderamente mejor alternativa que seguir trabajando con contratos de suministro de energía térmica y eléctrica, saber cuál es el ánimo de los gerentes para asumir ciertos cambios. El resultado y conclusión final después de aplicar todo lo mencionado y una metodología de comparación entre ambas alternativas, es que FPC, debe seguir profundizando en este estudio, ya que le puede otorgar grandes beneficios e importantes oportunidades de crecimiento, sabiendo que sus gerentes están abiertos a los cambios que seguramente realizarán.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La Empresa Forestal y Papelera Concepción (FPC), posee dos plantas papeleras emplazadas en el mismo sitio ubicado en Parque Industrial Escuadrón de Coronel. La primera, FPC Papeles, con un contrato por suministro de Energía Eléctrica y de Vapor con la Generadora Enesa (Eléctrica Nueva Energía). La segunda, FPC Tissue, con contrato de suministro de Energía Eléctrica con Generadora Comasa (Comercializadora de Madera SA) y abastecimiento de biomasa forestal y agrícola con Enesa (Eléctrica Nueva Energía).

El problema, se especifica realizando un análisis desde tres puntos de vistas distintos, la primera es Calidad de Suministro del Vapor, la segunda es Suministro de la Energía Eléctrica y el tercero es la Calidad de la Biomasa Forestal y Agrícola. Estas se detallan a continuación:

### **1.2 Calidad de Suministro del Vapor**

FPC Papeles, hoy en día tiene problema de continuidad de producción por variaciones en el suministro de vapor desde la generadora Enesa. Calidad del suministro del vapor no es confiable, porque los flujos de vapor no se sostienen por variaciones en la presión del vapor, presión disminuye, lo que repercute en que FPC Papeles, debe bajar la velocidad de producción para que se recupere la presión de vapor y con ello mejorar el flujo de vapor. Estas pérdidas, están cuantificadas en 300 Tn/Mes de papel, por una utilidad marginal de 70 USD/Tn de papel, da un valor 21.000 USD/Mes por concepto de pérdidas de producción atribuidas a la calidad de suministro del vapor. A esto, se debe agregar las pérdidas por fallas en las calderas generadores de vapor. Estas pérdidas están cuantificadas en 200 TN/Mes de papel, por una utilidad marginal de 70 USD/Tn de papel, da un valor de 14.000 USD/Mes por concepto de pérdidas de producción atribuidas a fallas en las calderas generadoras de vapor. Información obtenida del control estadístico por indisponibilidad de vapor Enesa. Estos son efectos negativos sobre la producción de papel.

### **1.3 Suministro de la Energía Eléctrica**

El contrato de suministro de energía eléctrica con la generadora Enesa, es alto cuando los costos marginales de la energía eléctrica son más bajos que el valor de contrato. Si esta condición se mantiene por mucho tiempo, pasa a ser crítica. Contrariamente cuando los costos marginales de la energía eléctrica, son más altos que el valor de contrato, es conveniente para FPC Papeles. Hoy en día y a modo de ejemplo, en contrato de energía actual, el precio de la energía activa es de 88.92 USD/KWh, en consecuencia que el precio promedio del costo marginal para el mes de agosto fue de 46.94 USD/KWh, información entregada por el CDEC SIC.

Por lo tanto, se observa una pérdida de 41.98 USD/KWh. En general los precios de contrato por energía eléctrica, versus, los costos marginales proyectados para el corto plazo por el CDEC-SIC, se analizarán en detalle más adelante para cuantificar de forma correcta la alternativa a proponer.

Lo indicado anteriormente, también toca a FPC Tissue y con más fuerza, porque se tiene contrato de suministro de energía eléctrica con la generadora Comasa a un valor más alto al que tiene FPC Papeles con la generadora Enesa. Este es de 115 USD/MWh. Por lo tanto, la pérdida es de 68.02 USD/MWh. También, se analizará en detalle. Información entregada por el CDEC SIC.

### **1.4 Calidad de Suministro de la Biomasa Forestal y Agrícola**

FPC Tissue, actualmente tiene un contrato de suministro de biomasa forestal con Enesa, esta biomasa debe tener una humedad promedio de 40 % seco para lograr la combustión requerida y no producir desechos mayores que puedan contaminar la zona y el medio ambiente. Lamentablemente, la calidad de la biomasa forestal no siempre es buena para lograr la combustión requerida, por lo tanto, se produce pérdidas en la presión de vapor y por consiguiente pérdidas en la cantidad de toneladas horas de vapor (flujo de vapor). Esto es pérdidas de producción por mala calidad de la biomasa forestal suministrada por Enesa.

En resumen, todas estas indicaciones y variables hacen que FPC tenga serios problemas con los contratos de suministros de energía eléctrica, de vapor y de biomasa entregados por las generadoras Enesa y Comasa respectivamente.

### **1.5 Importancia del trabajo**

La relevancia del proyecto de grado, se puede mirar y analizar desde tres puntos de vista, estos son:

En la actualidad, se piensa que FPC está perdiendo plata al trabajar con contratos de suministro de energía desde las generadoras Enesa y Comasa respectivamente. Esto produce un grado de incertidumbre al no saber con claridad que es mejor, si continuar así o se debe evaluar seriamente alguna alternativa de cogeneración, que pudiese rentabilizar de mejor forma su producción de papeles (negocio). Para mejor comprensión ver los contratos de energía en Anexos G, H, I, en ellos se puede apreciar los precios de la energía, las variables de calidad en el suministro, tipos de indisponibilidad, multas y pagos por incumplimientos y otros tantos que tienen los contratos de suministro de energía entre generador y cliente.

Al interior del grupo económico de FPC, existen profesionales con el conocimiento y experiencia que pudieran llevar a cabo o liderar un proyecto de esta envergadura. Además, existirá un traspaso de conocimiento a profesionales más jóvenes que pudieran especializarse a corto plazo en las nuevas tecnologías de generación de energía térmica y eléctrica.

La factibilidad de aplicar en términos prácticos este proyecto es bastante alto. Dejar en claro que para implementar este proyecto, los resultados del estudio deben ser favorables para trabajar con una planta de cogeneración y omitir los contratos con las generadoras. De esta manera la solución planteada puede ser viable para solucionar los problemas o necesidades que hoy día tiene FPC.

Como antecedentes adicionales que motivaron la elaboración de este proyecto, están los siguientes aspectos.

- Tema sugerido por uno de los ingenieros corporativos de FPC. Éste tiene deseo de conocer preliminarmente un estudio que le permita tomar una decisión para ser presentado al directorio de FPC y que éste pueda tener antecedentes válidos para tomar una decisión mayor (contratar estudios relacionados que puedan aportar a la decisión final).
- En lo personal un desafío importante, porque el tema cuenta con el potencial para aplicar bastantes herramientas aprendidas durante el período lectivo del magíster, o por lo menos lo solicitado como alcance mínimo del proyecto de grado. Existe el convencimiento que durante el desarrollo de este proyecto de grado, se alcanzará la madurez y especialización suficiente en la aplicación de técnicas vistas en clases.

### **1.6 Naturaleza del estudio.**

El estudio, se llevó a cabo bajo un enfoque fuertemente cuantitativo y en menor grado bajo un enfoque cualitativo. Por lo tanto, se fue avanzando secuencialmente en su proceso con una idea clara hasta llegar a definir los objetivos generales y específicos, se revisa la literatura y bibliografía relacionada. De esta manera, se obtiene claridad de la problemática relacionada con el tipo de contrato de energía y su alternativa de trabajar con una planta de cogeneración propia de FPC.

### **1.7 Objetivos del proyecto.**

En base a los antecedentes entregados y de acuerdo con la definición del problema y al análisis bibliográfico realizado, se puede realizar un estudio con el propósito de proponer una forma de comparar los contratos vigentes actualmente con la instalación de una Planta de Cogeneración de energía. Para esto, se aplicarán las metodologías descritas más arriba, que permitirá identificar claramente la solución a implementar.

### **1.7.1 Objetivo General.**

Proponer una metodología para comparar la alternativa de instalar una Planta de Cogeneración sobre los contratos vigentes de abastecimiento de Vapor y Electricidad hacia FPC.

### **1.7.2 Objetivos Específicos.**

- Realizar un diagnóstico operativo y administrativo del manejo de las energías.
- Determinar las brechas de producción entre el suministro real y el programado.
- Identificar las mejoras al proceso.
- Crear un sistema de control que permita conocer los costos asociados a los consumos futuros de la energía. Simulación de factura de consumos de electricidad y de vapor.
- Realizar evaluación económica del proyecto.
- Hacer propuesta a FPC indicando la alternativa de solución encontrada. Indicada a través del desarrollo de una metodología para la toma de decisión.

### **1.8 Alcances de la investigación o ámbito del proyecto.**

Para el desarrollo del proyecto se tiene contemplado el siguiente alcance:

- Estudio dirigido a Forestal y Papelera Concepción FPC, en sus divisiones de FPC Papeles y FPC Tissue.
- El estudio abarca el desarrollo de una metodología para comparar la instalación de una planta de cogeneración en reemplazo de los actuales contratos de suministro de

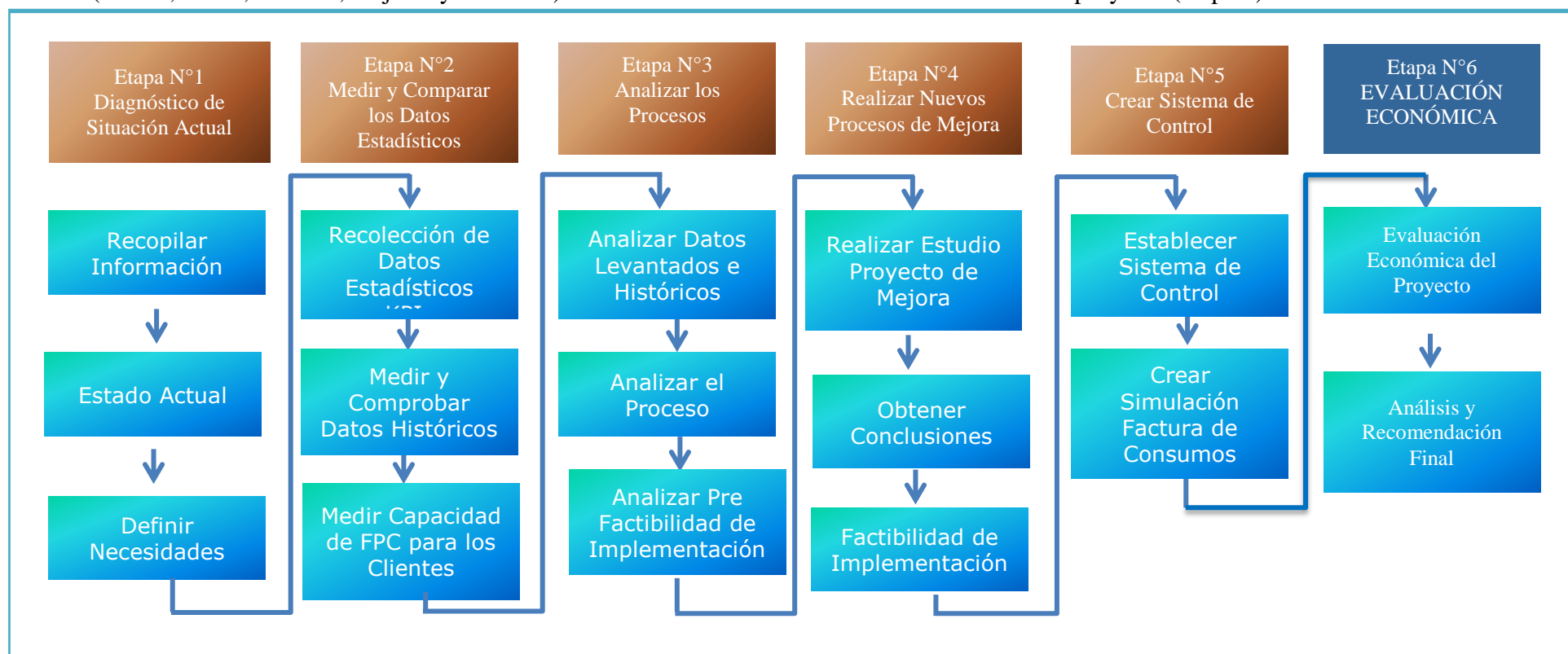
energía a FPC. Para esto se realizará estudio de factibilidad técnico económico de la instalación de una central de cogeneración en base a biomasa forestal y agrícola.

- La instalación, montaje y puesta en marcha del proyecto de Cogeneración no está incluida en este alcance.
- Se revisarán los aspectos técnicos, ambientales, comerciales, estratégicos y legales para la instalación de una planta de cogeneración. Dejando claro los límites de espacios, tiempo y posibles recursos a necesitar

## 1.9 Resumen de la metodología

### 1.9.1 Propuesta metodológica

Se evaluará la factibilidad técnica y económica de instalar una Planta de Cogeneración en reemplazo de los contratos de suministro de electricidad y vapor hacia FPC. Se realizará un levantamiento del estado actual de FPC mediante la recopilación de información (ETAPA 1), luego medir los KPIs más importantes (etapa 2), analizar el proceso para identificar la criticidad que afecta a FPC (etapa 3), hacer proyecto de mejora (etapa 4), posteriormente crear un sistema de control para los KPIs más importantes definidos de la solución encontrada (etapa 5) para finalmente realizar la evaluación económica del proyecto y realizar las recomendaciones finales a través de una metodología (etapa 6). La metodología y/o herramienta (filosofía Lean) a utilizar en ésta propuesta será una de mejoramiento continuo DMAIC, la cual comprende una estrategia de 5 pasos estructurados (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Terminando con una evaluación económica del proyecto (etapa 6).



Se aplicarán las herramientas y métodos aprendidos en los ramos del Magister, algunas de ellas son:

- **Evaluación de Proyectos:** Se utilizará las Etapas de un Proyecto, el Estudio de Mercado, el estudio económico del proyecto, costos relevantes del proyecto, inversiones del proyecto, beneficios del proyecto, construcción de los flujos de caja.
- **Gestión Estratégica:** 5 fuerzas de Porter; para determinar Riesgos de nuevos actores, amenazas del producto sustituto, poder de Negociación de Proveedores y Clientes.
- **Mejora Continua:** Lean Management; la metodología y/o herramienta (filosofía Lean) DMAIC. Como asegurar la sustentabilidad del Proyecto. Definir y Diagramar el Proceso de Cogeneración.
- **Gestión de Innovación:** Se utilizará el Modelo Canvas, concluyendo si crea, distribuye y añade valor o no al implementar el proyecto.
- **Innovación Aplicada:** Se aplicará el Método Personas, para saber si los Gerentes están de abiertos al cambio.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Cogeneración:**

Según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) el “Estudio para el Desarrollo de la Cogeneración en Chile”, realizado en 2010 por encargo del Programa País de Eficiencia Energética, se determinó que tenemos un potencial de cogeneración de aproximadamente 875 MW en el sector industrial chileno. Principalmente, en los segmentos de alimentos, químicos y petroquímicos, cobre y papel, existen grandes oportunidades para sistemas de cogeneración técnica y económicamente viables.

Lo que debemos considerar para implementar un proyecto de Cogeneración:

En primer lugar, debe haber una demanda térmica y eléctrica base simultánea durante un tiempo mínimo de aproximadamente 5.000 horas anuales. Posteriormente, debemos considerar el combustible disponible, las temperaturas de la demanda térmica requerida y la relación entre demanda térmica y eléctrica, ya que con estos datos definiremos cuáles tecnologías son aplicables para el proyecto.

Además, se requiere realizar una evaluación financiera con las tecnologías aptas identificadas, considerando los beneficios económicos por reducción de costos eléctricos, inversión, combustibles, operación y mantenimiento. Si esta evaluación económica preliminar resulta positiva para una determinada tecnología, necesitamos una evaluación más detallada para determinar cuáles de las máquinas y equipos disponibles en el mercado pueden ofrecer la solución más conveniente.

Factibilidad de implementar un proyecto de cogeneración viendo nuestro marco legal:

Actualmente existen importantes plantas de cogeneración que están operando sin ningún tipo de problemas en Chile. Obviamente, y dependiendo de la naturaleza del proyecto, tenemos que considerar los reglamentos ambientales y eléctricos que debemos cumplir para su correcta ejecución.

Un aspecto importante es que la falta de reglamentos asociados a la Ley de “Netmetering” no es un impedimento, ya que no todos los proyectos de este tipo requieren la inyección de excedentes eléctricos a la red.

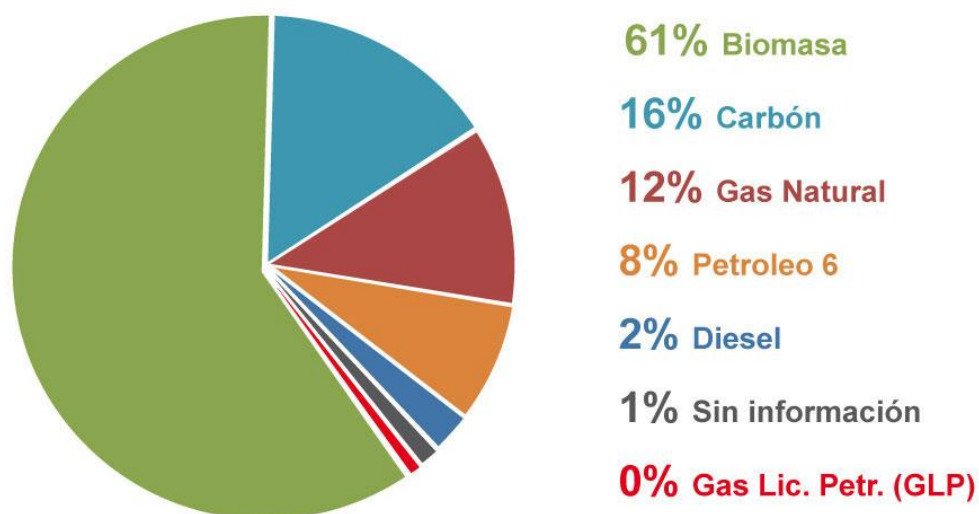
En el extranjero existen ejemplos para destacar:

Hay muchos ejemplos con resultados exitosos. Tenemos el caso de la empresa fabricante de unidades de cogeneración SOKRATHERM, la cual trabaja con aplicaciones con potencias entre 50 y 500 kW en edificios residenciales, industriales, comerciales, de instituciones públicas, hoteles, clínicas, casas de reposo y piscinas, entre otros. Para conocer en mayor profundidad estas iniciativas, puede visitar la página web oficial de la empresa, indicada en la Bibliografía. Asimismo, la Agencia de Energía de Berlín (BEA) opera una gran cantidad de equipos de cogeneración que tienen esta misma aplicación y otras. Fuente, revista Electro Industria, diciembre 2014.

## **2.2 Biomasa:**

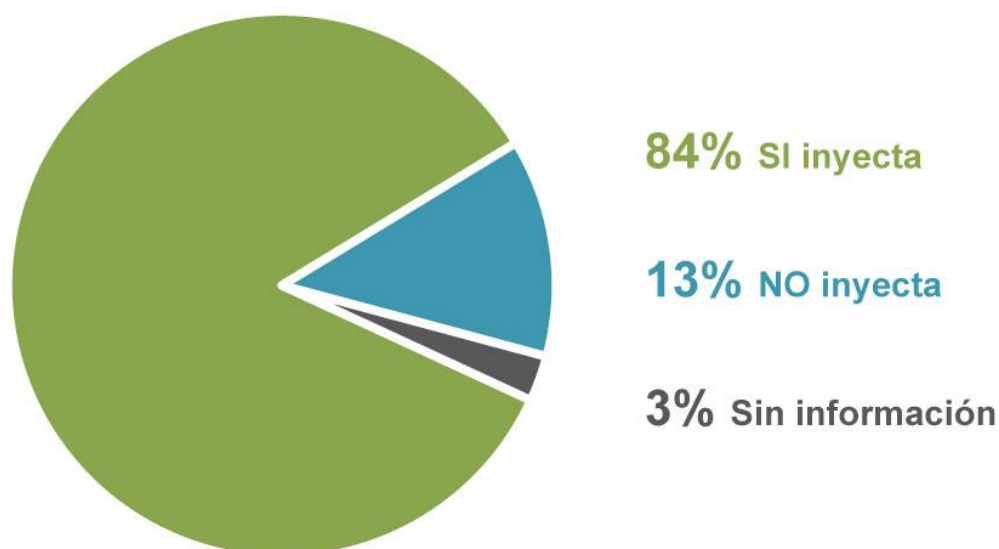
Biomasa, se refiere a toda la materia orgánica que viene de los árboles, plantas, residuos agrícolas como paja de trigo, arroz, maíz, raps, residuos de las industrias de aserrío tales como aserrín, corteza, viruta, despuntes, etc. Además existen plantaciones energéticas para producir biomasa para generación de energía, técnica que en Chile aún es incipiente. Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, utilizada desde que el hombre descubrió y controló el fuego. Los avances tecnológicos han desarrollado procesos eficientes y limpios para la conversión de la biomasa en energía, que principalmente se utiliza como quema directa en calderas que generan vapor para alimentar a turbogeneradores que definitivamente transforman la energía mecánica a energía eléctrica. Dentro de los procesos de generación de energía con biomasa, es altamente utilizada la cogeneración sobre todo en plantas de celulosa, donde se aprovecha el vapor para generar energía eléctrica y después se aprovecha el calor remanente, logrando con esto rendimientos mejorados del ciclo.

Tipos de combustibles utilizados en proyectos de cogeneración de Chile (*Fuente: AChEE – “Análisis de barreras, seguimiento de proyectos y diseño de una línea de apoyo a la cogeneración”*).



**Figura N° 1: Tipos de combustibles utilizados en Cogeneración en Chile.**

Tipos de estrategias de operación, acorde a la inyección a la red, en proyectos de cogeneración de Chile (*Fuente: AChEE – “Análisis de barreras, seguimiento de proyectos y diseño de una línea de apoyo a la cogeneración”*)



**Figura N° 2: Tipos de estrategia de Operación.**

### **2.3 Contratos:**

Los consumidores deben contratar el suministro de energía eléctrica a través de una empresa comercializadora que puede ser una Generadora o Distribuidora de energía eléctrica.

El contrato de suministro de energía eléctrica a clientes no regulados o libres, es aquel negocio jurídico en virtud del cual una empresa eléctrica, generadora o distribuidora, se obliga a dar o proporcionar en forma periódica y continua, por un tiempo determinado, energía eléctrica a un cliente no sujeto a regulación, el que por su parte se obliga a pagar un precio convenido por ello. De este concepto general, se desprenden las partes del contrato, la cosa objeto del mismo, el precio o contraprestación y los efectos esenciales. En efecto, las entidades que lo pueden suscribir son una empresa generadora y/o distribuidora de energía eléctrica con un cliente libre; la materia propia de este negocio es la energía eléctrica; y los efectos inmediatos son, por una parte, la obligación del suministrante de dar o proporcionar dicha materia al cliente libre, y por otra, el deber de este último de pagar a cambio el precio libre estipulado.

Se ha definido, en términos amplios, el contrato de suministro como “el contrato por el cual una de las partes se obliga, mediante un precio, a ejecutar a favor de la otra, prestaciones – periódicas o continuadas- de cosas”, o “aquel contrato por el que una persona (suministrador o proveedor), se obliga mediante un precio unitario a entregar a otra (suministrado), cosas muebles en época y cantidad fijada en el contrato o determinada por el acreedor de acuerdo con sus necesidades”.

En resumen, de acuerdo a todos estos datos obtenidos de fuentes importantes como las mencionadas y que dicen relación con los Proyectos de Cogeneración, Tipo de Biomásas, Procesos de Fabricación, Estadísticas de la Energía Eléctrica en Chile, Contratos de energía, etc. Se tomarán en cuenta para realizar este estudio y comparar con la situación actual que tiene FPC, así proponer una solución que sea viable y confiable a la vez.

### **3. ANTECEDENTES ADICIONALES**

Las Empresas Referentes para este tipo de aplicaciones y en donde existen proyectos similares implementados con distintas tecnologías, es en las siguientes Plantas dentro del País entre otras:

- CMPC, Planta Santa Fe.
- CMPC, Planta Pacifico.
- CMPC, Planta Laja.
- Arauco, Planta Nueva Aldea.
- Arauco, Planta Horcones.
- Arauco, Planta Licancel.
- Arauco, Planta Valdivia.
- Papeles Bío Bío.

## **4. CÁLCULO DE PLANTA DE COGENERACIÓN PARA FPC**

### **4.1 Generalidades:**

Consideraciones para el proyecto de cogeneración con biomasa forestal y agrícola, contempla implementar un sistema compuesto por una caldera de biomasa, que suministrará vapor a una turbina que acoplada a un generador y éste suministrará una potencia de 18.5 MW eléctrico de acuerdo a especificaciones técnicas entregadas en Tabla N°6 y vapor al proceso de fabricación de Papel

La Caldera de poder producirá 103 toneladas por hora de vapor a 92 bar de presión, y a 500 °C de temperatura. Utilizará como combustible biomasa forestal y agrícola no tratada. También, considera la instalación de un Turbogenerador con una capacidad de Generación de 18.5 MW de potencia eléctrica, de los cuales 12 MW serán entregados a FPC Tissue, 5.5 MW serán entregados a FPC Papeles y 1.0 MW de autoconsumo. Además, se producirá vapor para las dos plantas papeleras, proporcionando 20 ton/vapor hora a una presión de 4 bar(a) para FPC Papeles y 16 ton/hora a 11 bar(a) para FPC Tissue.

El combustible utilizado será comprado a terceros. Se estima el consumo de combustibles en 89.664 metros cúbicos estéreo por mes. El combustible estará compuesto principalmente de biomasa forestal, como aserrín, corteza, viruta y desechos agrícolas, como: paja de trigo, paja de avena, tritical, maíz y cascarilla de avena.

El tiempo de adquisición de equipos principales, construcción y puesta en marcha se estima en 18 meses.

En las tablas de datos N°36 a la Tabla N°40, se muestra el levantamiento de información de consumo de vapor y electricidad, que actualmente consume FPC, esta muestra de datos nos da una cierta claridad de los problemas de suministro que se tiene como problema planteado originalmente. Es a partir de esta información que se comienza a trabajar en este estudio, entendiendo que sólo es una muestra de un año de operaciones de FPC, año 2014 información entregada por FPC.

#### **4.2 Inversión Estimada:**

La inversión requerida para llevar a cabo el presente proyecto es de aproximadamente USD\$ 42.816.461. Valor obtenido de Flujo de caja mostrado en Tabla N°14 y también indicado como resumen de inversión en Tabla N°7. Valor obtenido en base a lo que representan los materiales y equipos, edificaciones, instalaciones, líneas de media tensión, declaración de impacto ambiental y capital de trabajo.

#### **4.3 Vida útil del Proyecto:**

La vida útil del proyecto estimada es de 25 años, con posibilidad de prolongar indefinidamente la vida útil realizando un programa de mantenimiento adecuado en forma planificada y permanente, incorporando nuevas innovaciones en tecnologías a sus procesos.

#### **4.4 Descripción de los Procesos:**

El proceso de cogeneración, se inicia con el ingreso de combustible a Planta, el que será recepcionado y enviado a romana de camiones donde se medirá el volumen y peso de los camiones tanto para la biomasa de origen agrícola como forestal. Se tomarán muestras de cada combustible para determinar la humedad. Debe existir una política de descuento en precio cuando la humedad supere ciertos valores predefinidos. Una vez que termina el proceso de recepción en la romana, se indicará si el combustible se irá al acopio o a consumo directo. La alimentación de combustible a la caldera se realiza a través de dos líneas de alimentación que son:

#### **4.5 Alimentación de Biomasa Forestal:**

La biomasa, se carga utilizando cargadores frontales hacia una tolva de alimentación según una mezcla preestablecida para obtener una humedad adecuada para la buena combustión de la caldera. De esta tolva, se alimenta una cinta transportadora hasta un clasificador tipo harnero donde se elimina toda la biomasa de sobre tamaño. El aceptado de este harnero entra a una segunda cinta transportadora que alimenta el silo de combustible. Desde este silo, se alimenta la caldera de acuerdo a las necesidades de combustible. A la biomasa forestal se le puede agregar cascarilla de avena, ya que es un combustible a granel.

#### **4.6 Alimentación de Biomasa Agrícola, Fardos:**

Con equipo manipulador telescópico, se retiran los fardos desde la bodega de acopio y se alimenta un transportador de fardos horizontal. Desde este transportador en forma automática se alimenta un transportador inclinado para posteriormente alimentar las mesas pesadoras de fardo, dos unidades y enseguida al alimentador de fardos, donde además se mide la humedad de la biomasa. Estos datos son enviados al operador en sala de control. El Operador, conociendo los datos de humedad y peso decide si los fardos son aptos para alimentar la caldera. Si la humedad está sobre 20% y el valor es concordante con el peso, el operador debe descartar el fardo y en caso contrario da el visto bueno para que continúe el proceso de alimentación. Los fardos una vez en las líneas de alimentación llegan a una zona donde se cortan las amarras y después son desmenuzados para posteriormente entrar a unos tornillos sinfines que finalmente introducirán la paja junto a la biomasa forestal al hogar de la caldera.

La Caldera, alimentará a la turbina con vapor sobrecalentado a 92 bar, 500°C y 103 ton/hora. Desde la turbina, una parte del vapor pasará al condensador, el que es refrigerado con agua de mar. El condensado obtenido, se enviará nuevamente al desaireador para nuevamente entrar a la caldera.

Desde la turbina, se obtiene el vapor para el proceso de las dos Papeleras, para esto existirán dos extracciones, una a 11 bar absolutos, que alimentará a FPC Tissue con 16 ton/hora. La segunda extracción es de 4 bar absolutos y alimentará a FPC Papeles con 20 ton/hora y el desaireador de la caldera con 5 ton/hora de vapor respectivamente.

La turbina, estará acoplada al generador que en condiciones de operación a plena carga, entregará una potencia en bornes de 18,5 MW a un nivel de tensión de 15 kV. Desde el generador, se llevará la energía a la subestación principal y desde aquí se distribuirá a las subestaciones de áreas de las maquinas papeleras.

La planta constará con un sistema de control moderno, que permitirá controlar la planta desde una sala de control desde donde se monitorearan todas las variables de proceso y además el circuito cerrado de televisión permitirá observar las zonas claves de la planta para anticiparse a posibles problemas en terreno.

## **4.7 Estudio técnico del proyecto de cogeneración**

### **4.7.1 Antecedentes Técnicos:**

El estudio técnico fue realizado considerando la generación total de energía eléctrica y vapor, para las dos plantas de papel, estos es:

### **4.7.2 FPC Papeles**

- Consumo de Energía Eléctrica : 5.5 MW.
- Consumo Vapor a 3 bar : 20 ton/hora.

### **4.7.3 FPC Tissue**

- Consumo de Energía Eléctrica : 12 MW.
- Consumo Vapor a 10 bar : 16 ton/hora.

Se evalúa una generación con la turbina en contrapresión, es decir, sólo generar el vapor necesario para el proceso, con el cual se logra generar del orden de los 5,5 MW de potencia.

Con los datos de consumo de energía y vapor, se desarrolla el Balance Energético, llegando a obtener las siguientes capacidades de los equipos principales:

- Caldera : 103 ton/hora, 92 bar y 500 °C
- Turbina de extracción y condensación: 18,5 MW, con extracción a 3 y 10 bar.
- Generador : 22 MVA, FP = 0.8, 15 kV, voltaje de la red existente.

En siguiente listado se muestran los equipos y estudios necesarios para generar energía eléctrica y vapor para proceso a partir de desechos forestales y agrícolas, son los siguientes:

- Caldera de Poder de alta presión con sobrecalentado.
- Generador y tableros de control.
- Turbina de vapor con una extracción y condensación.

- Condensador de vapor para agua de mar.
- Filtro de Mangas.
- Edificio de caldera y turbogenerador.
- Bodega de material seco.
- Silo de Biomasa.
- Planta de tratamiento de agua.
- Piping asociados.
- Transformador de distribución.
- Sistemas de control.
- Centro Distribución de Carga (CDC), Centro Control de Motores (MCC), Variadores de Frecuencia (VDF).
- Transformador de poder se utilizará el existente.
- Sistema eléctrico de potencia para la interconexión con la red existente.
- Sistema de alimentación biomasa (patio Biomasa, cintas transportadoras, harnero de disco, tolva de alimentación, tolva de emergencia).
- Galpón de Fardos.
- Canchas de acopio Biomasa forestal y paja de trigo.
- Sistema de aire acondicionado.
- Circuitos cerrados de Televisión(CCTV)
- Red de Incendio (estanque de agua, sistema de bombeo, redes).
- Urbanización.
- Declaración Impacto Ambiental(DIA)
- Ingeniería Básica y de detalles.
- Estudios Eléctricos.
- Montaje de equipos Planta
- Enfardadoras.
- Sistema de medición de gases.

#### 4.7.4 Consumo de Combustible:

De acuerdo a los datos obtenidos e indicados en las tablas N°26 y N°30, la producción de vapor y energía eléctrica necesaria para el Balance Energético de una mezcla de biomasa equivalente a:

- Densidad de Biomasa : 280 kg/m<sup>3</sup>
- Poder calorífico superior : 4.600 kcal/kg
- Humedad promedio : 40%
- Poder Calorífico inferior : 2.450 kcal/kg
- Consumo Hora : 124 m<sup>3</sup> estéreo
- Consumo Mensual : 89.664 m<sup>3</sup>
- Calor necesario Total : 61.509.176 Mcal/mes.

Además se considera un factor de planta de 90% se tiene que el consumo de energía necesario será de 55.658.750 Mcal/mes, datos indicados en la Tabla N°1. Con este valor y los volúmenes de biomasa disponible de acuerdo a la información que la empresa dispone para la biomasa de origen forestal y agrícola se tiene los siguientes valores:

**Tabla N° 1: Mezcla de Combustible.**

Descripción	Volumen	Unidad	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Cantidad kg/mes	PCI kcal/kg	Aporte kcal
Biomasa Forestal	31.000	m <sup>3</sup>	330	10.230.000	1750	17.902.500.000
Cascarilla de Avena	2.800	m <sup>3</sup>	250	700.000	3200	2.240.000.000
Paja de Trigo	2.500.000	kg	1	2.500.000	3600	9.000.000.000
Paja de Maíz	265.000	kg	1	265.000	3000	795.000.000
Biomasa de rastrojos bosque	20.000	m <sup>3</sup>	285	5.700.000	2000	11.400.000.000
Astilla combustible	19.000	m <sup>3</sup>	335	6.365.000	2250	14.321.250.000
<b>Total</b>				<b>25.760.000</b>		<b>55.658.750.000</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Para determinar la mezcla de combustible y costos, se consideró lo siguiente:

- Biomasa Forestal, Valor para un 55% de humedad.
- Biomasa de Rastrojo, Valor para un 50% de humedad.

- Astilla Combustible, Valor para un 45% de humedad.

Luego en la Tabla N° 2 se muestra el costo total en biomasa anual, éste es de USD \$ 8.322.857 considerando una tasa de cambio de 700 \$ /USD.

**Tabla N° 2: Costos mezcla de Combustible.**

Costo Asociado	Volumen	Unidad	Precio \$	\$ / mes	USD \$ / año
Biomasa Forestal	31.000	m3	4800	148.800.000	2.550.857
Cascarilla de Avena	700.000	kg	18	12.600.000	216.000
Paja de Trigo	2.500.000	kg	20	50.000.000	857.143
Paja de Maíz	265.000	kg	20	5.300.000	90.857
Biomasa de rastrojos bosque	20.000	m3	6600	132.000.000	2.262.857
Astilla combustible	19.000	m3	7200	136.800.000	2.345.143
<b>Total</b>				<b>485.500.000</b>	<b>8.322.857</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Los datos recopilados para la biomasa de origen forestal se obtuvieron de operadores de biomasa de la zona, empresas consumidoras de biomasa y empresas que generan biomasa. Uno de los datos relevantes de las empresas consumidoras de biomasa es que indican que uno de los combustibles que se obtiene sin problemas es el de astilla combustible, pero a un costo mayor.

Para el caso de la cascarilla de avena se considera la disponibilidad de un molino cercano a la planta de FPC.

Considerando la disponibilidad actual en la octava región, en hectáreas, de acuerdo al Informe Anual Agropecuario emitido por el Instituto Nacional de Estadística, INE, en el año 2013, la disponibilidad es de:

- Trigo 83.331 ha
- Avena 30.556 ha
- Maíz 17.915 ha
- Triticale 2.457 ha

La mezcla de combustible definida para el proyecto se ha realizado en base a los combustibles disponibles en el radio económico de la planta, definido en torno a los 150 km. Volúmenes y precios considerados son los indicados en el cuadro anterior.

#### 4.7.4.1 Biomasa Forestal

Este combustible corresponde a un contrato de abastecimiento que posee actualmente la empresa FPC, para un volumen de 31.000 m<sup>3</sup>/mes, para la operación de dos calderas para la generación de vapor. Una que actualmente está en Operación normal y la otra considerada para un proyecto futuro. Por lo tanto este volumen se considera disponible a un valor de 4.800 \$/m<sup>3</sup> estéreo.

#### 4.7.4.2 Cascarilla de Avena

Este combustible está disponible de una empresa de procesamiento en la zona de Collipulli. Actualmente tiene disponibilidad de entrega de la cascarilla de avena por un volumen mensual de 2.800 m<sup>3</sup>.

#### 4.7.4.3 Paja de trigo, avena y tritical

Este combustible está disponible en la octava región y de acuerdo a la experiencia en Chile, se puede recolectar un volumen equivalente a los 4.000 a 6.000 kg por hectárea, esto depende en gran parte de cómo se realice el corte en la etapa de cosecha.

Para este caso se considerará un volumen de recuperación equivalente 4.000 kg por hectárea, por lo tanto, la disponibilidad de paja se estima en 465.376 toneladas  $((83.331+30.556+2457)*4.000= 465.376 \text{ ton})$ . El proyecto requiere 30.000 toneladas por año  $(30.000/12=2.500.000\text{Kg})$ , lo que representa un 6,4 % de la disponibilidad de paja de la octava región.

#### 4.7.4.4 Paja de Maíz

Este combustible está disponible en la octava región y se siembran 17.915 hectáreas de maíz, según informe Agropecuario del INE año 2013. Para este caso se considera una recuperación de 18 a 25 fardos de 500 kg por hectárea. Si se considera un valor medio de 10.750 kg/ha, se tiene que la disponibilidad es de 192.586 toneladas  $(17.915*10.750=192.586 \text{ ton})$ . El proyecto contempla la utilización de 3.180 toneladas por año  $(3.180/12=265.000 \text{ Kg})$  que corresponde a un 1,65% de la disponibilidad total. Este

combustible tiene el inconveniente que lleva un importante volumen de tierra y piedras que genera problemas en los sistemas de alimentación y extracción de cenizas en la caldera, por lo que debe ser utilizado en una proporción menor en la mezcla de combustible.

#### 4.7.4.5 Biomasa de rastrojos en Bosque

Este combustible está disponible en la octava región y corresponde a biomasa obtenida de todo el material que queda después de la cosecha en los bosques. En la región existe una empresa dedicada a la recuperación de combustible, Indef, que a través de su filial Biomasa Chile tiene un volumen disponible de 50.000 m<sup>3</sup> por mes de biomasa, se consideran sólo 20.000 m<sup>3</sup> por mes.

#### 4.7.4.6 Astilla Combustible

Este combustible está disponible en la zona y corresponde a la biomasa producida a partir de madera sólida desclasificada o bosque quemados. Este mercado existe en la zona y es posible captar el volumen de 19.000 m<sup>3</sup> por mes.

A la caldera se le debe suministrar un 50% de biomasa de origen forestal y un 50% de biomasa de origen agrícola, para que se pueda generar una mezcla de combustible que permita el menor costo en términos de energía y determinar el abastecimiento de acuerdo a la mejor disponibilidad en cada periodo.

A continuación se muestra la Tabla N°3 con los costos de la energía de acuerdo al tipo de combustible.

**Tabla N° 3: Costo Energético Unitario.**

Ítem	Energía Kcal/año	Costo USD \$/año	Kcal / USD\$
Biomasa Forestal	214.830.000.000	2.550.857	84.219
Cascarilla de Avena	26.880.000.000	216.000	124.444
Paja de Trigo	108.000.000.000	857.143	126.000
Paja de Maíz	9.540.000.000	90.857	105.000
Biomasa de rastrojos bosque	136.800.000.000	2.262.857	60.455
Astilla combustible	171.855.000.000	2.345.143	73.281
<b>Total</b>	<b>667.905.000.000</b>	<b>8.322.857</b>	<b>573.399</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°3, se puede ver en la columna kcal/USD\$ el combustible más económico es la cascarilla de avena, pero su disponibilidad es limitada. En segundo lugar está la paja de trigo, por lo tanto en la política de abastecimiento debería definirse que se deben hacer los máximos esfuerzos para minimizar los costos de operación. Para mayor detalle ver Anexo E, Balance de Biomasa.

#### **4.8 Evaluación Económica del Proyecto**

La evaluación económica del proyecto se realizó como un flujo incremental, entre la situación actual de FPC, comprando la energía eléctrica y el vapor de acuerdo a los contratos con las generadoras Enesa y Comasa respectivamente, comparada con la situación de implementar el proyecto de cogeneración. De esta forma se determinan los eventuales ahorros de costos, y la factibilidad de llevar a cabo el proyecto. La evaluación de la planta de cogeneración se realizó como proyecto puro, es decir con capital propio, sin financiamiento externo. Para la construcción de los flujos del proyecto, se determinaron las inversiones necesarias en activos e intangibles, los cuales corresponden a costos de mercado de este tipo de bienes. Dentro de las inversiones se determinó el capital de trabajo necesario para la operación, además de los indicadores económicos principales para la evaluación. Todo esto es mostrado en Tabla N°14 correspondiente al flujo de caja.

El detalle de las inversiones, costos asociados y respaldo de estos se presenta en anexo de evaluación económica.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

FPC Papeles, Compra Vapor y Energía Eléctrica a Generadora Enesa.

FPC Papeles, consume aproximadamente 20 toneladas horas de vapor a una presión de 3 Bar y tiene un consumo de energía eléctrica de 5.5 MW, las especificaciones y costos asociados se presentan en la siguiente Tabla N°4.

**Tabla N° 4: Especificaciones técnicas y costos asociados a FPC Papeles.****FPC Papeles, Compra Vapor y Energía Eléctrica**

<b>Electricidad</b>		
Potencia	5,5	MW
Factor de planta	90%	
Horas Año	8.760	horas / año
Horas Año, operación central	7.884	horas / año
<b>Consumo Energía Eléctrica Anual</b>	<b>43.362</b>	<b>MWh/año</b>
<b>Vapor</b>		
Costo Vapor	13	USD / Ton Vapor
Costo Fijo Vapor	22.000	USD / mes
Costo Energía	90	USD / MW / horas
Potencia Contratada	5.500	USD / MW
Consumo Vapor, Planta Papeles	20.000	kg / horas
Consumo Vapor Anual	157.680.000	kg/año
<b>Consumo Vapor Anual</b>	<b>157.680</b>	<b>ton/año</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°4, se muestra el consumo de potencia con un factor de planta de un 90% en FPC Papeles, obteniendo un consumo de energía eléctrica anual de 43.362 MWh/año utilizando 7.884 hora/año. También, se indica el consumo de vapor anual que resulto ser de 157.680 ton/año utilizando las mismas 7.884 hora/año.

FPC Tissue, Genera su propio vapor y compra Energía Eléctrica y biomasa a Generadora Comasa.

FPC Tissue, consume 16 toneladas hora de vapor a una presión de 10 Bar y tiene un consumo de energía eléctrica de 12 MW, las especificaciones y costos asociados se presenta a continuación en Tabla N°5:

**Tabla N° 5: Especificaciones técnicas y costos asociados a FPC Tissue.**

**FPC Tissue, Compra Energía Eléctrica**

<b>Electricidad</b>		
Potencia	12	MW
Factor de planta	90%	
Horas Año	8.760	horas / año
Horas Año, operación central	7.884	horas / año
<b>Consumo Energía Eléctrica Anual</b>	<b>94.608</b>	<b>MWh/año</b>
Precio Energía	115	USD / MW / hr
Potencia	8.268	USD / MW
<b>Consumo Energía Total Papeles + Tissue</b>	<b>137.970</b>	<b>MWh/año</b>
Atributo ERNC	5	USD/MW/hr
<b>Costos Operacional Caldera Existente, Tissue</b>		
Materia Prima	16.500	m3/mes
Costo Materia Prima, Biomasa	4.800	\$/m3
Costo Materia Prima, Biomasa	79.200.000	\$/mes
Costo Materia Prima, Biomasa	950.400.000	\$/año
Costo Materia Prima, Biomasa	1.357.714	USD /año
Costo Disposición y Retiro de Cenizas	55.506	USD /año
Costos Mantenimiento	142.857	USD /año

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°5, se muestra el consumo de potencia con un factor de planta de un 90% en FPC Tissue, obteniendo un consumo de energía eléctrica anual de 94.608 MWh/año utilizando 7.884 hora/año. También, se indica el consumo de materia prima que resulto ser de 16.500 m3/mes entregando un costo de biomasa como materia prima de 1.357.714 USD/año.

Para mayor detalle ver Anexo D, Balance de Energía.

La planta de cogeneración de una potencia de 18.5 MW, basada en la utilización de Biomasa de origen forestal y agrícola. La cual suministrará electricidad y vapor a las plantas de Papeles y Tissue, a continuación se entregan las especificaciones técnicas:

**Tabla N° 6: Especificaciones técnicas planta cogeneración.**

**Especificaciones Técnicas**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Potencia	18,5	MW
Autoconsumo	1	MW
Factor de Planta	90%	
Potencia Disponible	17,5	MW
Horas Año	8.760	horas/año
Horas Año, operación central	7.884	horas/año
<b>Energía Anual Generada</b>	<b>137.970</b>	<b>MWh/año</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°6, se muestra el consumo de potencia de 18,5 MW con un factor de planta de un 90% y una potencia disponible de 17,5 MW y 1 MW como potencia de autoconsumo en unidad de cogeneración en estudio, obteniendo un consumo de energía eléctrica anual disponible de 137.970 MWh/año utilizando 7.884 hora/año. Esto es energía eléctrica para nueva unidad de cogeneración en estudio.

#### 4.8.1 Inversiones

Para concretar el proyecto de cogeneración el cual se evalúa para una potencia de 18.5 MW, se presenta a continuación un resumen de las inversiones principales:

**Tabla N° 7: Inversiones en Activos.**

<b>Resumen Inversión de Activos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>USD \$</b>
Maquinarias y Equipos	36.800.000
Edificaciones	3.100.000
Instalaciones	1.280.000
Línea de Media Tensión	48.000
Declaración Impacto Ambiental DIA	40.000
Capital de Trabajo	1.565.672
<b>TOTAL</b>	<b>42.833.672</b>
<b>Costo en USD\$/MW</b>	<b>2.315.334</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

De la tabla anterior N°7, se observa una inversión total para la construcción y puesta en marcha de la planta de cogeneración por biomasa para una potencia instalada de 18.5 MW de USD\$ 42.833.672 a un costo unitario 2.315.334 USD\$ / MW. Para más detalles ver Anexo C, Evaluación Económica.

Los costos de maquinaria, equipos e instalaciones asociadas a la planta de cogeneración, corresponden a costos de mercado de empresas especializadas, y se consideran todos los costos asociados hasta la puesta en operación.

Es importante mencionar la necesidad de incurrir en un costo adicional por tener que compensar un porcentaje las emisiones de material particulado, ya que la zona está declarada como zona saturada en material particulado. Para este caso se considera un costo de compensación del orden del USD \$ 1.000.000.

Para el ítem estudio se considera sólo la Declaración de Impacto Ambiental.

Para determinar el capital de trabajo, se consideraron los costos de dos meses de abastecimiento de materia prima y dos meses de remuneraciones para el personal.

## 4.9 Estructura de Costos

La operación considera costos de combustible, materia prima Biomasa y mantenimiento de los equipos. Estos se estimaron en relación al mercado actual, calculado de acuerdo a los requerimientos para la generación de 18.5 MW.

Los costos asociados estimados corresponden a:

### 4.9.1 Costos Fijos:

Corresponden a las remuneraciones del personal de acuerdo a renta sobre mercado de personal calificado, además de pagos fijos por conceptos de seguros y operación con el CDEC SIC, los costos determinados son los siguientes:

**Tabla N° 8: Costos Fijos.**

#### Costos Fijos

Ítem	\$ / años	USD \$
Remuneraciones	248.592.000	355.131
Pago CDEC SIC	7.200.000	10.286
Seguros	79.800.000	114.000
<b>Total</b>		<b>479.417</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N° 8, los costos fijos calculados a partir de las necesidades de recursos humanos mostradas en Organigrama de Figura N°7, ver detalles en Tabla N°31. El pago a realizar al CDEC-SIC por la administración en el sistema interconectado central. El pago por los seguros exigidos, ver detalles de ambos en Tabla N°34, subcontratos. Para más detalles ver Anexo F, estructura de costos.

### 4.9.2 Costos Variables:

Los costos variables corresponden a subcontratos para los cuales su valor unitario fluctúa en relación con las horas de operación de los equipos asociados, además de los consumos

de materia prima de acuerdo al balance de energía realizado y a la mezcla energética utilizada, los asociados corresponden a:

**Tabla N° 9: Costos Variables.**

**Costos Variables**

Ítem	\$	USD \$
Cargador Frontal	142.560.000	203.657
Retiro de Cenizas	144.868.500	206.955
Productos Químicos	48.289.500	68.985
Mantenimiento General	338.026.500	482.895
Costo Materia Prima, Biomasa		8.322.857
<b>Total</b>		<b>9.285.349</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N° 9, los costos variables calculados a partir de las necesidades de cargador frontal, retiro de cenizas, productos químicos y mantenimiento general llevado a 12 meses(un año), ver detalles en Tabla N°34, subcontratos. El costo por materia prima biomasa se muestra en Tabla N°34, costo mezcla energética. Para más detalles ver Anexo F, estructura de costos.

#### **4.9.3 Ingresos:**

La evaluación se realiza en función de los ahorros de costos anuales que se realizan al implementar el proyecto de cogeneración, por esto se utilizan los actuales contratos de abastecimiento y costos que poseen ambas plantas, FPC Papeles y FPC Tissue en energía eléctrica y vapor, estos corresponden a:

**Tabla N° 10: Costos por suministro de Energía y Vapor, FPC Papeles.****Costos Totales FPC Papeles**

Descripción	Cantidad	Unidad
Costo Energía	3.902.580	USD / año
Costo Potencia	363.000	USD / año
Costo Vapor	2.049.840	USD / año
Costo Fijo Vapor	264.000	USD / año

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N° 10, se muestran los costos obtenidos y calculados para FPC Papeles comenzando con el Costo Energía, ésta se logra a partir del producto entre el consumo de energía eléctrica anual 43.362 KWh por el costo de la energía los 90 USD/MWh. El Costo Potencia, es el costo por potencia 5.5 MW por la potencia contratada 5.500 USD/MW llevado a 12 meses, un año, esto es igual a 363.000 USD/año. Para el caso de Costo Vapor, es el consumo de vapor anual 157.680 Ton/año por el costo de vapor 13 USD/Ton Vapor. Para el Costo Fijo Vapor, se tiene el costo fijo vapor 22.000 USD/mes por 12 meses. Ver detalles en Tabla N°4, especificaciones técnicas y costos asociados a FPC Papeles.

**Tabla N° 11: Costos por suministro de Energía y Vapor, FPC Tissue.**

Los flujos positivos del proyecto, están constituidos por la venta de energía en cogeneración y aprovechable en el proceso, para la evaluación, se ha asumido razonablemente igual al ahorro de costo de la energía eléctrica y térmica del proceso. El flujo anual por energía eléctrica corresponde al producto de los contratos y precios actuales, que se establece en la búsqueda de la rentabilidad para el proyecto en estudio, por la energía eléctrica suministrada por la planta de cogeneración, determinada por la potencia nominal el nivel de carga y horas anuales de operación del proceso.

### Costos Totales FPC Tissue

Descripción	Cantidad	Unidad
Costo Energía	10.879.920	USD / año
Costo Potencia	1.190.592	USD / año
Costo Materia Prima, Biomasa	1.357.714	USD / año
Costo Disposición y Retiro de Cenizas	55.506	USD / año
Costos Mantenimiento	142.857	USD / año

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N° 11, se muestran los costos obtenidos y calculados para FPC Tissue comenzando con el Costo Energía, esta se logra a partir del producto entre el consumo de energía eléctrica anual 94.608 KWh por el costo de la energía los 115 USD/MWh. El Costo Potencia, es el costo por potencia 12 MW por la potencia contratada 8.268 USD/MW llevado a 12 meses un año, esto es igual a 1.190.592. USD/año. Para el caso de Costo Materia Prima, es el costo materia prima biomasa 950.400.000 \$/año dividido por la tasa de cambio del dólar observado 700 \$/USD. Para el Costo Disposición y Retiro de Cenizas, es una relación entre el consumo de biomasa y su densidad. Finalmente el Costo de Mantenimiento, es el costo de mantenimiento multiplicado el dólar de acuerdo por la tasa de cambio considerada y llevada a un año. Ver detalles en Tabla N°5, especificaciones técnicas y costos asociados a FPC Tissue.

#### 4.9.4 Costo de financiamiento:

El proyecto se evalúa como proyecto puro, es decir con capital propio, por lo que en el cálculo no se ha considerado obtención de financiamiento.

#### 4.9.5 Plazo de Evaluación:

La vida útil de motores y generadores es de 50.000 horas aproximadamente, lo que se aproxima a un plazo de 10 años. Por ello, se ha asumido este horizonte de evaluación.

#### 4.9.6 Depreciación:

Los periodos de depreciación de acuerdo a lo indicado por el Servicio de Impuestos Internos SII (Resolución Externa N°43, DE 26.12.2002). Para el sector energético son los siguientes:

**Tabla N° 12: Vida Útil y Depreciación Acelerada, Sector Energético.**

#### Vida Útil y Depreciación, Sector Energético

Descripción	Depreciación Acelerada Años	Vida Útil Años
Equipos Eléctricos y de Generación	3	10
Transformadores, Celdas de Protección, Interruptores, Equipos Auxiliares y Telecomando	3	10
Edificios y Obras Civiles	6	20
Líneas de Transmisión y Distribución en media y baja tensión,	6	20

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°12, y de acuerdo a los periodos indicados por el SII, se utiliza un periodo de Depreciación de 10 años y no se modifica dicho valor por normativa. También, se muestra un extracto de lo indicado en Resolución Externa N°43, de 26.12.2002. Dice lo siguiente:

*A continuación se da a conocer el texto íntegro de la Resolución Exenta N° 43, de 26.12.2002, que contiene la nueva vida útil para los bienes físicos del activo inmovilizado adquiridos o internados al país a partir del 23.11.2002, fecha de publicación en el Diario Oficial de la Ley N° 19.840.*

*De conformidad a lo dispuesto por el inciso segundo del número 5 del artículo 31 de la Ley de la Renta, fijase la siguiente tabla de **vida útil normal** a los bienes físicos del activo inmovilizado para los efectos de su **depreciación**, ya sea, normal o acelerada, de acuerdo a las normas de la disposición legal precitada.*

#### **4.9.7 Tasa de descuento:**

La tasa de costo de capital que se aplicó para descontar los flujos generados por el proyecto de Cogeneración basada en la utilización de Biomasa, es el Modelo de Valorización de Activos de Capital, CAPM.

Para determinar la tasa libre de riesgo, se consideró aplicar la del mercado Chileno, ya que es en éste mercado donde operará y donde se encuentran sus fuentes de abastecimiento. Para determinar la tasa libre de riesgo para el mercado chileno, se utilizó la tasa histórica de los últimos 60 meses, hasta octubre 2014, de los Bonos del Banco Central de Chile, en UF (BCU), con vencimiento a 10 años.

El retorno esperado, se determinó utilizando el promedio de retorno esperado del mercado bursátil chileno, representado por el IGPA. Para obtener este retorno esperado, no se utilizó 60 meses, ya que se identificó una alta variabilidad de los retornos mensuales para los años 2012 a 2014 y se consideró como representativo, los retornos del índice IPGA observado en los años 2010 y 2011, por lo que se utilizaron estos 24 meses para determinar el retorno esperado del mercado anual.

Para obtener el riesgo sistemático o no diversificable que enfrenta el sector industrial de generación de energía en relación al mercado chileno, se analizó el retorno histórico de las empresas generadoras de energía que cotizan en bolsa y que se encuentran en el IGPA, durante los últimos 4 años, estas son:

- COLBUN
- AESGENER
- ENDESA
- CGE
- ENERSIS

Para determinar el factor Beta de la industria de la generación de energía en Chile, se calcularon la covarianza entre el retorno de la industria con el mercado y la varianza del retorno del mercado, representado por el IGPA en igual período.

El resultado obtenido fue una Tasa de Costo Capital de 11,96%, ver en anexos.

#### 4.9.8 Impuestos a las Utilidades

Para determinar el impuesto a las utilidades, se utiliza el sistema integrado con atribución de renta el cual tiene una tasa de impuestos de primera categoría, a las utilidades de las empresas, que sube gradualmente de 20% a 25% en cuatro años, es decir a partir del año 2015 se utiliza una tasa del 23%, el año 2016 un 24%, y desde el año 2017 en adelante un 25%.

#### 4.9.9 Valor Residual

El valor residual de una planta de cogeneración, radica en el valor residual del equipamiento factible de ser comercializado. La experiencia en el rubro indica a partir de una vida útil de 50.000 horas, los valores residuales pueden aproximarse como indica la tabla:

**Tabla N° 13: Valor Residual, para equipos en plantas de cogeneración.**

Valor Residual para Equipos de Cogeneración			
Descripción	Referido al valor Original del Equipo		
	0- 15.000 Horas	15.000- 30.000 Horas	30.000- 50.000 Horas
Generador Eléctrico y Equipos de CoGeneración	60%	40%	15%
Salas Eléctricas	45%	30%	20%
Instalaciones	20%	15%	15%
Gabinetes Eléctricos	20%	15%	10%

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.10 Flujo de caja

Los resultados de la evaluación obtenidos se presentan a continuación:

**Tabla N° 14: Flujo de caja, por ahorro de costos en la implementación de la planta de cogeneración.**

Flujo de Caja Incremental	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Ingresos por Ahorro de Costos</b>											
<b>FPC Papeles</b>											
Costo Energía		3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580	3.902.580
Costo Potencia		363.000	363.000	363.000	363.000	363.000	363.000	363.000	363.000	363.000	363.000
Costo Vapor		2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840	2.049.840
Costo Fijo Vapor		264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000
<b>FPC Tissue, Caldera existente</b>											
Costo Energía		10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920	10.879.920
Costo Potencia		1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592	1.190.592
Costo Materia Prima, Biomasa		1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714	1.357.714
Costos Mantenimiento		142.857	142.857	142.857	142.857	142.857	142.857	142.857	142.857	142.857	142.857
Costo Disposición y Retiro de Cenizas		55.506	55.506	55.506	55.506	55.506	55.506	55.506	55.506	55.506	55.506
Ingresos por venta atributos ERNC		689.850	689.850	689.850	689.850	689.850	689.850	689.850	689.850	689.850	689.850
<b>Total Ingresos</b>		<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>	<b>20.895.859</b>
<b>Egresos</b>											
Costos RRHH		355.131	355.131	355.131	355.131	355.131	355.131	355.131	355.131	355.131	355.131
Subcontratos		1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778	1.086.778
Materia Prima		8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857	8.322.857
Costos Mantenimiento		482.895	482.895	482.895	482.895	482.895	482.895	482.895	482.895	482.895	482.895
Depreciación Maquinaria y Equipos		4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800
Amortización Intangibles		8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
<b>Total Egresos</b>		<b>14.378.461</b>	<b>14.378.461</b>	<b>14.378.461</b>	<b>14.378.461</b>	<b>14.378.461</b>	<b>14.370.461</b>	<b>14.370.461</b>	<b>14.370.461</b>	<b>14.370.461</b>	<b>14.370.461</b>
Utilidad Antes de Impuesto		0	6.517.398	6.517.398	6.517.398	6.517.398	6.525.398	6.525.398	6.525.398	6.525.398	6.525.398
Impuesto		0	1.564.176	1.629.350	1.629.350	1.629.350	1.631.350	1.631.350	1.631.350	1.631.350	1.631.350
<b>Utilidad después de Impuesto</b>		<b>0</b>	<b>4.953.222</b>	<b>4.888.049</b>	<b>4.888.049</b>	<b>4.888.049</b>	<b>4.894.049</b>	<b>4.894.049</b>	<b>4.894.049</b>	<b>4.894.049</b>	<b>4.894.049</b>
Depreciación Maquinaria y Equipos		4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800	4.122.800
Amortización Intangibles		8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Maquinaria y Equipos	41.228.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estudios	40.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	1.548.461	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.548.461
Valor Residual		0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.122.800
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>-42.816.461</b>	<b>9.084.022</b>	<b>9.018.849</b>	<b>9.018.849</b>	<b>9.018.849</b>	<b>9.018.849</b>	<b>9.024.849</b>	<b>9.024.849</b>	<b>9.024.849</b>	<b>9.024.849</b>	<b>14.696.110</b>
Tasa de Descuento	11,93%										
VAN, 11,93%	10.203.955										
TIR	17,27%										
Recuperación de la Inversión	7 años										

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°14, se muestra el flujo de caja por ahorro de costos en la implementación de la Planta de Cogeneración. Los flujos de cajas están hechos a 10 años y en ella están los Ingresos por ahorros de costos de FPC Papeles y FPC Tissue. También, están los ingresos por venta de atributos de las ERNC. En la Tabla N°10 y Tabla N°11, están bien explicados los detalles de los costos totales de FPC Papeles y FPC Tissue. El ingreso total es de \$ 20.895.859. Para el caso de los Egresos, los costos de recursos humanos están explicados en detalle en la Tabla N°31 y dice relación con personal Planta. Los Subcontratos están indicados en la Tabla N°34. La Materia Prima esta explicada en detalles en la Tabla N°2, Costo Mezcla Combustible. Los Costos de Mantenimiento, están explicados en la Tabla

N°9, Costos Variables. La Depreciación de Maquinarias y Equipos, esta explicada en detalles en la Tabla N° 23, Activo Fijo y depreciada a 10 años. La Amortización de Intangibles son los Estudios o Declaración de Impacto Ambiental DIA considerada a 5 años, esta explicada en la Tabla N°25, Inversiones en Estudios Intangibles. El resultado de los Egresos es de \$ 14.378.461. Luego la Utilidad antes de Impuestos es de \$ 6.517.398. Los Impuestos son \$ 1.564.176 y resultan de \$ 6.517.398 por 24% de tasa de impuestos a la utilidad al 2016. Luego la Utilidad después de Impuestos es de \$4.953.222 y resultan de \$ 6.517.398 menos los impuestos que es de \$ 1.564.176. Luego al año 0, el flujo de caja neto es de \$42.816.641 y del año 1 es de \$ 9.024.082. Análisis realizado para el año 0 y año 1, en adelante ver detalles en Tabla N°14. Los resultados de Flujo de Caja a una tasa de descuento del 11.93%, entregan un Valor Actual Neto de USD \$ 10.203.955, con una tasa interna de retorno del 17.27%, y un periodo de recuperación de la inversión de 7 años. Con los supuestos utilizados, los resultados arrojan un escenario positivo, por lo cual el proyecto es factible de realizar, previa sensibilización y ajustes.

#### 4.10.1 Recuperación de la Inversión

**Tabla N° 15: Recuperación de la Inversión.**

##### **Recuperación de la Inversión.**

<b>Año</b>	<b>Flujo Anual</b>	<b>Flujo Actualizado</b>	<b>Flujo Acumulado</b>
1	9.084.022	8.116.049	-34.700.412
2	9.018.849	7.199.196	-27.501.216
3	9.018.849	6.432.066	-21.069.150
4	9.018.849	5.746.679	-15.322.471
5	9.018.849	5.134.325	-10.188.146
6	9.024.849	4.590.275	-5.597.871
<b>7</b>	<b>9.024.849</b>	<b>4.101.145</b>	<b>-1.496.726</b>
8	9.024.849	<b>3.664.136</b>	<b>2.167.410</b>
9	9.024.849	<b>3.273.694</b>	<b>5.441.104</b>
10	14.696.110	<b>4.762.851</b>	<b>10.203.955</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la Tabla N°15, se muestra el detalle de la recuperación de la inversión de acuerdo al análisis efectuado en la Tabla N°14 Flujo de Caja Neto, está dada para el año 7. Es un periodo relativamente corto lo que configura un retorno rápido de la inversión, por lo tanto, se pueden reducir los riesgos de pérdida al asegurar flujos positivos y también mejorará la liquidez en forma rápida a partir del año 8 en adelante.

#### **4.10.2 Sensibilización del Flujo de Caja**

El análisis de sensibilidad del flujo de caja, es uno de los aspectos importantes para la toma de decisiones, nos permite determinar hasta donde una solución sigue siendo óptima dado algunos cambios (uno a la vez) en los datos o resultado del problema. Evaluar la incertidumbre de esta propuesta de inversión, es ver si el proyecto es sensible a las variaciones de uno o más valores en la evaluación empleada. Para este caso se analizan tres alternativas por separado.

#### **Tabla N° 16: Sensibilización del Flujo de caja por ahorro de costos en la implementación de la planta de cogeneración.**

La sensibilización del VAN con los distintos escenarios de tasa e inversiones es un ejercicio que nos permite ver hasta donde se puede alcanzar un resultado positivo o bueno (óptimo) para la inversión.

4.10.3: Sensibilización VAN, Tasa Descuento Variable; el resultado del VAN en el flujo de caja neto fue de \$ 10.203.955 con una tasa de 11,93%. Se sensibilizó a una tasa de 12%, 14%, 16% y 18% en cuya tasa el VAN se hace negativo, por lo tanto, deja de ser óptimo, recordar que la recomendación es realizar toda inversión con VAN positivo.

4.10.4: Sensibilización VAN, Tasa Constante, inversión Variable; el resultado del VAN en el flujo de caja neto fue de \$ 10.203.955 con una tasa de 11,93%. Se sensibilizó a una tasa constante de los mismos 11.93% pero con inversión variable en por 5%, 10%, 15% y 20% en donde el VAN sigue siendo positivo pero definitivamente es menor al encontrado en el flujo de caja original.

4.10.5: Sensibilización Costo Biomasa; el resultado del VAN en el flujo de caja neto fue de \$ 10.203.955 con una tasa de 11,93%. Se sensibilizó a una tasa constante de los mismos

11.93%, pero con costo de la Biomasa a un mayor porcentaje, vale decir, sobre un 5%, 10%, 15% y 20% en donde el VAN sigue siendo positivo (óptimo) pero definitivamente es menor al encontrado en el flujo de caja original. Tiene menos impacto que el caso anterior por inversión variable en los mismos porcentajes, en donde el VAN no cae demasiado al valor encontrado originalmente.

**Sensibilización VAN, Tasa Descuento Variable**

VAN	12%	10.038.502
VAN	14%	5.824.552
VAN	16%	2.124.805
VAN	18%	-1.137.967

**Sensibilización VAN, Tasa Constante, Inversión Variable**

VAN, I*1,05	11,93%	8.063.132
VAN, I*1,10	11,93%	5.922.309
VAN, I*1,15	11,93%	3.781.486
VAN, I*1,20	11,93%	1.640.663

**Sensibilización Costo Biomasa**

VAN, + 5% Costo Biomasa	11,93%	11.267.872
VAN, + 10% Costo Biomasa	11,93%	9.775.003
VAN, + 15% Costo Biomasa	11,93%	8.282.134
VAN, + 20% Costo Biomasa	11,93%	6.789.265

*Fuente: Elaboración Propia*

Al realizar un análisis preliminar de las sensibilizaciones a Tasa de Descuento, Inversión Variable y al Costo de la Biomasa indicada en la tabla N°16, el proyecto de Planta de Cogeneración sigue siendo viable en una primera evaluación. Evaluar la incertidumbre de esta propuesta de inversión, es ver si el proyecto es sensible a las variaciones de uno o más valores en la evaluación empleada. El análisis de sensibilidad mostrado en la tabla anterior, revela el efecto que tienen las variaciones sobre el flujo de caja de los pronósticos mostrados (valor actual neto). Recién sobre el 18% de la tasa de descuento, se ve un VAN negativo que no es recomendable, en porcentajes anteriores el proyecto es rentable. En los dos casos siguientes, se ve que existe viabilidad de inversión, tanto, con inversión variable de 5% al 20%, como en el costo de biomasa forestal y agrícola en igual porcentaje.

#### 4.11 Conclusiones cálculo planta cogeneración

En la actualidad generar energía eléctrica a partir de biomasa forestal es una realidad en el país. Han sido las grandes empresas forestales como Arauco, CMPC y Masisa las que iniciaron este desarrollo de Energías Renovables No Convencionales. Estas empresas han creado nuevas áreas de negocios dedicadas a la generación de energía haciendo que sea económicamente viable esta actividad.

La evaluación económica para la Planta de Cogeneración Eléctrica de una Potencia Instalada de 18.5 MW, entrega los siguientes resultados económicos para un horizonte de 10 años:

Un resumen de los datos obtenidos del Flujo de caja Puro, por ahorro de costos:

- Tasa Interna de Retorno TIR : 17.27 %
- Valor Actual Neto, VAN, USD \$ : 10.203.955.
- Tasa de descuento: 11.93%
- Recuperación de la Inversión : 7 años.

De acuerdo al estudio financiero realizado al proyecto con el propósito de obtener el VAN y el TIR del proyecto y obtenido los flujos de caja de acuerdo al retorno exigido de 11.93 % es posible notar que el proyecto presenta un VAN mayor a cero, con un valor de USD \$10.203.955, es decir, el proyecto recupera lo invertido, retorna la tasa típica exigida a proyectos de cogeneración y genera una riqueza adicional de USD \$10.203.955. Por lo tanto, es posible concluir que es recomendable realizar el proyecto dado las características de éste, dado que todo proyecto que presente un VAN mayor que cero debiese ser realizado, éste es rentable y con un período de recuperación de la inversión a 7 años.

Por otro lado, la TIR (Tasa Interna de Retorno) que corresponde a la rentabilidad del proyecto en sí o a la tasa de descuento cuando el VAN es igual a 0, es igual a 17.27 %. Los indicadores anteriormente mencionados son fundamentales para tomar la decisión de inversión. En este caso, en particular, ambos índices favorecen la alternativa de invertir en la alternativa de la Planta de Cogeneración y dejar los contratos por suministros de energía

que FPC tiene actualmente, siendo esta la decisión más óptima. Aun cuando el inversionista debe comparar todas sus oportunidades de inversión y determinar si ésta es conveniente según su costo de oportunidad. Con estos antecedentes, es recomendable para la empresa profundizar en este estudio, ya que puede otorgar beneficios importantes.

## **5. ANÁLISIS DE LAS CINCO FUERZAS DE PORTER. (GESTIÓN ESTRATEGICA)**

El principal objetivo del análisis de las 5 fuerzas de Porter aplicada a FPC, es intentar buscar oportunidades e identificar las amenazas hacia FPC o para la entrada de empresas nuevas al negocio, lo que determinará su capacidad para obtener beneficios.

### **5.1 Amenaza de Nuevos Entrantes:**

FPC, con la incorporación de la nueva Planta de Cogeneración se volverá más atractiva por los nuevos y mejores rendimientos que obtendrá. Esto podría ser atractivo para nuevas Empresas, por esto el Grado de calificación queda definido en Medio.

### **5.2 Poder de Negociación de los Proveedores:**

No existe una dependencia exclusiva de proveedores de materias primas (fábricas de papel) y tampoco para las nuevas materias primas a requerir por la Planta de Cogeneración, existe un buen abanico de proveedores. Por lo tanto, el Grado de calificación es Bajo.

### **5.3 Poder de Negociación de los Clientes:**

Para FPC Tissue, es un poco complicado por ser una nueva unidad de negocios, recién lleva algunos meses operando y entregando su producto al mercado, por esta razón, el cliente se deja querer con los precios, lo que significa que el Grado de calificación es MEDIO. Para el caso de FPC Papeles, también se ha complicado un poco porque los clientes están prefiriendo el producto que viene del extranjero a un precio más barato aprovechando la oportunidad que da el tipo de cambio, específicamente el dólar. Por tal razón, es que el Grado de Calificación es Medio.

#### **5.4 Amenaza de Productos Sustitutos:**

Los productos sustitutos para FPC aun estando presentes, es difícil puedan reemplazar al Papel en los tipos que fabrica FPC. Los precios más bajos en el mismo tipo de papeles vienen por el lado de la competencia directa y no a través de sustitutos. Por tal razón, el Grado de calificación es Bajo.

#### **5.5 Rivalidad entre Competidores:**

La interacción entre las Empresas competidoras para la industria del Papel es alta. De acuerdo a antecedentes entregados por ventas de FPC, hoy en día está llegando bastante papel del extranjero a mejores precios para los clientes, lo que dificulta el negocio para la industria nacional, crisis en Brasil, precio del dólar, etc. Por tales razones, el Grado de calificación es Alto.

En la siguiente tabla se muestra el resultado del modelo de las 5 fuerzas de Porter.

**Tabla N° 17: Cinco fuerzas de Porter.**

Según este modelo, el **grado** de atractivo de una industria viene determinado por la acción de estas cinco fuerzas competitivas básicas que en su conjunto definen la posibilidad de obtener mayor **rentabilidad**.

5 FUERZAS DE PORTER	GRADO	RENTABILIDAD
Amenaza de Nuevos Entrantes	Medio	Alta
Poder de Negociación de Proveedores	Bajo	Media
Poder de Negociación de Clientes	Medio	Media
Amenaza de Productos Sustitutos	Bajo	Alta
Rivalidad entre Competidores	Alto	Media
Atractividad de la Industria	Medio	Media

*Fuente: Elaboración Propia*

**5.6 Conclusión Análisis Cinco Fuerzas de Porter.**

Se puede decir que el modelo de las 5 fuerzas de Porter, nos ayuda a entender la situación actual (tabla N°17) y hacerse una idea futura de FPC (con Planta de Cogeneración funcionando). Esta nos indica que la estrategia a seguir, es mantenerse alerta frente a la rivalidad de los competidores y la amenaza de nuevos entrantes, esto nos permitirá saber dónde mover nuestras fichas para mantener el éxito de FPC, estar siempre informado de un mercado competitivo. También se puede indicar que frente a los cambios permanentes en

las estructuras organizacionales, las respuestas de las exigencias cambiantes y cada vez mayor de los clientes, a las innovaciones en el proceso y el producto final, a las fluctuaciones de los costos (influencia del precio del dólar, industria extranjera), son un blanco móvil y complejo para definir las estrategias de los responsables en FPC. En general la capacidad para obtener beneficios, esta dado por el grado atractivo de la industria del Papel y de la posibilidad de obtener mayor rentabilidad a través de la Planta de Cogeneración (posibilidad futura).

## 6. ANALISIS CANVAS, (GESTIÓN DE INNOVACIÓN)

El análisis Canvas, se realizó con el propósito de encontrar una posible propuesta de valor que venga a proponer una visualización clara de los problemas que tiene hoy en día FPC y como esta herramienta puede ayudar en la evolución que pueda tener la Planta en la mejora de procesos que es uno de los objetivos específicos.

**Figura N° 3: Canvas para propuesta de valor de Planta de Cogeneración.**



*Fuente: Elaboración Propia*

En los siguientes puntos, se analizan y/o explican cada uno de los módulos del Modelo Canvas dando a conocer algunas razones y argumentaciones consideradas. Se termina con una conclusión final al modelo Canvas obtenido y el cumplimiento del objetivo planteado.

### **6.1 Segmento de Clientes:**

Los Segmentos de Clientes definidos para la Planta de Cogeneración, son FPC Papeles, FPC Tissue y otros posibles clientes que se pueden incorporar más adelante, ya sea por la venta directa de Vapor o Energía Eléctrica, como también alguna nueva unidad de negocios de FPC.

### **6.2 Propuesta de Valor:**

La Propuesta de Valor, está pensada hacia la solución de algunos problemas que tiene actualmente FPC. Estos son tener mayor disponibilidad del vapor y energía eléctrica, agilidad en los tiempos de respuesta y la confiabilidad en términos de calidad y cantidad requerida de energía.

### **6.3 Canales:**

Los canales de comunicación para esta propuesta de valor están dadas a través de un centro de despacho de energía, radio transmisores, correo electrónico y contacto telefónico. Con esto aseguramos la buena comunicación para la entrega de la energía.

### **6.4 Relación con el Cliente:**

La Relación con el Cliente es personal y directa entre los Supervisores y Operadores de la Planta de Cogeneración y los Clientes de FPC Papeles y Tissue. Esto se puede dar porque está al interior de Planta FPC.

### **6.5 Flujos de Ingresos:**

Los Flujos de Ingresos, estarán dados por la venta de Vapor en toneladas por hora Ton/Hora y ventas de Energía Eléctrica en KWh.

## **6.6 Recursos Claves:**

Los Recursos Claves para cumplir con la propuesta de valor, son los profesionales de la energía disponibles, los operadores de sala de control con la experiencia y conocimiento adecuados para el buen funcionamiento de la nueva unidad, también, están los profesionales para el adecuado análisis de calidad de la energía en el proceso de cogeneración y la alta disponibilidad de las redes asociadas para el buen manejo de los recursos.

## **6.7 Actividades Claves:**

Las Actividades Claves, están dadas principalmente en el análisis de la demanda de energía térmica y eléctrica en línea con los clientes, en el análisis de los precios de la energía eléctrica entregada por el CDEC-SIC hora a hora, en el análisis de los costos de biomasa forestal y agrícola para realizar las mejores mezclas que cumplan con el calor específico y a bajo costo, también está el ver la calidad del agua utilizada para mantener el buen servicio de la Planta.

## **6.8 Socios Claves:**

Los Socios Claves, son los proveedores de biomasa combustible forestal y agrícola en un radio de 150 Km. También está el CDEC-SIC centro de despacho económico de carga – sistema interconectado central, entidad encargada de realizar el despacho de la central de cogeneración.

## **6.9 Estructura de Costos:**

La Estructura de Costos, está dada por los ingresos y egresos de la Planta de Cogeneración y estas son principalmente los costos de energía eléctrica, potencia, vapor, biomasa, mantención, manejo de cenizas, venta de atributos de ERNC, HH, subcontratos, depreciación de maquinarias y equipos, y amortización de intangibles.

### **6.10 Conclusión análisis Canvas.**

Desde la propuesta de valor, se puede concluir que FPC tendría solucionado un gran problema que existe hoy día en Planta. Contar con mayor disponibilidad de vapor y que su calidad esté dada por entregar los valores en presión, temperatura y flujo pueden garantizar un aumento de producción de papel como producto final. Si a esto le agregamos que sus clientes no sólo pueden ser FPC Tissue y FPC Papeles sino que también se podría ampliar a otros clientes al interior del parque industrial para el vapor y a todo el SIC para electricidad. Todo esto hace que de acuerdo al análisis del modelo Canvas la alternativa de la Planta de Cogeneración tenga amplias expectativas de desplazar a los contratos de energías con las generadoras y también de ser implementada. Los objetivos planteados originalmente, también están cubiertos al encontrar que esta nueva unidad de negocio abre una mejora sustancial en el proceso de la fabricación de papeles al interior de FPC.

## **7. MÉTODO DE PERSONAS. (INNOVACIÓN APLICADA)**

Se aplicó el Método de Personas de Innovación Aplicada, para entender o saber si los o el Gerentes están abiertos al cambio que le pudiera generar la incorporación de una unidad de cogeneración en reemplazo de los contratos de suministro de energía que hoy tienen. Es parte de entender un poco más del objetivo específico de realizar un diagnóstico operativo y administrativo en el manejo de las energías contratadas y también en poder encontrar posibles mejoras al proceso productivo. El uso de esta herramienta permite generar empatía con el entrevistado a través de la experiencia y ayuda a entender de mejor manera el problema o preocupación de la persona o entrevistado. Acompañando, conversando y observando al entrevistado, nos puede comunicar y compartir sus ideas y preocupaciones. El proceso y resultados son los que se muestran a continuación:

Se realizó entrevista al Señor Marco Monsalvez L. Ingeniero Civil Industrial, Gerente de Producción FPC Tissue. El Señor Monsalvez es la persona que más conoce de la situación contractual de FPC y es el quien sugiere realizar este estudio para ver la verdadera posición de FPC en términos de energía térmica y eléctrica.

Sus motivaciones entre otras son la de promover proyectos innovadores que pudieran entregarle un plus importante en su proceso y en los costos de la producción del papel. Además, de entregar una mayor eficiencia y confiabilidad en el suministro de las energías contratadas y/o producidas.

Sería muy frustrante no poder tener las herramientas necesarias como para no poder bajar los costos de producción por concepto de energías y no dar la confiabilidad de suministro de energía que FPC necesita su proceso productivo hoy en día. Su meta en la vida es tener siempre un espacio que le permita traspasar su experiencia a las nuevas generaciones de profesionales.

## 7.1 Perfil:

En la figura N°4, se explica el procedimiento o la forma de encontrar el perfil del entrevistado. Se inicia con los temas de interés para nuestro objetivo pero sin dejar de escuchar sus propios objetivos e ideas. Encontrar las frases y citas propias del entrevistado dado en un ambiente de confianza. En este mismo ambiente obtener los pensamientos, creencias, sentimientos y sus emociones personales para llegar finalmente a sus acciones y comportamientos que harán que el objetivo de este método sea más interesante porque se aprende a conocer al entrevistado.

**Figura N° 4: Perfil de Persona Entrevistada.**

### Temas

- Cogeneración de Energía.
- Calidad de Suministro.
- Eficiencia en el uso de Energía.
- Mayor Producción.

### Frases y citas

Viejito ayúdame para ver si es factible o no.

### Acciones y comportamiento

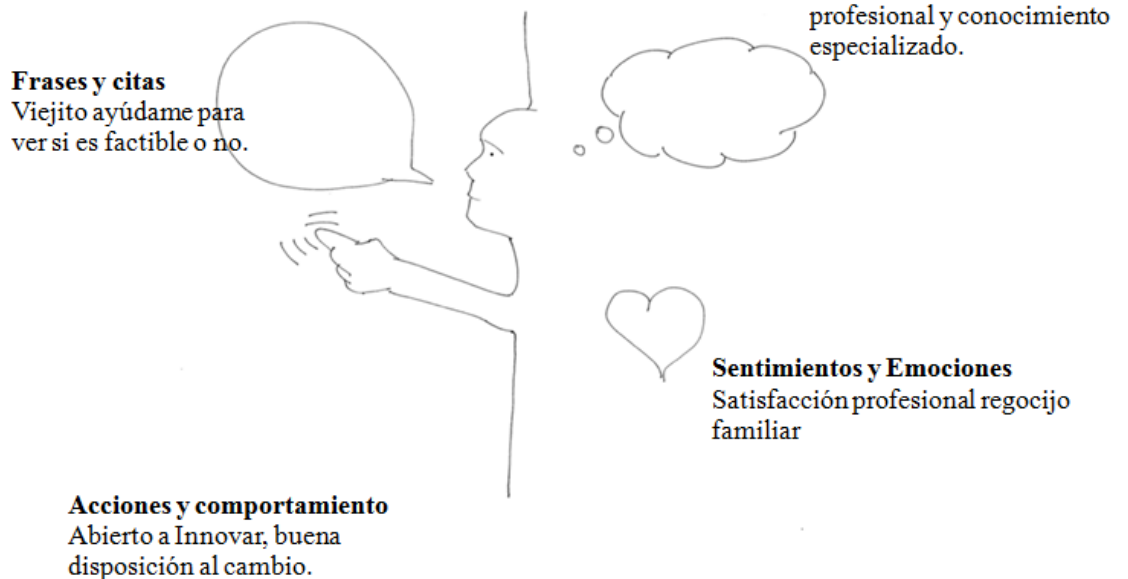
Abierto a Innovar, buena disposición al cambio.

### Pensamientos y creencias

Cree mucho en la formación profesional y conocimiento especializado.

### Sentimientos y Emociones

Satisfacción profesional regocijo familiar

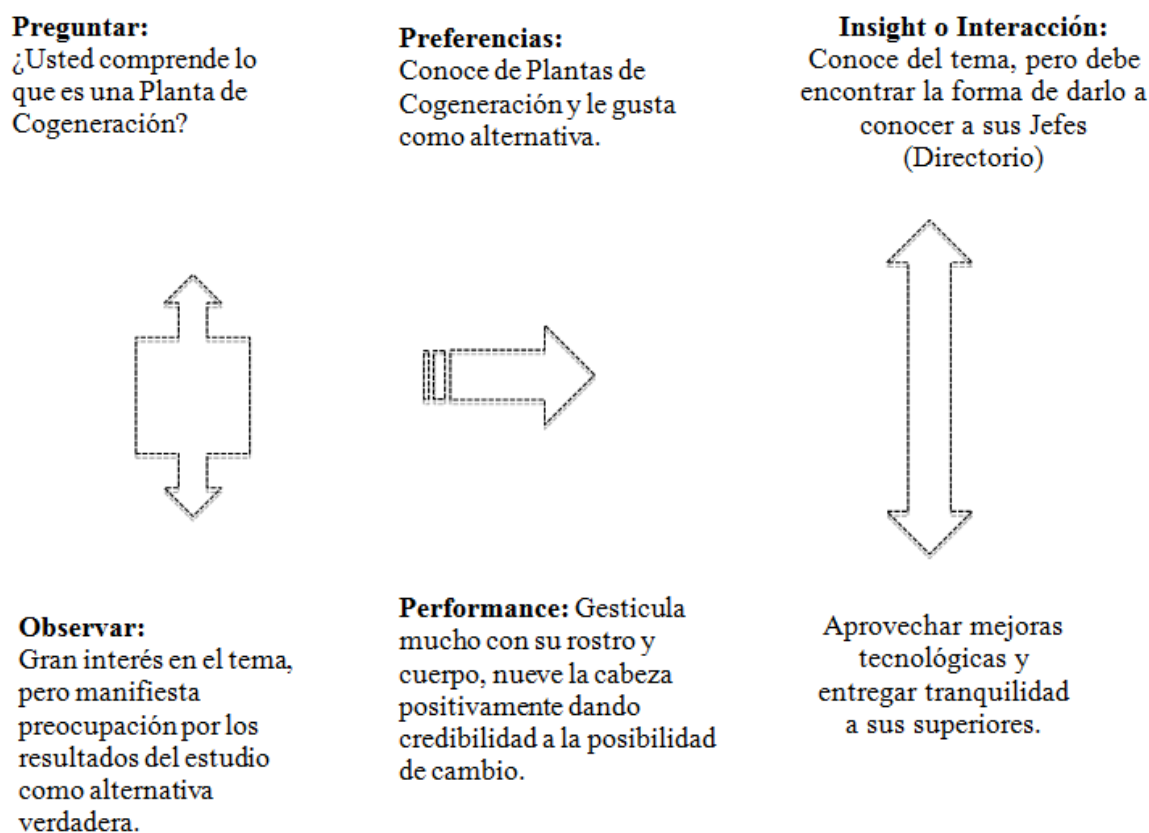


*Fuente: Elaboración Propia*

## 7.2 Modelo Reducido Needfinding:

En la figura N°5, se explica el procedimiento o la forma de encontrar la necesidad que tiene el entrevistado. A partir de preguntar, observar, de entender sus preferencias y su desempeño llegar a un Insight o interacción que tiene para finalmente llegar a obtener la Oportunidad de Innovación.

**Figura N° 5: Método Reducido Needfinding.**



*Fuente: Elaboración Propia*

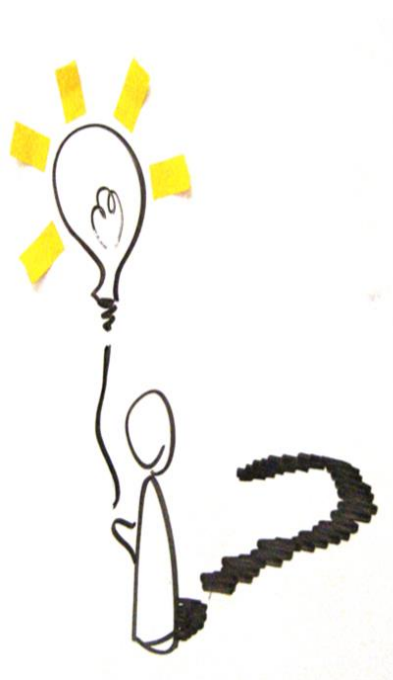
## 7.3 Necesidad o dolor de nuestro entrevistado:

Nuestro entrevistado muestra preocupación de cómo dar a conocer a sus superiores la necesidad de cambiar los contratos de energía por una Planta de Cogeneración, pero al mismo tiempo esta alternativa le entregue los beneficios esperados.

#### 7.4 Generar un punto de vista:

Obtener la definición de un punto de vista del entrevistado, permite la visualización de un problema. Esta buena definición del problema, posibilitará el detectar soluciones innovadoras. De aquí que es importante saber que para construir un punto de vista, se debe contar con un usuario (en este caso entrevistado), una necesidad (el porqué de este estudio) y un insight (comprensión clara de un problema).

#### Figura N° 6: Punto de Vista.



(nuestro usuario) necesita comunicar su visión del tema porque tiene el conocimiento técnico de las ventajas que le pudiera entregar una Planta de Cogeneración en su línea productiva de energía eléctrica y térmica.

Interpretar su realidad y el contexto en que se encuentra

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 7.5 Primeras Oportunidades Críticas

Las primeras oportunidades, se obtienen de lo que espera el entrevistado a partir del estudio de comparación de las alternativas mencionadas y que apuntan a desarrollar las primeras actividades en pos del resultado de este estudio.

- Esperar un buen resultado de este estudio que es preliminar.
- Dar a conocer a sus superiores, su visión de trabajar con alternativa de Planta de Cogeneración en vez de Contratos de Energía con las generadoras.
- Lograr un compromiso de sus superiores y subalternos para confiar en esta alternativa de trabajo.
- Aprovechar las nuevas tecnologías para ser incorporadas a su nueva unidad de trabajo.
- Capacitar a sus trabajadores en esta alternativa.

#### **7.6 Conclusión método de personas.**

El entrevistado Señor Gerente de Operaciones de FPC Tissue, manifestó gran interés al cambio por trabajar con su propia planta de cogeneración en reemplazo de los actuales contratos de energía que FPC tiene. Se ve claramente que conoce del tema y está dispuesto a jugársela por una alternativa como ésta. Sabe que si anda bien, las posibilidades de mejorar su nivel de producción y a costos operativos más bajas son factibles. También, entiende que si este estudio resulta satisfactorio, se debe profundizar más el tema para conocer y lograr mayores detalles. En general manifiesta mucho interés y está abierto al cambio que le pudiera generar el innovar a esta alternativa de trabajar con una Planta de Cogeneración.

## **8. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Se determinó aplicar una metodología por comparación de aspectos más importantes entre las alternativas de Planta de Cogeneración versus Contratos de Energía de FPC.

Primero, se realiza un listado general de los aspectos más importantes a evaluar. Este listado fue trabajado con un experto de Planta FPC que tiene amplio conocimiento de los contratos de energía de FPC y muy buen conocimiento de Plantas de Cogeneración. Por lo tanto, la recomendación es que en la aplicación de esta metodología participen personas que tengan conocimiento de los Contratos con las Generadoras y además tener conocimientos de Plantas de Cogeneración.

Este primer paso, nos permite cuantificar a través de una evaluación binaria de 0 y 1 (No y Si), si el aspecto evaluado aplica a Planta de Cogeneración o Contratos de Energía o a ambos. Luego se suman y se obtiene el porcentaje del total de los aspectos considerados afirmativamente con valor 1 para cada alternativa. Esto nos permite tener una primera aproximación del posible resultado de la comparación de alternativas.

En un segundo paso, se debe evaluar los aspectos SI de cada alternativa que ya han sido debidamente separados para aplicar la segunda etapa de esta metodología.

### **8.1 Aclaración de Aspectos Importantes a Evaluar:**

A continuación se define y aclara el significado de cada uno de los aspectos más importantes seleccionados en conjunto con el experto para entregar mayor claridad de lo relevante que es entender cada uno de los aspectos a evaluar. Estos aspectos entregan al lector un conocimiento adicional al que están acostumbrados a tener para la toma de decisión de invertir o no invertir en el proyecto. Hasta aquí la decisión era llegar hasta un flujo de caja que le permitiera saber si el VAN y TIR son positivos, conocer en cuanto tiempo se recupera la inversión y se toma la decisión. Los Aspectos importantes analizados en esta metodología, le entregan al tomador de decisión un valor adicional, que estará de acuerdo en pagar por él en la medida que los conozca y sepa sacar provecho de éstos. Por lo tanto, se estará en condiciones de conocer el proyecto no solamente desde los aspectos

cuantitativos (números), sino que también de los aspectos cualitativos como valor adicional. Con estos conocimientos tomar la decisión final.

- **Comercialización de Papeles con Sello Verde:** Este concepto implica que la Energía Eléctrica y Vapor utilizado en el proceso de fabricación, es con recursos renovables. Indicarlos a los clientes en bueno.
- **Venta de Atributos de Energía Renovables:** La venta de bonos de carbono, a grosso modo permiten, que una compañía que emite carbono debido a sus procesos productivos, pueda compensar ese impacto al medio ambiente, protegiendo de las emisiones un bosque que está a punto de ser cortado lo salva y no lo corta o plantando bosques, por ejemplo.
- **Responsabilidad Social o Valor Compartido:** Esto implica baja huella de carbono, por lo tanto, menores emisiones y también se generan mayores fuentes de trabajo.
- **Estabiliza el precio de la energía:** Los contratos de largo plazo implican 15 años y dependen generalmente del precio indexado del barril de petróleo, que pudiera variar en un amplio rango, dependiendo de la situación global. El costo de la energía es muy incidente en el costo de producto final, en este caso el papel.
- **Experiencia de Empresas Similares:** Este aspecto es muy importante porque permite tener cierta claridad de lo que están haciendo las demás empresas en esta dirección.
- **Mayor Control Sobre las Variables Eléctricas y Térmicas:** Contar con una Planta de Cogeneración permitirá realizar un mejor control sobre los consumos eléctricos y de vapor, calidad de energía. Esto es importante porque se logra un mejor control del proceso de fabricación de Papel.
- **Mayor Control sobre la Compra de Biomasa:** Esto permite tener un mejor control sobre las variables de la biomasa forestal y agrícola, específicamente en el control de humedad, calidad y precio de ésta. Posibles ahorros por los tipos de mezcla a conseguir.

## 8.2 Indicadores de Evaluación.

### Tabla N° 18: Forma de Evaluar los Aspectos Generales:

Es uno (1) o SI, cuando el aspecto a evaluar es atribuible o favorable a dicho aspecto. Es cero (0) o NO, cuando el aspecto a evaluar no es atribuible o favorable a dicho aspecto.

Evaluación	0	1
	No	Si

*Fuente: Elaboración Propia*

### Tabla N° 19: Forma de Evaluar los Aspectos SI:

Si el aspecto a evaluar es Regular, tendrá un valor o peso específico de 3. Si el aspecto a evaluar es Bueno, tendrá un valor o peso específico de 5. Si el aspecto a evaluar es Muy Bueno, tendrá un valor o peso específico de 9.

Evaluación	
Regular	3
Bueno	5
Muy Bueno	9

*Fuente: Elaboración Propia*

### Tabla N° 20: Forma de Evaluar los Aspectos SI, Benchmarking:

Si el aspecto a evaluar es Regular, tendrá un color Rojo y quiere decir que el aspecto se debe revisar con mayor detalle. Si el aspecto a evaluar es Bueno, tendrá un color Amarillo y quiere decir que el aspecto analizado es óptimo. Si el aspecto a evaluar es Muy Bueno, tendrá un color Verde y quiere decir que el resultado del aspecto revisado es favorable y no requiere de mayor análisis.

Benchmark	Definición
Regular	El análisis de estos aspectos, se deben revisar con mayor detalle.
Bueno	El análisis de estos aspectos, son optimistas.
Muy Bueno	El resultado de estos aspectos, son ampliamente favorable, no requiere mayor análisis.

*Fuente: Elaboración Propia*

### **8.3 Procedimiento de la Aplicación de la Metodología.**

Listado general de los aspectos más importantes a evaluar. Tiene por objetivo reunir los aspectos más importantes y/o relevantes que junto al experto se estime conveniente se deban evaluar (otros casos grupo de profesionales). Estos aspectos se rescatan de los análisis y estudios realizado durante el desarrollo del trabajo propiamente tal, cálculo de la Planta de Cogeneración, antecedentes bibliográficos, del entorno, de la competencia, etc.

#### **8.3.1 Listado General de Aspectos Importantes a Evaluar.**

En la lista siguiente, se muestra los aspectos más importantes seleccionados junto al experto de FPC para iniciar el proceso de comparación entre una Planta de Cogeneración versus los Contratos de Suministro de Energía hacia FPC. Esta lista sirve para ordenar y evaluar los aspectos más importantes seleccionados por el panel de expertos, en este caso experto de FPC.

**Tabla N° 21: Listado de Aspectos Importantes a Evaluar por Comparación Planta de Cogeneración versus Contratos de Energías:**

Aspectos Generales a Evaluar	Planta de Cogeneración	Contratos
Existe Bibliografía relacionada al Problema y posible solución.	1	1
Experiencia de Empresas Similares.	1	0
Estabiliza el precio de la energía.	1	0
Comercialización de papeles con sello verde.	1	0
Venta de atributos de Energía Renovable.	1	0
Responsabilidad Social(valor compartido)	1	0
Nueva Unidad de Negocios	1	0
VAN > 0	1	0
Organigrama de Planta	0	1
Análisis de 5 Fuerzas de Porter.	1	0
Análisis de Canvas.	1	0
Método de Personas Entrevistado.	1	0
Recursos Adicionales	0	1
Inversión Adicional	0	1
Contrato Suministro de Electricidad Alto	1	1
Contrato de Suministro de Vapor Alto	1	0
Contrato Suministro de Biomasa Alto	1	0
Mayor control sobre variables eléctricas y térmicas.	1	0
Mayor control sobre Demanda en horario de Punta	1	0
Contrato de Respaldo Suministro de Energías.	0	1
Termino de Contrato de Suministro de Energías.	0	1
Mayor control sobre la compra de Biomasa,	1	0
<b>Total</b>	<b>0,74</b>	<b>0,30</b>
<b>Total Porcentual (%)</b>	<b>74</b>	<b>30</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Como conclusión de esta primera comparación, tabla N°21 se observa que 17 de los 23 aspectos considerados son favorables a la alternativa de la Planta de Cogeneración y representan un 74% del total de los aspectos generales. También, se observa que 6 de los 23 aspectos considerados son favorables a la alternativa de Contratos de Energía de FPC y representan un 30 % de los aspectos generales.

De este primer análisis, se puede ver claramente una tendencia que la alternativa de la Planta de Cogeneración reúne la mayor cantidad de aspectos favorables. Por lo tanto, FPC debe considerar el analizar cada uno de estos aspectos generales.

### 8.3.2 Listado de Aspectos SI, Planta de Cogeneración.

La siguiente tabla N°22, tiene por finalidad evaluar los aspectos SI de la alternativa Planta de Cogeneración, obtenidos de la tabla anterior N°21. Los aspectos aquí evaluados pasarán por una matriz donde se les asignará un valor específico y un benchmarking (semáforo) que nos pueda servir como punto de referencia para respaldar la metodología de comparación de las dos alternativas consideradas y que también serán considerados para la conclusión final de esta metodología.

**Tabla N° 22: Listado de Aspectos SI, a Evaluar Planta de Cogeneración.**

Aspectos Si, Planta de Cogeneración a Evaluar	Evaluación	Benchmark
Existe Bibliografía relacionada al Problema y posible solución.	3	
Experiencia de Empresas Similares.	9	
Estabiliza el precio de la energía.	9	
Comercialización de papeles con sello verde.	9	
Venta de atributos de Energía Renovable.	5	
Responsabilidad Social(valor compartido)	5	
Nueva Unidad de Negocios	9	
VAN > 0	5	
Análisis de 5 Fuerzas de Porter.	5	
Análisis de Canvas.	5	
Método de Personas Entrevistado.	5	
Contrato Suministro de Electricidad Alto	3	
Contrato de Suministro de Vapor Alto	3	
Contrato Suministro de Biomasa Alto	3	
Mayor control sobre variables eléctricas y térmicas.	9	
Mayor control sobre Demanda en horario de Punta	5	
Mayor control sobre la compra de Biomasa,	9	
<b>Total</b>	<b>101/153</b>	
<b>Total Porcentual (%)</b>	<b>66%</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

Como conclusión de esta segunda comparación, tabla N°22 se observa que 101 de los 153 puntos que es la suma perfecta de la evaluación de los aspectos SI considerados, son

favorables en la alternativa de la Planta de Cogeneración y representan un 66 % del total de los aspectos SI.

### 8.3.3 Resultados Aspectos SI, Benchmark Planta de Cogeneración.

La siguiente tabla N°23, tiene por finalidad dar a conocer el resultado obtenido después de evaluar los aspectos SI de la alternativa Planta de Cogeneración, obtenidos de la tabla anterior N°22.

**Tabla N° 23: Resultados de Listado de Aspectos SI, Benchmark Planta de Cogeneración:**

Aspectos Regulares	Aspectos Buenos	Aspectos Muy Buenos
4/17	7/17	6/17
23,5%	41,2%	35,3%

*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados ilustrados en esta tabla N°23, nos indican que de los aspectos SI y Benchmark de la Planta de Cogeneración evaluados, 4 de 17 corresponden a Aspectos Regulares y representan un 23,5 % de ellos. También 7 de 17 corresponden a Aspectos Buenos y representan un 41,2 % de ellos y 6 de 17 corresponden a Aspectos Muy Buenos que representan un 35,3 % de ellos. Estos resultados nos muestran claramente una ventaja porcentual hacia los Aspectos Buenos y Muy Buenos.

Además, muestra algo que es tremendamente importante y ayudará fuertemente en la toma de decisión, es que existen 6 Aspectos Muy Buenos. Estos aspectos ayudarán a los ejecutivos de FPC a decidir la alternativa correcta. Tanto es así que el mismo Gerente de Operaciones de FPC TISSUE lo indica con mucha satisfacción que este proyecto le pudiera entregar grandes beneficios.

Los siguientes son los aspectos destacados muy buenos y que le entregan un valor adicional al proyecto desde lo cualitativo:

- Experiencia de Empresas Similares.
- Estabiliza el Precio de la Energía.
- Comercialización de Papeles con Sello Verde.
- Nueva Unidad de Negocios.
- Mayor Control sobre las Variables Eléctricas y Térmicas.
- Mayor Control sobre la Compra de la Biomasa.

### 8.3.4 Listado de Aspectos SI, Contratos de Energía.

La siguiente tabla N°24, al igual que la tabla N°22, tiene por finalidad evaluar los aspectos SI de la alternativa Contratos de Energía, obtenidos de la tabla N°21. Los aspectos aquí evaluados pasaran por una matriz similar a la anterior, donde se les asignará un valor específico y un benchmarking(semáforo) que nos pueda servir como punto de referencia para respaldar la metodología de comparación de las dos alternativas consideradas y que también serán considerados para la conclusión final de esta metodología.

**Tabla N° 24: Listado de Aspectos SI, a Evaluar por contratos de Energía:**

Aspectos SI, Contratos a Evaluar	Evaluación	Benchmark
Existe Bibliografía relacionada al Problema y posible solución.	3	
Organigrama de Planta	3	
Recursos Adicionales	5	
Inversión Adicional	5	
Contrato de Respaldo Suministro de Energías.	9	
Termino de Contrato de Suministro de Energías.	3	
<b>Total</b>	<b>28/54</b>	
<b>Total Porcentual (%)</b>	<b>52%</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

Como conclusión de esta segunda comparación, tabla N°24 se observa que 28 de los 54 puntos que es la suma perfecta de la evaluación de los aspectos SI considerados, son

favorables en la alternativa de Contratos de Energía y representan un 52 % del total de los aspectos SI.

### 8.3.5 Resultados Aspectos SI, Benchmarking Contratos de Energía.

La siguiente tabla N°25, tiene por finalidad dar a conocer el resultado obtenido después de evaluar los aspectos SI de la alternativa Contratos de Energía, obtenidos de la tabla anterior N°24.

**Tabla N° 25: Resultados de Listado de Aspectos SI, Contratos de Energía:**

Aspectos Regulares	Aspectos Buenos	Aspectos Muy Buenos
3/6	2/6	1/6
50%	33%	16,60%

*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados ilustrados en esta tabla N°25, nos indican que de los aspectos SI Contratos de Energía evaluados, 3 de 6 corresponden a Aspectos Regulares y representan un 50 % de ellos. También 2 de 6 corresponden a Aspectos Buenos y representan un 33 % de ellos y 1 de 6 corresponden a Aspectos Muy Buenos que representan un 16,6 % de ellos. Estos resultados nos muestran claramente una ventaja porcentual hacia los Aspectos Regulares, esto no es muy alentador.

Como se indica anteriormente no es bueno obtener un 50 % de Aspectos Regulares puesto que esto significa que estos Aspectos se deben revisar con mayor detalle para obtener una mayor claridad de cada uno de ellos.

Finalmente como lo muestra el análisis realizado en esta metodología, se observa claramente algunas ventajas importantes que dejan a la Planta de Cogeneración por sobre los Contratos de Energía. Los Aspectos Generales con mayor porcentaje a favor. Además, los Aspectos SI Planta de Cogeneración con mayor peso específico que los Aspectos SI de

Contratos de Energía y finalmente los Aspectos Regulares, Buenos y Muy Buenos son favorables a Planta de Cogeneración.

#### **8.4 Conclusión Metodología de Comparación**

En el conocimiento de que todo el estudio, es una metodología de comparación, y de acuerdo a un resumen del método de comparación de las alternativas estudiadas, Planta de Cogeneración versus Contratos de Suministro de Energías, se puede concluir que un 74% de las observaciones incorporadas son favorables a Instalar una Planta de Cogeneración, que en comparación con un 30% de las observaciones incorporadas son favorables para continuar con la alternativa de Contratos de Suministro de Energías.

Por tal razón, es que se recomienda continuar profundizando este estudio para llegar a tener mayor cantidad de variables y antecedentes que puedan aportar para llegar a una decisión final. En lo que se refiere a este estudio, el resultado es ampliamente favorable a la Planta de Cogeneración.

## 9. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN FINAL

De acuerdo a todos los análisis efectuados en este estudio, se puede concluir que trabajar con su propia Planta de Cogeneración es más eficiente y económico que seguir trabajando con Contratos de Suministro de Energía Térmica y Eléctrica al interior de FPC.

Como se ha manifestado anteriormente, otras Empresas del mismo rubro ya están trabajando con sus propias Plantas de Cogeneración que como ERNC son un verdadero aporte hoy en día al SIC. Esto es resultado del análisis de los aspectos más importantes, Experiencia de Empresas Similares.

Además, el soporte técnico de este estudio basado en el análisis del entorno por disponibilidad de biomasa forestal y agrícola que es favorable está el hecho de que FPC dispondría de una mayor confiabilidad, estabilidad, calidad de suministro y disponibilidad de las energías necesitadas para el proceso de fabricación de los distintos tipos de papeles.

También, está el hecho no menor que logrando lo anteriormente explicado, FPC se tornaría más eficiente en sus procesos, y el valor final de producción de la tonelada de papel sería más económico de lo que es hoy día.

A los antecedentes anteriores, está el análisis cuantitativo de la comparación de la cual se debe mencionar un VAN mayor a cero y positivo con un valor de USD \$10.203.955, por lo tanto, el proyecto recupera lo invertido, retorna la tasa típica exigida a proyectos de cogeneración y genera una riqueza adicional de USD \$10.203.955. Por lo tanto, dado que todo proyecto que presente un VAN mayor que cero debiese ser realizado, éste es rentable y con un período de recuperación de la inversión a 7 años. También, la TIR (Tasa Interna de Retorno) que corresponde a la rentabilidad del proyecto en sí o a la tasa de descuento cuando el VAN es igual a 0, es igual a 17.27 %. Los indicadores mencionados son fundamentales para tomar la decisión de inversión. En este caso, en particular, ambos índices favorecen la alternativa de invertir en la Planta de Cogeneración.

El análisis de sensibilidad del flujo de caja realizado, siendo uno de los aspectos importantes para la toma de decisiones, permite indicar que la solución encontrada sigue siendo óptima para los tres casos analizados.

Pero también es importante mencionar el análisis cualitativo, que de acuerdo a la aplicación de la metodología entrega resultados muy importantes de los aspectos evaluados. Entre ellos está la Comercialización de Papeles con Sello Verde, la creación de una Nueva Unidad de Negocios, un Mayor Control sobre las Variables Eléctricas y Térmicas, un Mayor Control sobre la Compra de la Biomasa.

De los resultados obtenidos, después de levantar y analizar los datos operativos con que FPC realiza el control administrativo y productivo de sus variables mas importantes de energías eléctricas y térmicas, se concluye claramente que existe un gran problema con las generadoras en la calidad y cantidad del suministro de éstas energías. Las tablas de datos N°39 a N°45 detallan y muestran los datos analizados. Además, con este análisis queda demostrado la existencia de brechas de producción entre el suministro de vapor real y el programado o requerido para cumplir con la producción programada. Los específicos de energía KW/Ton Papel y KgVapor/Ton Papel, muestran las brechas encontradas y que deben ser mejoradas. De este mismo análisis, se desprenden las mejoras en el proceso a realizar, y tienen que ver con la optimización de la energía que actualmente FPC esta recibiendo, sin ni siquiera hacer el Proyecto de Cogeneración. Sin duda que el proceso mayor identificado a mejorar es incorporar una Planta de Cogeneración.

Por lo tanto, la recomendación final realizada a FPC, es que continúe con los estudios relacionados a instalar una Planta de Cogeneración a partir de Biomasa Forestal y agrícola, aprovechando las coberturas de las ERNC.

## BIBLIOGRAFÍA

- CDEC SIC [http://cmg.cdec-sic.cl/Modulos/CMg/CDEC\\_CMgBarras.aspx](http://cmg.cdec-sic.cl/Modulos/CMg/CDEC_CMgBarras.aspx)
- Sokratherm [www.sokratherm.de/htcms/en/references.html](http://www.sokratherm.de/htcms/en/references.html)
- BEA [www.berliner-e-agentur.de/en/plants?tid=All&tid\\_1=All&tid\\_2=All](http://www.berliner-e-agentur.de/en/plants?tid=All&tid_1=All&tid_2=All)
- Revista Electro Industria, diciembre 2014 [www.cogeneracionchile.cl](http://www.cogeneracionchile.cl)
- Contratos U Chile, [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/107348/de-gutierrez\\_p.pdf?sequence=3](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/107348/de-gutierrez_p.pdf?sequence=3)
- Contrato Suministro Energía Eléctrica entre FPC Papeles y Enesa.
- Contrato Suministro Energía Eléctrica entre FPC Tissue y Comasa.
- Contrato Suministro Vapor entre FPC Papeles y Enesa.
- Contrato Suministro Biomasa entre FPC Tissue y Enesa.
- CNE. Información relacionada con la normativa eléctrica legal y medio ambiental.
- CONAF. Información relacionada con la disposición de biomasa forestal y agrícola en la región y el país. Precios y costos de la biomasa.
- INE. Información relacionada con tipos de plantas de Cogeneración, biomasa, precios.
- Potencial de Generación de Energía por Residuos del Manejo Forestal en Chile. Comisión Nacional de Energía (CNE) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH de Enero del año 2008.
- Biomasa Forestal como fuente de energía renovable, Bustamante, Juan A.
- Costos de la Energía en Chile, Comisión Nacional de Energía.
- Informe Anual Agropecuario INE, año 2013.
- Licitación de suministros eléctricos, Elecgas 2014, José Venegas M, Endesa.
- Coordinadora regional de recolectoras del Bío Bío.

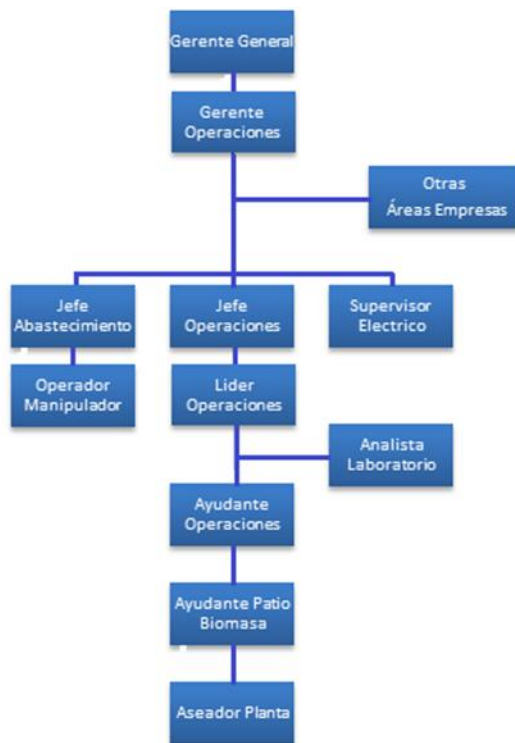
- Banco Central de Chile, <http://www.bcentral.cl/estudios/documentos-trabajo/pdf>.
- [www.sii.cl/documentos/circulares/2003/circu06.doc](http://www.sii.cl/documentos/circulares/2003/circu06.doc)

## **ANEXOS Y TABLAS**

## ANEXO A: ANTECEDENTES ORGANIZACIONALES

El esquema organizacional que debería tener la planta de Cogeneración de FPC considera que ésta nueva unidad es parte de la organización actual, por lo tanto, los niveles gerenciales y de operaciones son los cargos existentes, luego se considera el siguiente organigrama.

**Figura N° 7: Organigrama.**



*Fuente: Elaboración Propia*

### Descripción de cargos:

- Jefe de Operaciones, de Central de Cogeneración. Es el responsable de toda coordinación y funcionamiento de la nueva unidad de servicios al interior de FPC.

- Supervisor Eléctrico. Profesional de especialidad dedicado a la planta de cogeneración, dado los impactos en la topología de la red eléctrica y sistemas de control de la nueva unidad operativa de Planta.
- Analista de Laboratorio. Profesional que debe llevar a su cargo el control de calidad del agua de la caldera y control de humedades del combustible al ingreso de la planta. Su horario de trabajo es Administrativo.
- Líder de Operaciones. Profesionales existentes en Planta térmica hoy día en servicio. Se considera un aumento en sus remuneraciones. Son cuatro profesionales calificados que trabajan en turnos rotativos.
- Ayudantes de Operaciones: Son las mismas personas que operaban la caldera de biomasa existente. Para estos cargos se considera un aumento de sus rentas. En total son cuatro personas que trabajan en turnos rotativos.
- Ayudante de Patio Biomasa. Persona que estará a cargo de controlar todas las actividades en el patio de biomasa, carga de combustible a silo de biomasa, bodega de fardos, carga y descarga de camiones con biomasa al interior de la planta. Son cuatro personas que trabajan en turnos rotativos.
- Operador de Manipulador Telescópico: Persona encargada de manejar el cargador para alimentar la caldera con fardos y descargar los fardos en planta.
- Aseadores Plantas: Serán encargados de desarrollar actividades de limpieza en toda la zona de la planta que lo requieran, tanto, aseo en oficinas como aseo industrial. Son dos personas y trabajarán en turno administrativo.

- Para la atención de Planta en turnos rotativos, se considera a las mismas personas que hoy están en Planta. Para estos cargos se considera un incremento en sus rentas.

Para los siguientes cargos de Planta, también se consideran incrementos en sus rentas, estas son:

- Gerente General
- Gerente de operaciones
- Jefe Personal
- Jefe de Compras
- Jefe de Mantenimiento Eléctrica
- Jefe de Mantenimiento Mecánica

Este aumento de costos de remuneraciones se ha estimado en \$ 3.800.000 mensuales.

**Subcontratos de servicios considerados son:**

- **Servicio de arriendo cargadores frontales:** se considera la operación de dos cargadores frontales que realizarán las funciones de descarga de biomasa y carga a los sistemas de alimentación de biomasa a la caldera. Se estiman 690 horas mensuales a un costo de \$ 22.000, que incluye operador y combustible.
- **Servicio de Enfardados:** en el periodo de enero a abril se debe realizar la recolección de fardos de paja de cereal, para lo cual se debe contratar a una empresa para que realice esta actividad de enfardado. La modalidad en que se realiza esta actividad es que FPC le entrega en comodato las enfardadoras a una empresa relacionada y ésta realiza los trabajos y entrega de los fardos puesto en planta, a un valor de \$ 22 por kg. Para el proyecto se considera un consumo de 75.000 fardos anuales y cada enfardadora es capaz de procesar en el periodo 10.000 fardos, por lo tanto se deberá contar con ocho enfardadoras ( $8 \times 10.000 = 80.000$  fardos), estas últimas con un valor puesto en Chile USD\$ 165.000.

- **Retiro de Cenizas:** Se considera una empresa que tenga las resoluciones sanitarias necesarias para realizar los retiros de cenizas provenientes de la combustión de la caldera. En este caso, se considera que el 3% del combustible en peso corresponde a cenizas de la combustión. Considerando un valor de disposición de 0,4 UF por tonelada de cenizas, densidad de la ceniza de 300 kg/m<sup>3</sup>, volumen de transporte de 70 m<sup>3</sup> por camión a un valor de \$ 200.000 por flete. Esto resulta un costo de 1,5 USD\$/MWh inyectado.

Para el personal de mantención y atención de turno, se consideran las mismas personas existentes en Planta y se considera un aumento en sus rentas.

Los subcontratos asociados, corresponden a:

- Servicio de arriendo cargadores frontales.
- Servicio de Enfardados.
- Retiro de Cenizas.

### **Aspectos Ambientales:**

Este tipo de proyectos solo necesitan una Declaración de Impacto Ambiental DIA, para lo cual se deben considerar los siguientes temas:

- Legislación ambiental aplicable.
- Fundamentar la viabilidad ambiental del proyecto según su emplazamiento.
- Fundamentar el ingreso del Proyecto al Sistema de Evaluación Ambiental.
- Hacer estudio de Ruidos.
- Fundamentar las principales emisiones del proyecto.
- Estudio de aguas lluvias.
- Estudio de impacto Vial.
- Medición de la línea base de calidad del aire.

- Normativa aplicable a la utilización de agua de mar para enfriamiento.
- Aplicación de Decreto N° 13 para Termoeléctricas.

Desde el punto de vista ambiental para la zona de Concepción, Se debe revisar la definición de zona saturada en el parámetro material particulado menor a 2,5 y latente en PM10.

De la Evaluación realizada con la empresa GESMA, ellos estiman que para los niveles de emisiones de la actual caldera y los nuevos niveles de emisiones para la central de cogeneración, lo más lógico será tener que compensar emisiones, ya sea efectuando inversiones relacionadas con el fin de evitar emisiones dentro de la planta o invirtiendo en alguna otra planta, que puede ser de un tercero con el objetivo de compensar emisiones. Una compensación de emisiones para este proyecto sería del orden de USD\$ 1.000.000, estimado por GESMA, Gestión en Medio Ambiente de Concepción.

## **ANEXO B: DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES:**

Para éste proyecto se considera la instalación de los siguientes equipos:

### **Caldera de Poder:**

- Presión : 92 (bar)
- Capacidad : 103 (ton / hora)
- Temperatura vapor : 500°C
- Tipo de parrilla : Vibratoria, refrigerada por agua de la misma caldera.
- Tipo de cuerpo : Acuotubular, con dos sobrecalentadores.
- Combustible : Biomasa de origen forestal, cascarilla de avena, paja de trigo.
- Sistema de mitigación de emisiones: Considera la instalación de un filtro de manga, que permitirá trabajar con emisiones de 30 mg/Nm<sup>3</sup>, para dar cumplimiento a la normativa vigente.

**Generador Eléctrico:**

- Potencia : 22 MVA
- Voltaje de generación : 15.000V
- Corriente Nominal : 847 A.
- Velocidad : 1500 rpm
- Numero de polos : 4
- Sistema de refrigeración : agua.

**Turbina a Vapor:**

- Tipo : Axial
- Potencia : 18,5 MWe
- Extracción no controlada N° 1 : 16 ton/hora a 11 Bara
- Extracción no controlada N° 2 : 25 ton/hora a 4 Bara
- Condensación : 0,1 Bara
- Presión entrada : 92 Bara
- Velocidad : 6800 rpm
- Temperatura entrada : 500 °C
- Condensador : Tubo carcaza para agua de mar Patio de Acopio Biomasa:

Se considera la construcción de un silo de biomasa de origen forestal y una bodega para fardos de paja, con una capacidad para la operación de un día.

Para el manejo de Fardos, se considera un equipo de levante portátil, manipulador telescópico, el cual cargara al sistema de alimentación de la caldera.

Para la manipulación de la biomasa forestal, se consideran dos cargadores frontales los que realizarán tareas de descarga de camiones y alimentación de biomasa al sistema de alimentación a la caldera.

**Subestación Eléctrica:**

FPC, cuenta con un transformador de poder de 154/15 kV, la potencia es de 33 MVA, de éste transformador se distribuye la energía eléctrica a toda la planta. La línea de transmisión no sufrirá cambio porque esta potenciada para la nueva aplicación. La sala de fuerza cuenta con paneles de media tensión que se les incorporaran los sistemas de control necesario para la nueva aplicación.

**Sistema de Control:**

El sistema de control estará ubicado en la sala de control (operación) y contará con un sistema de monitoreo en línea, de tal forma que el operador tenga el control de todos los equipos principales y auxiliares de la Planta de Cogeneración.

**Sistema Interconectado Central SIC:**

La conexión eléctrica al SIC, se conectará a través de la Subestación Eléctrica Principal a la línea de 154 KV Hualpén – Bocamina. Los sistemas de protecciones del transformador principal de la planta deberán permitir el flujo de potencia desde y hacia el SIC.

**Servicios Generales:**

El agua industrial para la planta de tratamiento de agua de la caldera será entregada por la planta existente.

El aire comprimido para el proceso se alimentará desde una planta de aire existente. Los compresores tienen incorporado el sistema secador de aire refrigerativo los cuales no se verán afectados por la ampliación de la planta.

Los residuos industriales líquidos (riles), serán enviados a la planta de tratamiento existente. Estos consisten en la purga de la caldera y rechazo de la osmosis inversa.

Los residuos sólidos generados por la operación y/o mantenimiento, serán enviados a un vertedero autorizado a través de un medio de transporte que cuente con las autorizaciones respectivas.

Los residuos de los servicios higiénicos serán enviados al alcantarillado de planta existente.

## ANEXO C: ANTECEDENTES EVALUACIÓN ECONÓMICA

### Inversiones.

**Tabla N° 26: Inversiones en Activo Fijo.**

Activo Fijo	
Descripción	USD \$
<b>Maquinaria y Equipos.</b>	
Caldera de Poder de alta Presión.	13.000.000
Turbina de vapor con Extracción y Condensación.	3.300.000
Generador Trifásico mas Gabinetes de Control	1.000.000
Condensador de Vapor para agua de mar	1.400.000
Filtro de Mangas	1.600.000
Piping.	800.000
Planta de Tratamiento de Agua	400.000
Sistema de Alimentación Combustible ( Transportadoraes, Patio, Tolva, Harnero)	1.200.000
Centro Distribución Carga-Centro Control Motores-Variadores De Frecuencia	600.000
Transformador	80.000
Instrumentación y Control	500.000
SEP de Interconexión con Red Existente.	300.000
Enfardadoras, 8 unidades	1.320.000
Instalación y Montaje de Planta.	8.500.000
Generador de Emergencia	450.000
Control para medición de gases CEM	250.000
Compensación de emisiones, fuente empresa consultora	1.200.000
Repuestos Críticos	500.000
Ingeniería Básica y Detalles	400.000
<b>Edificaciones</b>	
Edificio Caldera + Turbogenerador	1.200.000
Edificio Silo para Biomasa	900.000
Edificio para Material Seco	600.000
Edificio para Fardos	400.000
<b>Instalaciones</b>	
Patio para Acopio Biomasa Forestal y Agricola	400.000
Red Contra Incendio RCI	350.000
Equipos de Aire Acondicionado	180.000
Circuitos cerrados de Televisión CCTV	50.000
Urbanización	300.000
<b>Línea Media Tensión</b>	
Línea 15 KV, 400 metros	48.000
<b>Total</b>	<b>41.228.000</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

El listado mostrado en tabla N°26 se muestra las inversiones estimadas para la evaluación económica en maquinarias y equipos, edificaciones, instalaciones y línea de

media tensión. Esta se realiza fundamentalmente en base a presupuestos solicitados directamente con proveedores y fabricantes, más la estimación de la edificación en base a precios estándares de construcción y experiencia en plantas similares.

**Tabla N° 27: Capital de Trabajo.**

**Capital de Trabajo**

Descripción	\$ /mes	Stock \$
<b>Materias Primas</b>		
Biomasa Forestal	148.800.000	297.600.000
Cascarilla de Avena	12.600.000	25.200.000
Paja de Trigo	50.000.000	50.000.000
Paja de Maíz	5.300.000	5.300.000
Biomasa de rastrojos bosque	132.000.000	264.000.000
Astilla combustible	136.800.000	273.600.000
<b>Otros</b>		
Remuneraciones	84.111.375	168.222.750
<b>Total \$</b>	<b>569.611.375</b>	<b>1.083.922.750</b>
<b>Total USD \$</b>		<b>1.548.461</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

El capital de trabajo mostrado en la tabla N°27, indica el resultado de los costos para lograr la mezcla energética en términos de precio y volumen, ver tabla N°2. Además, se considera un almacenamiento en canchas de acopio de 2 meses de los distintos tipos de biomasa forestal y agrícola.

**Tabla N° 28: Inversiones en Estudios, Intangibles.**

**Inversiones Intangibles**

Descripción	USD \$
Declaración Impacto Ambiental DIA	40.000
<b>Total</b>	<b>40.000</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

La inversión intangible considerada, es la declaración de impacto ambiental DIA, que de acuerdo a cotización solicitada es de USD 40.000. La DIA es el documento descriptivo del proyecto de cogeneración que se debe presentar a la autoridad medio ambiental, para que éste determine bajo su competencia si el proyecto cauda algún impacto al medio ambiente

o se ajusta a las normativas ambientales vigentes. Esto lo realiza una empresa con la debida certificación en el tema. Eso es mostrado en la tabla anterior N°28.

#### **ANEXO D: BALANCE DE ENERGÍA.**

Las siguientes tablas están ilustradas para mostrar anexamente a lo entregado anteriormente la forma de calcular y de las consideraciones realizadas en el balance de energía necesaria para la nueva Planta de Cogeneración.

**Tabla N° 29: Caldera.**

##### **Caldera**

<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Agua alimentación</b>		
Temperatura	°C	105.00
<b>Vapor Alta Presión</b>		
Presión Absoluta	bara	92.00
Temperatura	°C	500.00
Entalpía	kcal/kg	810.00
Rendimiento Calderas	%	85.00
Calor Especifico necesario	kcal/kg	829.41
<b>Producción Vapor</b>	<b>kg/hr</b>	<b>103.000</b>
<b>Biomasa</b>		
Densidad Biomasa	kg hum/m <sup>3</sup> est	280
Poder Calorifico Superior PCS en Base Seca	kcal/kg seco	4.600
Humedad Promedia Ponderada	%	40
Poder Calorifico Inferior PCI como se recibe	kcal/kg húmedos	2.450
Consumo Especifico	kg Biomasa /kg vapor	0,339
<b>Consumo</b>		
	kg Biomasa/hr	34.869
	m <sup>3</sup> est/hr	124.53
	<b>m<sup>3</sup> est/mes</b>	<b>89.664</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Las tabla anterior N°29 más la tabla siguiente N°30, están relacionadas entre sí, la primera tabla de Caldera indica el consumo total de energía necesario para realizar el balance de biomasa. La tabla, se desarrolla a partir de la temperatura del agua de alimentación, la temperatura del vapor y la presión del vapor de alta presión, con esto se consiguen obtener la producción de vapor requerido. También, se logra el consumo de biomasa requerido a

partir del poder calorífico superior e inferior (PCS, PCI) y de la humedad promedio de la biomasa.

**Tabla N° 30: Consumo de Vapor.**

<b>Consumo de Vapor</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
FPC Papeles( 3 bar)	kg / horas	20.000
FPC Tissue ( 10 bar )	kg / horas	16.000
Vapor a Desaireador ( 3 bar)	kg / horas	5.000
Condensación	kg / horas	62.000
<b>Total</b>	<b>kg / horas</b>	<b>103.000</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

La segunda tabla N°30 consumos de vapor, indica el consumo total de vapor requerido en términos de Kg/horas. Esto en detalle, se logra de la suma de los consumos en cantidad de vapor de FPC Papeles, FPC Tissue, el desaireador y el condensador propiamente tal. Las cantidades, fueron obtenidas por los requerimientos directo de FPC.

Tabla N° 31: Turbogenerador.

Descripción	Unidad	Cantidad
<b>Vapor entrada turbina</b>		
Presión Absoluta	bara	91
Temperatura	°C	500
Entalpía	kcal/kg	810
<b>Flujo</b>	<b>kg/hr</b>	<b>103.000</b>
<b>Vapor extracción FPC Tissue ( 11 bar)</b>		
Presión Absoluta	bara	11
Rendimiento Turbina	%	85
Entalpía Real	kcal/kg	696
Temperatura	°C	238
<b>Flujo</b>	<b>kg/hora</b>	<b>16.000</b>
<b>Vapor extracción FPC Papeles ( 4 bar)</b>		
Presión Absoluta	bara	4
Rendimiento Turbina	%	85
Entalpía Real	kcal/kg	657
Temperatura	°C	147
<b>Flujo</b>	<b>kg/hr</b>	<b>25.000</b>
<b>Vapor Entrada Sección Condensación</b>		
Presión Absoluta	bara	4,00
Entalpía	kcal/kg	657,00
Temperatura	°C	147,00
<b>Flujo</b>	<b>kg/hr</b>	<b>62.000</b>
<b>Vapor a Condensador</b>		
Presión Absoluta	bara	0,10
Rendimiento Turbina	%	85,00
Entalpía Real	kcal/kg	546,00
Temperatura	°C	45,80
<b>Energía Eléctrica</b>		
Entalpía Utilizada 1° sección ( 92 a 11 bar)	kcal/kg	96,90
Entalpía Utilizada 2° sección (11 a 4 bar)	kcal/kg	33,15
Entalpía Utilizada 3ra sección Condensación	kcal/kg	94,35
Potencia Especifica a eje turbina 1° sección	kW/kg	0,113
Potencia Especifica a eje turbina 2° sección	kW/kg	0,039
Potencia Especifica a eje turbina 3ra sección	kW/kg	0,110
Perdida Generador v Caja Reductora	%	4,50
Potencia Especifica bornes generador 1° sección	kW/kg	0,108
Potencia Especifica bornes generador 2° sección	kW/kg	0,037
Potencia Especifica bornes generador sección condensación	kW/kg	0,105
Potencia Efectiva 1° sección	kW	11.083,22
Potencia Efectiva 2° sección	kW	3.202,64
Potencia Efectiva Condensación		6.495,89
<b>Potencia Efectiva</b>	<b>kW</b>	<b>20.782</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior N°31 de Turbogenerador, nos muestra la obtención de la potencia efectiva en KW y que resulto ser 20,782 KW. Esto se obtiene a partir del cálculo de la extracción de condensado para Papeles, Tissue y entrada de condensador, luego las correspondientes entalpias y potencia específica para cada etapa y en los bornes del generador, para terminar con la potencia efectiva de cada una de las etapas obteniendo así la potencia efectiva total a necesitar por el proyecto.

**Tabla N° 32: Condensador y agua de enfriamiento.**

<b>Condensador y agua de enfriamiento</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Vapor Entrada</b>		
Presión Absoluta	bara	0.100
Temperatura	°C	45.80
Entalpía	kcal/kg	546.00
Flujo	kg/hr	62.000,00
<b>Carga Calórica v Enfriadores</b>		
Condensador	kcal/hr	31.012.400
Enfriadores aceite turbina v aire generador	kcal/hr	3.000.000
<b>Total</b>	<b>kcal/hr</b>	<b>34.012.400</b>
<b>Agua Refrigeración</b>		
Temperatura entrada	°C	15.00
Temperatura salida	°C	25.00
<b>Flujo</b>	<b>kg/hr</b>	<b>3.401.240</b>
<b>Consumo Agua Fresca</b>		
Evaporación v Arrastre en Torres	%	1.00
	kg/hr	34.012
Purgas	%	3.00
	kg/hr	102.037
<b>Total</b>	<b>kg/hr</b>	<b>136.050</b>
	lt/min	2.267

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla anterior N°32, muestra la obtención del vapor total requerido para el condensador y agua de enfriamiento. Esto se logra a través de los datos propios de vapor de entrada a condensador, de la carga calórica y enfriadores, del agua de refrigeración y consumos de agua fresca. Los valores de presión, temperatura, entalpía y

flujo son fundamentales para obtener los kilos calorías y finalmente los kilogramos hora de vapor.

#### **ANEXO E: BALANCE DE BIOMASA**

La siguiente tabla, muestra anexamente a lo entregado anteriormente en **4.7.4 Consumo de Combustible** la forma de calcular y de las consideraciones realizadas en el balance de biomasa necesaria para la nueva Planta de Cogeneración.

**Tabla N° 33: Necesidades de Calor.**

##### **Necesidad de Calor**

<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Volumen	89.664	m3/mes
PCI	2.450	kcal/kg
Densidad	280	kg/m3
Energía Total	61.509.176.471	kcal/mes
Considerando factor planta 90%	55.358.258.824	kcal/mes

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla anterior N°33, nos muestra las necesidades de calor que se obtiene a partir del volumen, del poder calorífico inferior y la densidad como resultado ésta es mostrada por la energía total en kilo calorías. Todos los datos son obtenidos del balance de energía explicado en anexo D.

#### **ANEXO F: ESTRUCTURA DE COSTOS**

La siguiente tabla, muestra anexamente a lo entregado anteriormente en **4.9 Estructura de Costos** la forma de calcular y de las consideraciones realizadas para la estructura de costos necesaria para la nueva Planta de Cogeneración.

Esta tabla es complemento de lo explicado con mayor claridad y antecedentes proporcionados en anexo A.

**Tabla N° 34: Costos Recursos Humanos.****Costos Recursos Humanos**

Descripción	Cantidad	Sueldo Existente Unitario \$	Sueldo Futuro Unitario \$	Sueldo Impacto Proyecto Unitario \$/mes	Sueldo Impacto Proyecto Total \$/mes
Jefe Operaciones	1	0	0	2.750.000	2.750.000
Jefe Abastecimiento Biomasa	1	0	0	1.625.000	1.625.000
Líder de Operaciones	4	864.000	1.625.000	761.000	3.044.000
Supervisor Eléctrico	1	0	0	1.625.000	1.625.000
Ayudante Operaciones	4	480.000	720.000	240.000	960.000
Ayudante Patio	4	0	0	624.000	2.496.000
Analista Laboratorio	1	0	0	720.000	720.000
Operador Manipulador Telescópico	4	0	720.000	720.000	2.880.000
Personal Aseo	2	0	0	408.000	816.000
Incremento Costo Apoyo	1	0	0	3.800.000	3.800.000
<b>Costo RRHH Mensual</b>					<b>20.716.000</b>
<b>Costo RRHH Anual</b>					<b>248.592.000</b>
<b>Costo RRHH USD\$ / Anual</b>					<b>355.131</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla anterior N°34, nos muestra las necesidades de los costos de recursos humanos, se indica claramente la cantidad de personas, su sueldo existente o actual más el sueldo futuro, el impacto sobre el proyecto unitario y el total de éste. Además, se considera un aumento de costos de remuneraciones de personal existente en \$ 3.800.000 mensuales.

**Tabla N° 35: Financiamiento.****Estructura Financiamiento**

Descripción	Cantidad	Unidad
Capital Propio	100%	
Tasa de Descuento	11,96%	
Tipo Cambio	700	\$/USD
Depreciación Activos	10	Años
Depreciación Intangibles	5	Años
Plazo Evaluación	10	años

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 36: Otros Costos Operacionales.****Costos Operacionales Adicionales**

Descripción	Cantidad	Unidad
Cargador Frontal	18000	\$/hora
Retiro de Cenizas	1,5	USD\$/MW
Horas Trabajo Cargador	660	horas/mes
Productos Químicos	0,5	USD\$/MW
Mantenimiento	3,5	USD\$/MW

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla anterior N°36, nos muestra las definiciones consideradas como otros costos operacionales y necesarios para realizar el cálculo correspondiente, como son las horas de trabajo del cargador frontal y su costo por hora, el retiro de cenizas, los productos químicos y el mantenimiento propiamente tal. Esta tabla es complemento de lo indicado y analizado en el punto 4.9.2 Costos Variables.

**Tabla N° 37: Subcontratos.****Subcontratos**

Descripción	Cantidad	Costo Unitario \$/mes	Costo Total \$/mes
Cargador Frontal	1	11.880.000	11.880.000
Retiro de Cenizas	1	12.072.375	12.072.375
Productos Químicos	1	4.024.125	4.024.125
Mantenimiento General	1	28.168.875	28.168.875
Pago CDEC SIC	1	600.000	600.000
Seguros	1	6.650.000	6.650.000
<b>Costo RRHH Mensual</b>			<b>63.395.375</b>
<b>Costo RRHH Anual</b>			<b>760.744.500</b>
<b>Costo RRHH USD\$ / Anual</b>			<b>1.086.778</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla anterior N°37, nos muestra las necesidades de los costos por subcontratos. Esta tabla se realiza a partir de la tabla de otros costos operacionales en donde se multiplican

los costos de hora de cargados frontal por el costo de horas trabajadas. Además, se muestra los costos a pagar por la administración de la operación realizada por el CDE-SIC y los seguros comprometidos. Lo propio sucede con el retiro de cenizas, pero considerando la energía anual generada que en éste caso es de 137.970 MWh/año indicada en las especificaciones técnicas.

**Tabla N° 38: Tasa Costo Capital.**

<b>Costo Capital Anual</b>	
<b><math>R_f</math></b>	<b>2,33</b>
<b><math>E(R_m)</math></b>	<b>12,03</b>
<b><math>\beta_i</math></b>	<b>0,99</b>
<b><math>E(R_i)</math></b>	<b>11,93 %</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla anterior N°38, se muestran los indicadores utilizados para realizar el cálculo de costo de capital. La tasa de libre riesgo  $R_f$  obtenido del banco central de Chile, es el promedio de la evolución de la tasa. El  $E(R_m)$ , se logra de la Rentabilidad Anual ajustado por el IPC. El  $\beta_i$ , se logra del IGPA calculando la covarianza y varianza propiamente tal. El  $E(R_i)$ , es el resultado utilizando los indicadores antes mencionados. Toda esta información fue obtenida de <http://www.bcentral.cl/estudios/documentos-trabajo/pdf>.

## ANEXO G: SIMULACIÓN DE FACTURAS POR SUMINISTROS DE ENERGÍAS

**Figura N° 8: Simulación Factura por Suministro Eléctrico.**

DETALLE FACTURACIÓN SUMINISTRO ELÉCTRICO			
<b>Cliente: FPC PAPELES</b>		Mes:	Enero
		Año:	2016
<b>1.-Energía Activa</b>			
Consumo mensual:	kWh		
Consumo a facturar	kwh	<input type="text"/>	
Precio Base Contrato	US\$/kWh		
Precio indexado periodo Enero - Junio 2016	US\$/kWh	<input type="text"/>	
Cargo Energía Activa	US\$		
Dólar Observado promedio	\$/US\$		
<b>Total Cargo Energía Activa</b>			<b>\$</b>
<b>2.- Cargo Demanda Máxima</b>			
Demanda Máxima H Punta	kW		(Ver nota 2)
Precio Transferencias Fopaco 154 KV	\$/kW-mes		(Ver Nota 1)
<b>Total Cargo Demanda Máxima</b>			<b>\$</b>
<b>3.- Cargo Energía reactiva</b>			
Consumo energía reactiva	kWhArh		
<b>Total Factura Mes Enero</b>			<b>\$</b>
<b>Nota 1</b>			
Precio de nudo Charrúa 220 KV balance potencia firme CDEC-SIC			
<b>Nota 2</b>			
Valores enviados por el CDEC			

En la figura anterior N°8, se muestra una simulación típica de una factura de suministro eléctrico, en la parte superior se puede apreciar que es factura de suministro eléctrico, la identificación del cliente, el mes y año de facturación. En el punto 1, se puede ver el detalle de la energía activa consumida en el mes, el precio base y el indexado, dólar observado para el mes de facturación para obtener el total cargo energía activa. En el punto 2, se

puede observar el cargo de la demanda máxima consumida en el mes definidos en términos de demanda máxima en horas de punta y el precio de transferencia para el nudo de la subestación donde se encuentra conectada la Empresa FPC definido por el CDEC-SIC. En el punto 3, se muestra el cargo por energía reactiva consumida por FPC. Más abajo están las notas aclaratorias para los precios y valores entregados por el CDEC-SIC.

**Figura N° 9: Simulación Factura por Suministro de Vapor.**

DETALLE FACTURACIÓN SUMINISTRO DE VAPOR		
<b>Ciente: FPC PAPELES</b>		Mes: Enero Año: 2016
<b>1.-Cargo Variable</b>		
Consumo del mes	ton	
Precio Contrato	US\$/ton	
Precio indexado periodo Enero - Junio 2016	US\$/ton	
Cargo vapor consumido	US\$	
Dólar Observado promedio	\$/US\$	
<b>Total Cargo variable vapor</b>		<b>\$</b>
<b>2.- Cargo Fijo</b>		
Cargo fijo mensual contrato	US\$/mes	
Cargo fijo mensual indexado periodo Enero - Junio 2016	US\$/mes	
Dólar Observado promedio	\$/US\$	
<b>Total Cargo Fijo</b>		<b>\$</b>
<b>Total Factura Mes</b>		Enero <b>\$</b>
Cálculo Factor de Indexación Cuota Fija		
CPI Oct 15		
Cpi Dic08		
Factor de indexación Cuota Fija		

En la figura anterior N°9, se muestra una simulación típica de una factura de suministro de vapor, en la parte superior se puede apreciar que es factura de suministro de vapor, la identificación del cliente, el mes y año de facturación. En el punto 1, se puede ver el detalle del cargo variable en términos del consumo realizado en el mes, el precio de contrato, el

precio indexado, el dólar observado en el mes de facturación para obtener el total cargo variable vapor. En el punto 2, se muestra el cargo fijo en términos de cargo fijo mensual contrato, cargo fijo mensual indexado en el periodo, el dólar observado al mes de facturación para obtener el total cargo fijo. En el recuadro inferior se muestra al cálculo de factor de indexación cuota fija acordada por entre ambas partes.

## **ANEXO H: CONTRATO DE ELECTRICIDAD FPC TISSUE COMASA**

### **CARGOS DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO.**

COMASA facturará mensualmente a FPC TISSUE los siguientes cargos por el suministro de electricidad:

➔ ***Energía Activa.***

*El precio de la energía activa asociada al consumo, aplicable en el Punto de Compra, se determinará horariamente y corresponderá al costo fijo de US\$115 por MWh, horario vigente en el respectivo Punto de Compra expresado en pesos, que utilice el CDEC-SIC para la elaboración de los balances de transferencias de energía entre sus integrantes, dólares de los Estados Unidos de América por Megawatt hora [US\$/MWh], precio que será aplicado horariamente a los consumos de FPC TISSUE que se midan y determinen en la hora respectiva.*

*El costo fijo deberá incluir el costo total de compensaciones por barra y por unidad de retiro de energía correspondiente a dichas barras, calculado y publicado por el CDEC-SIC para el mes en cuestión, así como cualquier otro costo o cargo que se adicione a los retiros. Dichos costos de compensaciones se refieren a aquellos asociados a los retiros de energía que el CDEC- SIC calcula a partir de la aplicación de la R.M. N° 39 del año 2000,*

*emitida por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción y sus posteriores modificaciones y otros sobrecostos determinados por el mismo organismo.*

*En cualquier caso, en el evento que se produjesen cambios en los informes emitidos por el CDEC-SIC o en las regulaciones aplicables, las partes acuerdan ajustar el precio por este concepto de forma tal que refleje en todo momento y de forma completa el costo total incurrido por COMASA ante el CDEC-SIC por los retiros de la energía correspondiente a los consumos de FPC TISSUE.*

*El costo fijo se ajustará trimestralmente según lo indicado en la cláusula Sexta del presente Contrato.*

*COMASA participa de la Ley de Energías Renovables No Convencionales (en adelante “Ley ERNC”), por generar energía en base a biomasa, en virtud de ello, el precio de la energía activa asociada al Consumo Adicional incluyen todo costo asociado a la actual Ley ERNC.*

*Los montos físicos de energía a facturar mensualmente serán iguales a los consumos de energía medidos entre las cero horas del primer día y las 24 horas del último día de cada mes, debidamente referidos al Punto de Compra.*

**→ Energía Reactiva.**

*Como cargo por energía reactiva, COMASA medirá la energía reactiva consumida por FPC TISSUE en el punto de medida y aplicará los cargos que correspondan según la metodología y los cargos que fije la autoridad por concepto de energía reactiva, a través, de las fijaciones de precio de nudo aplicables a ventas de electricidad de empresas generadoras a empresas distribuidoras para clientes sometidos a regulación de precios, para los retiros en el punto de suministro a FPC TISSUE.*

➔ **Potencia en Horas de Punta y Fuera de Horas Puntas.**

*El régimen convenido por las partes para la facturación de la potencia en Horas de punta es de “Demanda Coincidente”, definida por la demanda leída de FPC TISSUE que resulte coincidente con el horario de ocurrencia de la demanda Máxima de Potencia en el Sistema interconectado Central, que se produzca en el Período de Control de demanda de horas de punta.*

*La extensión del Periodo de Control, se ajustará de modo de no superar la extensión mensual, diaria y del total de horas del periodo de control vigente en todo momento en el CDEC-SIC y usado por éste organismo, o el que lo reemplace, para determinar las transferencias de potencia entre empresas generadoras.*

*La Demanda de Facturación en Horas de Punta para FPC TISSUE en el Punto de Consumo, corresponderá al promedio de las cuatro demandas de potencia registradas, integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en la hora coincidente con la demanda máxima del Sistema interconectado Central dentro del Periodo de Control.*

*Mientras no se conozca el la Demanda Máxima del Sistema Interconectado Central en el Período de Control, las partes convienen en que se facturará mensualmente y en forma provisional, el valor resultante de multiplicar el la demanda máxima registrada por FPC TISSUE en las Horas de punta de cada mes incluidas en el Periodo de Control por el precio que determine el CDEC-SIC para las trasferencias de potencia en el Nudo FOPACO 154 KV, para las empresas integrantes de dicho organismo o aquél que lo reemplace. Para los meses que resten hasta el inicio del nuevo Período de Control, mientras no se conozca el valor definitivo de la Demanda Coincidente, se facturará provisionalmente utilizando el valor promedio de las demandas máximas mensuales del último Periodo de Control.*

*Una vez conocida la hora de demanda máxima del Sistema Interconectado Central en el Periodo de Control reciente, se determinará la demanda de facturación en Horas de Punta para los meses restantes hasta el nuevo periodo de Control, y se procederá a la reliquidación de los meses con facturación provisional.*

*COMASA enviará la liquidación de las facturaciones provisionales antes señaladas dentro de un plazo no superior a 30 días posteriores a la recepción de parte del CDEC-SIC de los antecedentes necesarios para ella, acompañada por un informe detallado y respaldado por la información del CDEC-SIC. Para los efectos de esta reliquidación se usará la misma tasa de interés utilizada por el CDEC-SIC para efectuar el cálculo de la reliquidación económica de transferencias entre sus empresas integrantes.*

*El pago de la factura resultante, si procede, la realizará COMASA en la facturación más próxima pendiente de pago. Si procede una Nota de Crédito, FPC TISSUE la deducirá de la facturación más próxima de pago.*

*No habrá cargo para FPC TISSUE por la demanda de potencia en horas fuera de punta.*

**➔ Otros cargos o ingresos asociados a los retiros de los CONSUMOS.**

*Una vez que se establezca el esquema de servicios complementarios contemplado en la Ley N° 19.940 del 13 de Marzo de 2004, COMASA traspasará a FPC TISSUE los cargos o ingresos por servicios complementarios atribuibles a los retiros de los consumos de FPC TISSUE suministrados por COMASA, que esta última efectivamente pague o recaude.*

*Asimismo, COMASA cobrará a FPC TISSUE todos los otros cargos asociados a los retiros de los consumos de FPC TISSUE suministrados por COMASA, tales como operaciones de centrales generadoras a mínimo técnico u operaciones forzadas por razones de seguridad,*

*planes de seguridad establecidos por la autoridad, cargos por efecto de la Ley N° 20.220 de 2007, y otros.*

➔ **Cargos por uso de sistemas de Transmisión Troncal, Subtransmisión y Adicional.**

*Serán de cargo exclusivo de FPC TISSUE los pagos por uso de los sistemas de transmisión Troncal, Subtransmisión y Adicional, que se asocien a los retiros de los consumos de FPC TISSUE, de acuerdo a lo establecido en la Ley Eléctrica y su Reglamento o en sus modificaciones. Los precios ofertados no contemplan la cobertura de ningún tipo de costos asociados al pago por uso de sistemas de transmisión ni de distribución.*

*Será de exclusiva responsabilidad de FPC TISSUE todos los costos, garantías y acciones relativas a la concreción de las inversiones, ampliaciones y/o modificaciones que se requieran en los sistemas de transmisión de electricidad necesarios para el abastecimiento de su consumo.*

## ANEXO I: CONTRATO DE VAPOR FPC PAPELES

### ➤ Contrato de Vapor, Condiciones Generales del Suministro de Vapor

#### SEGUNDO: CONDICIONES GENERALES DEL SUMINISTRO

Las instalaciones de **FPC ENERGÍA** para entregar en forma normal este suministro considera las siguientes demandas previstas de vapor a las presiones manométricas de entrega a la entrada de la máquina papelera, que se indican a continuación:

- Presión 3 bar y temperatura 10 °C sobrecalentado (153,6 °C +/- 5 °C) : Demanda máxima de 15,6 toneladas por hora.
- Presión 20 bar saturado: Demanda máxima de 1,5 toneladas por hora.

Este suministro será entregado al sistema de distribución de vapor de la planta de papel de **FPC** en los puntos de entrega que se definen en plano adjunto como Anexo N° 1 al presente contrato.

#### TERCERO: PRECIO DEL SUMINISTRO DE VAPOR.

**FPC ENERGÍA** suministrará, venderá y facturará a **FPC** el vapor materia del presente contrato, sobre la base de los siguientes precios, valores y conceptos:

- Cargo variable por suministro de vapor: equivalente a US\$ 12 (doce dólares de los EEUU), más IVA, por cada tonelada de vapor efectivamente suministrada.

Este cargo será indexado semestralmente en un 100% por la variación de los costos de suministro de la biomasa sobre camión, requerida para operar la caldera de vapor, utilizando como base un precio de suministro de la biomasa consumida por la caldera a vapor de 3,05 US\$/MMBTU. La primera indexación se efectuará para la facturación de los servicios de vapor del mes de julio de 2009.

### ➤ Contrato de Vapor, Precio Fijo por Indisponibilidad de Vapor

- Cargo fijo por disponibilidad de vapor: equivalente a US\$ 22.000 (veinte y dos mil dólares) mensuales, más IVA, indexados semestralmente por la variación del Índice de Precios al Consumidor de los Estados Unidos (CPI), considerando como base el índice del mes de diciembre de 2008, correspondiendo la primera indexación para la facturación del mes de julio de 2009.

**D.- DETERMINACIÓN % DE HUMEDAD:**

Este instructivo de trabajo tiene por objetivo especificar la metodología a utilizar para la determinación del porcentaje de humedad presente en una muestra de biomasa. Esta se debe realizar para cada camión que ingresa a la planta.

**2. ALCANCE**

- 2.4 Instructivo aplicable a:  
Biomasa ingresada a Planta

**3. DEFINICIONES**

- 3.1 Humedad: Contenido de agua de una muestra, expresada en porcentaje.  
3.2 Peso seco: Peso obtenido al secar una muestra en una estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

**4. RESPONSABILIDADES**

- 4.2 Ejecución:  
- Analistas de Control de Calidad Astillas  
- Analista de Control de Calidad Día

**5. DESCRIPCIÓN**

- 5.2 Tome una muestra de aproximadamente 1 kg de biomasa y realice un cuarteo de la misma, hasta obtener una muestra de aproximadamente 250 g, registre el peso exacto e identifique como  $P_1$ .
- 5.3 Verifique la temperatura de la estufa ( $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y ponga a secar la muestra a peso constante, esto en tiempo corresponde aproximadamente a 18 – 20 horas. Luego retire y pese, registre este peso como  $P_2$ .
- 5.4 Calcule el porcentaje de humedad utilizando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Handwritten signature and initials, possibly 'A. B. H.', located to the right of the formula.

➤ **Contrato Biomasa, Cálculo Obtención US\$/MMBtu.**

**E.- CALCULO OBTENCIÓN US\$/MMBtu**

Este instructivo de trabajo, tiene por objetivo mostrar la metodología que se utiliza para el cálculo de US\$/MMBtu de la Biomasa de cada camión que ingresa a planta

**2. ALCANCE**

- 2.5 Instructivo aplicable a:
- Viruta de Aserradero
  - Aserrín de Aserradero y/o Acopio
  - Astilla
  - Corteza
  - Cascarilla de avena.
  - Mezcla de Biomasa (astilla + aserrín + viruta)

**1. DESCRIPCIÓN**

- 4.0 Para la el cálculo de US\$/MMBtu de cada tipo de biomasa, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{USD/MMBtu} = \frac{(P / tc) * 252.000}{(D * (4500 - (5.083 * (H/100)))}$$

Donde:

P= Precio de compra de la biomasa por tipo y camión  
 tc = Tasa de cambio  
 D= Densidad aparente húmeda, Kg./m3  
 4.500= Poder calorífico inferior seco (4.500 Kcalorías/Kg.)  
 5.083= Calor necesario para evaporar el agua contenida en la biomasa.  
 H= Humedad, es la cantidad de agua que contiene el combustible

- 4.5 La Densidad aparente (Kg./m3): Para la determinación de la D.A. se calcula dividiendo peso neto (peso romana FPC) por volumen real.
- 4.6 % Humedad: Es la cantidad de agua que contiene el combustible, se expresa como el porcentaje en peso en base húmeda. Se realiza un análisis en laboratorio de FPC según lo descrito anteriormente.



*[Handwritten signature]*

## ANEXO J: CONTRATO DE ELECTRICIDAD PAPEL FPC PAPELES

### ➤ Contrato Suministro de Electricidad, Potencia Convenida.

#### SEGUNDO: POTENCIA CONVENIDA

La potencia y energía asociada que **FPC ENERGÍA** se obliga a vender a **FPC**, y ésta a comprarle, será toda la que ésta necesite para su planta ya señalada y dependencias

anexas, hasta un máximo de 5.500 KW. **FPC ENERGÍA** no estará obligada a suministrar cantidades de potencia y de energía asociada a esa potencia superiores a las señaladas.

Si **FPC** determina aumentar su demanda máxima de potencia, deberá comunicarlo a **FPC ENERGÍA** con una anticipación de al menos 6 meses, en cuyo caso **FPC ENERGÍA** dispondrá de un plazo de 15 días hábiles para responder si está en condiciones de incrementar el suministro al mismo precio y condiciones aquí establecidas, o fijando las condiciones en que puede efectuarlo.

Si los requerimientos de potencia y energía de **FPC** fueren superiores a la cantidad máxima contratada bajo este contrato y las partes no llegaren a acuerdo para suscribir el contrato correspondiente a ese mayor requerimiento, **FPC** podrá contratar esa potencia y energía adicional con otro proveedor y en este caso la energía mensual adicional será aquella que sobrepase el valor máximo que hubiera consumido **FPC**, en cualquier momento, en toda la historia del contrato.

### ➤ Contrato Suministro de Electricidad, Precios del Suministro.

#### SÉPTIMO: PRECIOS DEL SUMINISTRO

**FPC ENERGÍA** venderá y facturará los consumos de energía y potencia materia del presente contrato, medidos de acuerdo al esquema que se muestra en el Anexo N° 1

del presente contrato y referidos al nivel de 154 KV según el procedimiento indicado en el mismo Anexo, sobre la base de los siguientes precios bases:

- Precio de la potencia en Horas de Punta: será el precio que determine el CDEC-SIC para las trasferencias de potencia en el Nudo FOPACO 154 KV, para las empresas integrantes de dicho organismo o aquél que lo reemplace.
- Precio de la potencia en Horas fuera de Punta: No habrá cargo para **FPC** por la demanda de potencia en horas fuera de punta.
- Precio por energía activa: desde la fecha del inicio del suministro, y hasta el 31 de Diciembre de 2012, ambas fechas inclusive, el precio base de la energía activa consumida por **FPC** será de 120 US\$/MWH, neto de IVA. Posteriormente, y a partir del día 1 de Enero de 2013 y hasta el término de la vigencia de este contrato, el precio base de la energía será de 80 US\$/MWH, neto de IVA. Ambos valores serán ajustados semestralmente conforme a la fórmula de indexación que aparece más adelante en esta cláusula.

➤ **Contrato Suministro de Electricidad, Otros Cargos.**

- Otros Cargos: Serán de cargo de **FPC** los pagos por uso de sistemas de transmisión troncal, subtransmisión y sistemas adicionales, por servicios complementarios, operaciones a mínimos técnicos, planes de seguridad y cualquier otro costo adicional que el CDEC-SIC determine como asociado a los consumos de **FPC**, de acuerdo a la Ley Eléctrica y sus reglamentos. Estos cargos serán incluidos por **FPC ENERGÍA** en la facturación mensual de potencia y energía, acompañando el detalle de la información de respaldo que proporcione el CDEC-SIC.

## DATOS DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD FPC PAPELES

**Tabla N° 39: Consumo Energía Eléctrica FPC PAPELES.**

Consumo de Energía Eléctrica en KWh Año 2014												
Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	151.083	150.860	150.188	150.005	126.112	145.999	141.060	147.558	131.682	10.627	111.364	155.193
2	141.079	122.009	150.828	93.385	137.383	147.195	147.901	93.680	101.662	10.454	94.360	151.785
3	153.353	65.512	148.221	159.687	151.310	129.104	149.720	142.866	140.077	11.463	140.428	144.136
4	155.488	86.354	151.865	148.038	118.858	129.987	139.756	146.716	142.126	10.130	135.286	142.210
5	151.015	146.934	143.714	150.172	150.970	153.363	148.471	146.269	144.774	10.341	134.409	148.035
6	145.801	151.176	146.304	151.805	134.736	143.368	121.859	144.820	146.357	18.696	113.953	148.479
7	102.581	152.920	147.490	142.441	149.779	153.119	61.795	148.494	145.395	15.748	148.046	146.519
8	156.981	156.493	140.609	149.113	149.731	131.519	150.331	151.936	147.232	67.466	126.102	146.961
9	148.316	146.841	143.123	145.940	135.234	118.143	150.797	150.836	151.225	146.082	143.848	128.115
10	162.628	137.747	152.923	127.886	138.879	139.837	151.478	150.907	152.836	135.818	144.445	157.290
11	163.661	153.606	152.125	140.448	54.056	118.700	151.685	148.818	143.612	155.030	108.598	161.055
12	160.698	150.101	150.883	154.004	39.529	148.990	135.615	22.858	130.675	156.066	143.638	136.096
13	132.718	155.150	161.302	149.459	141.571	140.571	143.441	49.903	144.773	146.679	130.658	151.066
14	145.849	126.285	143.248	138.470	148.544	146.845	125.107	120.837	145.080	146.095	156.505	152.941
15	144.307	128.859	162.097	145.186	119.448	140.195	76.491	139.760	133.417	112.793	125.725	151.337
16	159.418	154.067	152.518	122.900	146.364	145.490	138.458	139.220	138.280	142.817	146.004	147.919
17	142.267	145.136	157.714	133.372	152.746	120.259	147.845	142.915	135.429	133.070	165.750	99.302
18	127.985	154.767	154.497	142.330	40.042	131.545	155.444	133.999	143.198	144.962	164.458	150.817
19	141.369	149.657	137.224	140.288	126.001	148.611	151.683	131.463	144.525	142.587	149.917	148.583
20	162.212	145.474	151.111	142.129	123.552	146.443	146.790	141.733	143.009	134.814	161.419	153.066
21	151.527	151.699	133.634	122.855	131.400	144.442	95.069	136.840	128.535	153.661	158.227	151.132
22	159.208	129.784	162.102	151.553	126.617	139.228	140.999	145.787	20.199	96.731	155.794	106.074
23	155.785	132.042	161.639	151.422	143.719	149.401	145.222	137.835	11.064	132.001	85.225	133.132
24	142.800	122.233	163.688	147.870	141.257	147.583	127.498	147.664	8.805	159.349	153.340	154.992
25	145.661	60.727	161.834	151.414	105.529	148.231	150.188	142.273	7.623	142.203	152.598	152.358
26	146.417	131.264	167.522	161.036	78.766	146.065	125.778	144.369	8.586	140.417	154.756	150.660
27	146.194	151.029	160.537	155.442	14.510	122.329	152.600	143.679	9.436	144.984	155.629	136.166
28	152.405	158.478	156.538	159.320	13.355	146.659	114.578	144.319	9.818	147.244	152.664	121.157
29	150.084		150.544	132.363	80.310	147.033	158.191	146.291	10.093	160.355	154.959	124.449
30	151.948		162.203	150.526	147.072	143.484	127.180	95.829	9.981	136.125	154.887	149.778
31	152.616		155.639		139.723		94.364	141.441		145.116		156.039
<b>Total Mes</b>	<b>4.603.453</b>	<b>3.817.204</b>	<b>4.733.865</b>	<b>4.310.861</b>	<b>3.607.104</b>	<b>4.213.737</b>	<b>4.167.397</b>	<b>4.121.913</b>	<b>3.029.503</b>	<b>3.409.924</b>	<b>4.222.989</b>	<b>4.456.843</b>

Fuente: Control Estadístico FPC Papeles

En la tabla anterior N°39, se puede observar que los consumos de energía eléctrica tienen una amplia variabilidad en un mes con otro. Esto es directamente proporcional a los consumos de vapor y estos son directamente proporcionales a la disponibilidad y suministro de vapor. El consumo de energía eléctrica depende de su demanda, si esta es baja es porque no se tiene la producción deseada.

**Tabla N° 40: Consumo Específico en FPC PAPELES.**

Consumo Especifico en KW/Ton-Papel, Año 2014												
Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo	4.603.453	3.817.204	4.733.865	4.310.861	3.607.104	4.213.737	4.167.397	4.121.913	3.029.503	3.409.924	4.222.989	4.456.843
Producción	8.601	6.924	9.115	8.447	6.696	7.813	8.026	8.435	6.274	6.143	7.813	8.423
Específico	535	551	519	510	539	539	519	489	483	555	540	529

*Fuente: Control Estadístico FPC Papeles*

En la tabla anterior N°40, se puede observar que la producción de papel es muy dispareja entre un mes y otro. La máxima producción observada es de 9.115 Ton/mes en el mes de marzo y la mínima producción de papel es de 6.143 Ton/mes en el mes de octubre. Esto se debe principalmente al mal suministro de vapor por su discontinuidad y a la mala calidad del vapor en términos de sus valores de presión, temperatura y flujo. Con esta irregularidad en el suministro de vapor queda demostrado que existe un gran problema con las generadoras en la calidad del suministro, FPC, está perdiendo de producir y de vender una gran cantidad de toneladas de papel.

## DATOS DE CONSUMO DE VAPOR FPC PAPELES

**Tabla N° 41: Consumo de Vapor en 3 Bar, FPC PAPELES.**

Consumo de Vapor 3 bar en Kg/h, Año 2014												
Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	387.399	384.843	348.044	332.634	331.230	381.880	368.103	412.516	358.275	-	307.866	424.553
2	334.561	308.241	353.283	229.275	336.613	404.706	354.593	248.409	282.589	-	242.321	418.427
3	373.681	124.625	338.793	376.158	381.404	314.340	378.458	409.277	394.884	-	348.301	413.084
4	390.908	226.309	348.416	344.517	289.796	321.083	309.673	412.516	400.010	-	370.341	385.896
5	352.665	366.410	336.394	361.495	357.880	404.331	396.991	415.736	416.256	-	332.544	414.685
6	357.378	342.477	340.143	362.318	337.022	358.864	311.867	415.093	422.333	13.839	279.027	409.091
7	228.121	382.318	350.186	338.214	363.136	402.947	174.600	407.096	417.829	28.680	389.345	399.638
8	394.957	396.960	319.309	353.042	364.318	305.323	409.311	420.504	418.194	147.988	330.682	395.631
9	342.632	357.705	319.358	315.291	305.496	261.794	421.310	420.204	420.099	377.683	388.044	332.803
10	398.358	311.370	360.518	275.967	337.848	344.475	408.467	429.683	432.196	354.429	396.330	397.804
11	403.283	376.149	361.270	329.053	103.948	263.013	421.934	429.366	382.768	436.418	273.205	396.827
12	405.680	337.546	357.770	362.799	115.386	362.580	340.058	47.453	374.141	435.725	338.408	325.978
13	298.350	370.462	379.265	363.817	359.431	314.762	386.238	253.693	408.618	396.799	310.201	387.340
14	337.848	306.530	322.702	316.841	310.457	305.712	316.692	325.564	418.313	416.864	382.826	414.421
15	355.683	259.135	378.986	319.723	238.066	347.979	158.636	350.506	342.467	302.836	341.190	418.260
16	397.170	375.382	323.276	265.127	322.762	355.079	373.999	361.284	353.680	387.159	348.444	419.480
17	340.118	318.537	360.441	297.646	332.963	287.772	430.766	421.069	357.284	372.822	445.355	255.695
18	313.384	371.833	350.523	329.630	83.767	311.116	438.005	365.038	391.473	393.893	443.528	373.966
19	361.806	334.812	323.736	340.451	281.591	403.317	432.423	335.221	392.262	376.824	382.359	384.275
20	395.776	346.064	365.581	338.585	245.309	360.183	406.141	414.058	387.433	366.813	425.086	420.073
21	351.274	355.830	308.509	294.260	319.167	345.808	225.835	380.512	313.786	416.368	429.607	413.136
22	406.316	298.253	375.148	369.466	296.534	315.880	401.752	435.157	17.788	238.001	432.015	285.571
23	388.621	288.988	376.186	364.396	343.135	313.498	400.891	386.960	-	286.549	224.760	330.528
24	363.708	286.814	374.143	345.484	347.866	351.529	330.045	433.521	-	387.547	393.931	407.506
25	368.317	119.033	368.613	361.131	237.762	405.607	399.225	386.105	-	342.065	407.596	419.685
26	371.686	310.192	369.322	385.850	173.805	408.861	316.476	414.044	-	367.855	415.800	431.858
27	376.965	312.807	382.601	386.352	5.065	282.231	408.370	403.208	-	339.372	433.992	379.300
28	381.931	358.170	356.069	390.468	3.989	367.377	322.256	404.026	-	383.047	422.227	337.232
29	371.895		347.074	331.388	169.486	378.252	425.073	422.790	-	403.375	433.840	296.962
30	376.431		359.281	371.659	375.572	369.224	325.549	254.189	-	323.627	430.125	381.310
31	389.570		365.785		330.473		259.963	377.118		392.279		407.289
<b>Total Mes</b>	<b>11.316.472</b>	<b>8.927.794</b>	<b>10.920.724</b>	<b>10.153.036</b>	<b>8.401.279</b>	<b>10.349.523</b>	<b>11.053.700</b>	<b>11.591.917</b>	<b>8.102.680</b>	<b>8.688.853</b>	<b>11.099.293</b>	<b>11.878.301</b>

*Fuente: Control Estadístico FPC Papeles*

En la tabla anterior N°41, se muestra los consumos de vapor en baja presión en toneladas por mes. Se puede apreciar que existe mucha irregularidad en el suministro de éste, meses con días enteros sin entregar nada de vapor, eso significa que no se fábrica nada de papel, por lo tanto, FPC pierde de entregar su producto final y corre un alto riesgo de no cumplir con sus clientes.

**Tabla N° 42: Consumo de Vapor en 20 Bar, FPC PAPELES.**

Consumo de Vapor 20 baren Kg/h, Año 2014												
Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	36.340	32.322	38.212	37.458	39.522	37.087	38.759	42.270	39.015	-	37.592	40.084
2	32.672	2.970	38.088	27.657	39.512	37.083	38.936	41.744	39.402	-	0	40.127
3	37.013	1.505	38.167	38.319	38.634	37.582	39.234	42.100	38.948	-	11.263	40.034
4	37.039	28.161	38.162	38.290	40.200	37.779	40.323	42.270	38.847	-	33.323	40.288
5	37.339	37.178	38.412	38.286	38.490	36.887	40.590	42.232	39.073	-	37.092	40.289
6	37.287	37.276	38.253	38.299	39.285	37.223	41.074	42.353	39.319	-	38.500	40.300
7	38.285	36.755	38.028	38.657	38.427	36.932	28.559	42.225	38.775	-	39.429	40.556
8	37.212	37.029	38.318	39.951	38.490	37.558	41.339	42.226	38.740	11.392	39.832	40.581
9	37.547	36.693	38.471	39.756	39.474	38.387	40.860	42.939	38.745	22.651	39.799	40.595
10	37.103	37.681	37.900	39.165	6.367	37.342	40.796	42.383	37.944	32.431	39.851	40.588
11	37.198	37.131	37.904	38.905	26.170	37.871	40.596	38.907	38.224	40.172	38.797	40.550
12	37.267	37.385	37.842	38.564	27.623	37.271	42.049	278	38.152	40.335	40.201	40.506
13	33.466	36.938	37.737	10.560	39.311	37.105	40.973	-	38.067	40.452	39.986	40.929
14	37.674	34.213	36.275	38.328	39.084	37.910	41.527	39.727	38.051	40.554	39.595	41.313
15	37.835	37.854	38.290	40.293	41.189	36.575	30.412	38.611	38.807	39.720	38.830	41.298
16	37.281	36.903	38.752	40.448	21.957	36.374	40.566	38.869	38.619	40.907	37.362	41.728
17	37.292	37.788	38.108	38.862	3.931	36.212	40.875	41.767	38.837	40.850	39.676	27.301
18	38.218	37.021	24.605	37.946	1.166	35.306	41.513	40.629	38.461	40.355	39.723	30.054
19	37.796	37.303	31.095	37.563	27.652	37.138	41.392	39.299	38.489	40.700	39.824	36.022
20	37.242	37.456	38.145	37.850	36.810	19.203	41.428	38.586	38.450	40.803	39.754	36.350
21	37.796	37.324	37.378	39.836	38.070	27.256	40.341	39.042	38.643	40.337	39.763	35.874
22	37.343	38.330	38.480	38.463	38.373	37.662	41.372	38.562	2.058	36.839	39.706	35.387
23	37.243	38.335	38.596	38.833	38.141	36.484	41.252	38.949	-	39.753	41.053	34.222
24	37.921	38.733	38.213	39.096	38.071	36.475	41.675	38.712	-	39.985	39.879	34.456
25	37.690	17.899	38.248	48.217	37.038	38.143	41.172	38.855	-	39.667	39.928	34.884
26	37.687	30.857	39.192	48.171	19.383	38.512	33.902	38.333	-	39.612	40.045	35.685
27	37.721	36.853	39.138	48.354	92	38.566	40.135	38.482	-	39.811	40.051	36.115
28	37.781	38.054	39.144	48.002	108	38.630	42.185	38.639	-	37.930	39.778	35.950
29	37.799		29.985	38.220	25.271	38.787	41.500	39.317	-	39.358	40.052	36.101
30	37.888		22.321	38.452	37.280	38.943	39.826	28.120	-	39.790	40.086	35.851
31	37.808		26.221		37.374		41.928	38.994	813.666	40.718		35.834
<b>Total Mes</b>	<b>1.153.783</b>	<b>933.947</b>	<b>1.127.680</b>	<b>1.160.802</b>	<b>932.494</b>	<b>1.094.279</b>	<b>1.237.090</b>	<b>1.155.420</b>	<b>1.627.333</b>	<b>905.121</b>	<b>1.110.769</b>	<b>1.169.851</b>

Fuente: Control Estadístico FPC Papeles

En la figura anterior N°42, se muestra el consumo de vapor en alta presión 20 bar. El análisis es similar al caso anterior de vapor de baja presión, 3 bar.

**Tabla N° 43: Consumo Total de Vapor en 3 + 20 Bar, FPC PAPELES.**

Consumo Total de Vapor 3 + 20 bar en Kg/h, Año 2014												
Dias	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	423.739	417.164	386.256	370.092	370.752	418.967	406.862	454.786	397.290	-	345.459	464.636
2	367.233	311.211	391.371	256.932	376.125	441.789	393.529	290.153	321.991	-	242.321	458.554
3	410.695	126.130	376.961	414.477	420.038	351.922	417.692	451.377	433.832	-	359.564	453.118
4	427.947	254.470	386.578	382.807	329.996	358.862	349.996	454.786	438.857	-	403.665	426.184
5	390.004	403.588	374.805	399.781	396.370	441.218	437.581	457.968	455.329	-	369.636	454.973
6	394.665	379.753	378.396	400.617	376.307	396.087	352.940	457.446	461.651	13.839	317.528	449.390
7	266.406	419.073	388.214	376.871	401.563	439.878	203.159	449.321	456.604	28.680	428.774	440.194
8	432.169	433.990	357.627	392.993	402.807	342.881	450.651	462.731	456.934	159.380	370.514	436.212
9	380.179	394.398	357.829	355.047	344.970	300.181	462.170	463.143	458.844	400.334	427.842	373.398
10	435.461	349.051	398.418	315.132	344.215	381.817	449.263	472.066	470.140	386.860	436.181	438.392
11	440.480	413.280	399.174	367.957	130.118	300.884	462.530	468.274	420.993	476.590	312.002	437.377
12	442.947	374.931	395.611	401.363	143.009	399.851	382.107	47.731	412.293	476.060	378.609	366.484
13	331.817	407.400	417.002	374.377	398.742	351.867	427.211	253.693	446.685	437.251	350.186	428.269
14	375.522	340.743	358.977	355.169	349.541	343.622	358.219	365.291	456.364	457.418	422.421	455.734
15	393.519	296.990	417.277	360.016	279.255	384.553	189.048	389.117	381.274	342.556	380.019	459.558
16	434.451	412.285	362.028	305.576	344.720	391.454	414.564	400.153	392.300	428.066	385.806	461.208
17	377.410	356.325	398.549	336.508	336.894	323.984	471.641	462.837	396.121	413.672	485.031	282.996
18	351.603	408.854	375.127	367.576	84.933	346.422	479.518	405.667	429.934	434.247	483.250	404.021
19	399.602	372.116	354.830	378.014	309.243	440.455	473.815	374.521	430.751	417.524	422.183	420.297
20	433.019	383.520	403.725	376.435	282.119	379.386	447.570	452.644	425.883	407.617	464.840	456.423
21	389.070	393.154	345.887	334.096	357.238	373.064	266.175	419.554	352.430	456.704	469.370	449.009
22	443.658	336.583	413.629	407.929	334.908	353.541	443.124	473.718	19.846	274.840	471.721	320.958
23	425.864	327.323	414.782	403.228	381.276	349.982	442.143	425.909	-	326.302	265.813	364.750
24	401.629	325.547	412.356	384.581	385.937	388.004	371.720	472.234	-	427.532	433.810	441.961
25	406.007	136.932	406.861	409.348	274.800	443.751	440.397	424.961	-	381.731	447.525	454.569
26	409.373	341.049	408.515	434.022	193.188	447.372	350.377	452.377	-	407.467	455.845	467.543
27	414.685	349.660	421.739	434.705	5.157	320.797	448.505	441.690	-	379.183	474.042	415.414
28	419.711	396.224	395.212	438.470	4.097	406.007	364.441	442.665	-	420.976	462.004	373.182
29	409.693	-	377.059	369.608	194.757	417.038	466.573	462.108	-	442.733	473.891	333.063
30	414.320	-	381.602	410.111	412.851	408.167	365.376	282.309	-	363.417	470.211	417.161
31	427.378	-	392.006	-	367.846	-	301.890	416.111	813.666	432.997	-	443.123
<b>Total Mes</b>	<b>12.470.255</b>	<b>9.861.742</b>	<b>12.048.403</b>	<b>11.313.838</b>	<b>9.333.773</b>	<b>11.443.803</b>	<b>12.290.790</b>	<b>12.747.338</b>	<b>9.730.013</b>	<b>9.593.974</b>	<b>12.210.062</b>	<b>13.048.152</b>

*Fuente: Control Estadístico FPC Papeles*

En la tabla anterior N°43, se muestra la suma de los vapores en baja y alta presión. El resultado no cambia lo suficiente como para mejorar los específicos de energía y la producción de papel.

**Tabla N° 44: Consumo Específico de Vapor, FPC PAPELES.**

Consumo Especifico en Kg-Vapor/Ton-Papel, Año 2014												
Dias	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo	12.470.255	9.861.742	12.048.403	11.313.838	9.333.773	11.443.803	12.290.790	12.747.338	9.730.013	9.593.974	12.210.062	13.048.152
Producción	8.601	6.924	9.115	8.447	6.696	7.813	8.026	8.435	6.274	6.143	7.813	8.423
Especifico	1.450	1.424	1.322	1.339	1.394	1.465	1.531	1.511	1.551	1.562	1.563	1.549

*Fuente: Control Estadístico FPC Papeles*

En la tabla anterior N°44, se muestra que el específico de energía térmica versus producción sigue la misma irregularidad que el específico de energía eléctrica versus producción de papel. El mes de marzo que se consigue la mayor producción de papel, es también la de menor específico de energía, lo que indica que a mayor disponibilidad y suministro de vapor la fabricación de papel se hace más estable logrando mayor eficiencia en su proceso de fabricación.

Con éste análisis queda demostrado la existencias de brechas de producción entre el suministro de vapor real y el programado o requerido para cumplir con la producción programada.

## DATOS DE PRODUCCIÓN DE PAPEL FPC PAPELES

Tabla N° 45: Producción de Papel, FPC PAPELES.

Producción de Papel en Ton, Año 2014												
Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	304	312	287	307	281	305	292	306	275	-	193	311
2	224	217	306	162	281	329	265	152	199	-	112	313
3	283	97	306	331	329	232	272	340	322	-	253	300
4	304	135	309	274	217	236	245	341	319	-	257	298
5	261	334	303	337	333	319	311	328	322	-	216	316
6	266	260	309	338	272	256	229	321	331	-	186	309
7	105	323	319	302	319	312	98	320	313	-	300	323
8	339	346	308	343	312	240	280	352	348	59	250	325
9	225	277	303	260	246	186	306	323	339	259	302	253
10	316	221	318	215	259	241	305	335	341	252	320	286
11	325	333	332	267	35	161	322	310	292	325	175	256
12	312	244	315	274	35	293	247	25	255	335	181	203
13	189	312	315	283	300	252	264	3	304	323	181	261
14	225	279	279	224	254	214	218	206	314	332	262	305
15	251	135	319	254	148	261	82	306	241	204	210	341
16	290	308	290	155	247	263	220	294	265	291	242	332
17	219	232	329	200	223	193	327	312	264	289	335	167
18	201	294	294	276	62	228	320	249	333	274	330	285
19	257	244	244	264	188	304	317	208	328	255	275	243
20	308	273	312	283	237	258	297	294	322	255	300	286
21	283	278	197	176	263	260	120	261	238	299	316	269
22	255	223	292	350	244	261	316	291	9	142	318	178
23	336	193	263	312	330	261	305	264	-	194	121	205
24	309	209	305	303	314	330	244	311	-	314	273	263
25	309	79	301	313	101	287	318	257	-	239	292	270
26	306	173	293	344	143	302	215	265	-	246	293	302
27	307	253	303	352	-	179	328	308	-	211	336	261
28	326	341	267	347	-	285	228	295	-	261	306	206
29	328		235	269	120	273	328	343	-	266	335	202
30	305		276	331	324	290	237	199	-	207	342	250
31	336		285		279		169	317		310		304
<b>Total Mes</b>	<b>8.601</b>	<b>6.924</b>	<b>9.115</b>	<b>8.447</b>	<b>6.696</b>	<b>7.813</b>	<b>8.026</b>	<b>8.435</b>	<b>6.274</b>	<b>6.143</b>	<b>7.813</b>	<b>8.423</b>
<b>Total Año</b>	<b>92.710</b>											

Fuente: Control Estadístico FPC Papeles

En la tabla anterior N°45, se muestra la producción de papel en toneladas por mes. Se puede ver que el mes de marzo se logró una producción de 9.115 Ton/mes y en el mes de octubre se logra la menor producción de papel que es de 6.143 Ton/mes. Los análisis están explicados en las tablas anteriores.

FPC, debe procurar hacer todo lo posible para mejorar de alguna forma la falta de disponibilidad y del buen suministro de vapor hacia sus líneas de producción de papel o maquinas papeleras.