



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA



**UNIBA**  
Centro Universitario  
Internacional  
de Barcelona

Auditoría Energética del Proceso  
Productivo de Arboriente S.A.  
Empresa Productora de Madera  
Terciada  
Pastaza - Ecuador

Autor: Raúl Ernesto Gutiérrez Alvarez

Tutor: Miguel Villarrubia

Curs acadèmic: 2016-2017

Màster en Energies Renovables i  
Sostenibilitat Energètica

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Capítulo I: Generalidades</b> .....	<b>2</b>
1.1. Introducción .....	2
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Alcance de la Auditoría .....	3
<b>2. Capítulo II: Información de la Empresa</b> .....	<b>3</b>
2.1. Ficha Técnica .....	4
2.2. Materia Prima .....	4
2.3. Producto Principal .....	5
2.4. Balance de Producción: Materias primas y producto final .....	5
2.5. Instalaciones.....	6
2.6. Estructura y Organización .....	7
2.6.1. Mapa de Procesos .....	7
2.6.2. Régimen de Trabajo y Población Trabajadora.....	7
2.7. Descripción de Procesos .....	8
2.7.1. Proceso Productivo.....	8
2.7.2. Procesos de Apoyo.....	9
2.8. Residuos Maderables Generados .....	10
<b>3. Capítulo III: Análisis Energético de la Empresa</b> .....	<b>12</b>
3.1. Principales Consumos de la Empresa .....	12
3.2. Consumo de Energía Eléctrica .....	12
3.2.1. Principales Consumidores de Energía Eléctrica .....	13
3.3. Consumo de Energía Calórica .....	17
3.4. Composición del Mix Energético.....	19
3.5. Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	20
3.6. Cálculo de Indicadores Energéticos .....	21
3.7. Costes Energéticos .....	21
<b>4. Capítulo IV: Acciones para Mejorar la Eficiencia Energética</b> .....	<b>22</b>
4.1. Mejora Nº 1: Replanteamiento del Contrato de Suministro Eléctrico .....	22
4.2. Mejora Nº 2: Aumento de la Capacidad de Trabajo del Secadero Benecke ....	24
4.3. Mejora Nº 3: Instalación de Variadores de Frecuencia en Motores.....	25
4.4. Mejora Nº 4: Mejoras a los Sistemas de Iluminación .....	27
4.5. Mejora Nº 5: Estudio de Iluminación Ocupacional .....	27
4.6. Mejora Nº 6: Estudio de Mejora del Aprovechamiento de Materia Prima.....	28

<b>5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>29</b>
5.1. Conclusiones .....	29
5.2. Recomendaciones.....	30
5.3. Bibliografía.....	30
<b>6. Anexos .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Ficha Técnica Arboriente S.A.....	4
<b>Tabla 2:</b> Consumo de Materia Prima .....	4
<b>Tabla 3:</b> Volumen de Producción .....	5
<b>Tabla 4:</b> Balance de Producción.....	5
<b>Tabla 5:</b> Instalaciones Arboriente S.A .....	6
<b>Tabla 6:</b> Régimen de Trabajo .....	7
<b>Tabla 7:</b> Tipos de Residuos Maderables.....	11
<b>Tabla 8:</b> Potencial Energético de Residuos Maderables .....	11
<b>Tabla 9:</b> Contratación del Suministro Eléctrico .....	13
<b>Tabla 10:</b> Consumo Eléctrico General .....	13
<b>Tabla 11:</b> Consumo Eléctrico por Iluminación.....	14
<b>Tabla 12:</b> Consumo Eléctrico del Proceso Productivo.....	15
<b>Tabla 13:</b> Consumo Eléctrico de los Procesos de Apoyo.....	16
<b>Tabla 14:</b> Demanda de Vapor por Maquinaria .....	18
<b>Tabla 15:</b> Características Caldera Mernack.....	18
<b>Tabla 16:</b> Demanda de Energía de la Caldera.....	18
<b>Tabla 17:</b> Consumo de Energía Calórica por Máquina.....	19
<b>Tabla 18:</b> Mix Energético Arboriente S.A .....	20
<b>Tabla 19:</b> Emisiones Anuales de CO <sub>2</sub> .....	21
<b>Tabla 20:</b> Indicadores Energéticos .....	21
<b>Tabla 21:</b> Distribución del Coste Eléctrico.....	22
<b>Tabla 22:</b> Coste de la Energía Calórica .....	22
<b>Tabla 23:</b> Tarifas del Suministro Eléctrico.....	23
<b>Tabla 24:</b> Análisis de la Mejora N° 1 .....	23
<b>Tabla 25:</b> Cámaras de Secado a Adquirir .....	24
<b>Tabla 26:</b> Análisis Comparativo de la Mejora N° 2.....	24
<b>Tabla 27:</b> Beneficios Esperados de la Mejora N° 2.....	25
<b>Tabla 28:</b> Motores a Intervenir.....	26
<b>Tabla 29:</b> Cálculos Mejora N° `3.....	26
<b>Tabla 30:</b> Beneficios Esperados de la Mejora N° `3 .....	26
<b>Tabla 31:</b> Estudio de Iluminación Ocupacional.....	28
<b>Tabla 32:</b> Estudio de Mejora del Aprovechamiento .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Metodología Auditoría Energética .....	3
<b>Figura 2:</b> Aprovechamiento de Materia Prima .....	6
<b>Figura 3:</b> Mapa de Procesos .....	7
<b>Figura 4:</b> Proceso Productivo .....	8
<b>Figura 5:</b> Proceso Generación de Aire Comprimido .....	9
<b>Figura 6:</b> Proceso Generación de Energía Calórica .....	10
<b>Figura 7:</b> Potencial Energético de Residuos Maderables .....	12
<b>Figura 8:</b> Pareto de Consumos Eléctricos .....	16
<b>Figura 9:</b> Pastel de Consumos Eléctricos .....	17
<b>Figura 10:</b> Pareto de Consumos de Energía Calórica .....	19
<b>Figura 11:</b> Mix Energético Arboriente S.A. ....	20

## RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollan las etapas de la auditoría energética para los procesos productivo y de apoyo de Arboriente S.A, empresa productora de madera terciada, se inició con el levantamiento del inventario de consumos energéticos, la identificación de los principales consumidores y la determinación de los componentes del mix energético, para finalmente proceder con el establecimiento de acciones tendientes a la mejora del desempeño y la eficiencia energética de la empresa.

Arboriente S.A consume dos tipos de energía, la eléctrica proveniente de fuentes hidráulicas para iluminación de instalaciones y funcionamiento de maquinaria y la energía térmica proveniente de la combustión de biomasa para el funcionamiento de secaderos y prensa que requieren de vapor saturado.

El mix de la empresa se compone en un 94,7% por energía térmica y en un 5,3% por energía eléctrica, siendo los secaderos, caldera, trituradora, prensas y torno de desenrollo los principales equipos consumidores.

Con base en los resultados del inventario de consumos, se han identificado 6 acciones de mejora, cada una de las cuales ha sido analizada a fin de estimar sus posibles beneficios y evaluar su viabilidad técnica y económica.

Entre estas acciones, se han propuesto estudios de iluminación ocupacional y de mejora del coeficiente de aprovechamiento de materia prima, replanteamiento del tipo de contrato de suministro eléctrico, instalación de variadores de frecuencia en motores de maquinaria, y ampliación de la capacidad de trabajo del principal equipo de secado.

## **1. Capítulo I: Generalidades**

### **1.1. Introducción.**

Desde los inicios de la era industrial se ha evidenciado a la disponibilidad de la energía para suplir las necesidades de una nación como un factor determinante en su desarrollo, sin embargo recién en las últimas décadas gana relevancia el uso racional, eficiente y diversificado de los recursos energéticos, debido principalmente a los elevados costes económicos y ambientales asociados con su generación.

El sector industrial, uno de los principales consumidores de energía, ha sido afectado directamente por la variabilidad de estos costes, que influyen considerablemente en el encarecimiento de sus procesos de producción. Bajo este contexto la auditoría energética surge como una herramienta que permite a las organizaciones conciliar sus actividades productivas con los criterios de ahorro y eficiencia, al conocer, diagnosticar y evaluar la situación de sus consumos energéticos.

### **1.2. Justificación.**

La necesidad de llevar a cabo una auditoría energética en una organización, surge del desconocimiento de los consumos específicos de cada una de las actividades de los principales procesos, lo que trae consigo una falta de control en posibles consumos irracionales de los distintos recursos energéticos, con el consecuente aumento de los costes de producción.

La empresa Arboriente S.A no es ajena a esta realidad y como parte de su compromiso con la mejora continua de sus procesos y desempeño ambiental, ha decidido someterse a una auditoría energética a fin de establecer las estrategias tendientes a elevar la eficiencia de su actividad productiva.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Desarrollar una auditoría energética al proceso productivo y principales procesos de apoyo de la empresa Arboriente S.A.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

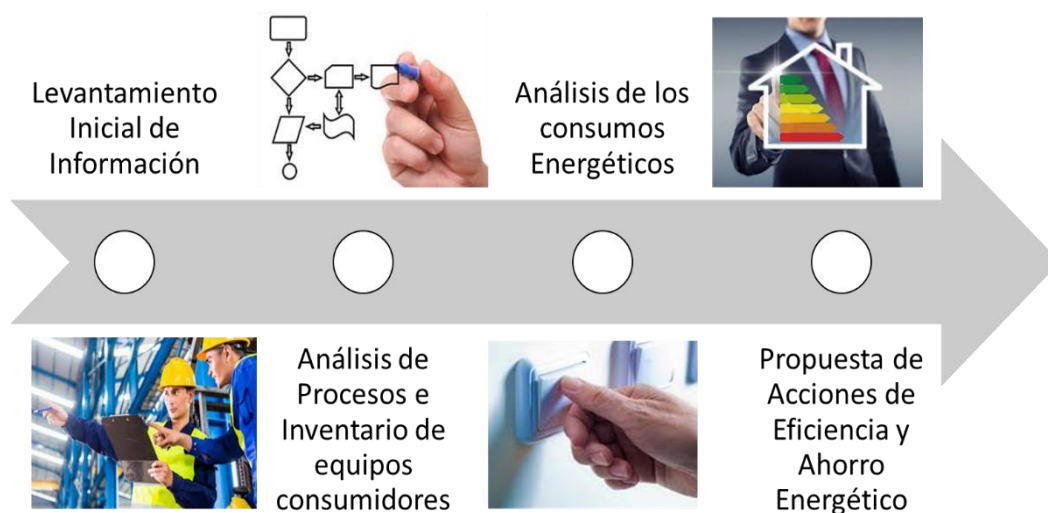
- Realizar un levantamiento integral de la información relacionada con el proceso productivo de la empresa.
- Identificar los principales consumos energéticos y los costes asociados de acuerdo a cada tipo de energía utilizada.

- Identificar los principales consumidores energéticos de la empresa, de manera especial aquellos que hacen un uso poco eficiente de la energía.
- Proponer acciones tendientes a la mejora del desempeño energético que permitan la reducción de los costes y las emisiones por unidad de producto.

#### 1.4. Alcance de la Auditoría.

La auditoría energética se aplicará a la maquinaria, instalaciones y actividades tanto del proceso productivo como de los principales procesos de apoyo, debido a su importancia en la facturación energética total.

El proceso de auditoría comprende desde el levantamiento de la información pertinente al perfil energético de los consumos, la identificación y priorización de los principales consumidores de energía, hasta la generación y evaluación de la viabilidad de propuestas de mejora que permitan optimizar dichos consumos. La metodología a utilizar según el alcance propuesto en la auditoría se presenta en la siguiente figura.



**Fig 1.** Metodología Auditoría Energética. **Fuente:** Elaboración propia.

## 2. Capítulo II: Información de la Empresa.

Arboriente S.A es una sociedad anónima Ecuatoriana, dedicada a la producción y comercialización de tableros contrachapados, la empresa inicia sus actividades en el año de 1978 periodo en el que se decide la instalación de su planta de producción en la ciudad del Puyo, Provincia de Pastaza, ya que por su ubicación estratégica facilita la obtención y transporte de la materia prima procedente de los bosques de la Amazonia Ecuatoriana.





### 2.3. Producto Principal

Arboriente produce madera terciada, en especial tableros contrachapados, elaborados con finas chapas que se colocan una sobre la otra, con sus fibras ubicadas transversalmente y unidas con una mezcla de cola cuyo mayor componente es una resina urea formaldehído, estructurados a alta presión y temperatura

Promedio Período (2015-2016)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volumen de Producción (m <sup>3</sup> )	458	412	498	451	439	450	503	522	532	523	502	476	5767

**Tabla 3.** Volumen de Producción. **Fuente:** Arboriente S.A

### 2.4. Balance de Producción: Materias primas y producto final

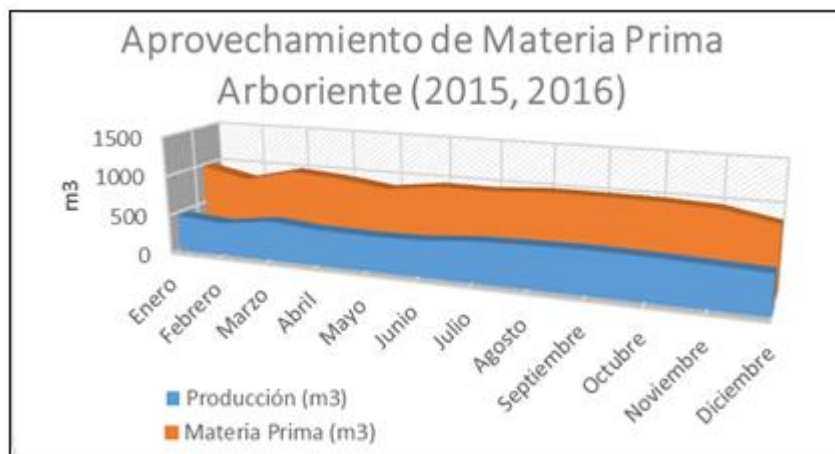
En general el nivel de aprovechamiento de la materia prima en la industria del tablero contrachapado se estima en un 40% (Zavala y Corral 2011), pudiendo variar entre una empresa y otra, dependiendo de la eficiencia de sus procesos productivos.

En la siguiente tabla se presentan los volúmenes tanto de producción como el promedio de materia prima utilizada en Arboriente durante los periodos 2015 y 2016, a partir de esta información se calcula el coeficiente de aprovechamiento y el volumen de materia prima utilizada por unidad de producto (1 m<sup>3</sup> de tableros).

Promedio Período (2015-2016)	Parámetros			
	Producción (m <sup>3</sup> )	Materia Prima (m <sup>3</sup> )	Coeficiente de Aprovechamiento (%)	Materia Prima / Unidad de Producto (m <sup>3</sup> )
	A	B	$C = (A/B) * 100$	$D = B/A$
Enero	458	978	46,8%	2,14
Febrero	412	853	48,3%	2,07
Marzo	498	1002	49,7%	2,01
Abril	451	959	47,0%	2,13
Mayo	439	879	49,9%	2,00
Junio	450	961	46,8%	2,14
Julio	503	958	52,5%	1,91
Agosto	522	999	52,3%	1,91
Septiembre	532	999	53,3%	1,88
Octubre	523	995	52,6%	1,90
Noviembre	502	968	51,9%	1,93
Diciembre	476	847	56,2%	1,78
Total	5767	11398	50,6%	1,98

**Tabla 4.** Balance de Producción. **Fuente:** Arboriente S.A

De la tabla N° 4 se concluye que para el periodo analizado el coeficiente de aprovechamiento de materia prima de Arboriente fue de 50,6%, lo cual implica que por cada m<sup>3</sup> de producto generado se requiere de 1,98 m<sup>3</sup> de materia prima y se genera 0,98 m<sup>3</sup> de diferentes tipos de residuos maderables potencialmente aprovechables.



**Fig 2.** Aprovechamiento de Materia Prima. **Fuente:** Elaboración propia.

## 2.5. Instalaciones

Las instalaciones de la empresa Arboriente S.A, se encuentran establecidas en un predio de 2,5 hectáreas de las cuales el 17% o 4.069,6 m<sup>2</sup> corresponden a las áreas útiles de trabajo, distribuyéndose de la siguiente manera.

Nombre	Descripción	Área m2
Planta	Nave de tipo industrial en la que se desarrollan los procesos productivos de la empresa, en ella se ubican varios tipos de máquinas, entre ellas se destacan los secaderos y la caldera de biomasa como las de mayor envergadura.	2893
Oficinas	Construcción adosada a la nave de mantenimiento en la que se desarrollan los procesos de tipo administrativo.	145
Bodegas	Áreas destinadas al almacenamiento diferenciado de los materiales e insumos necesarios tanto por el proceso productivo como para los trabajos de mantenimiento.	195,42
Talleres	Las actividades de mantenimiento de la maquinaria de planta se desarrollan en una edificación adosada a la nave de producción, entre las que se destaca el emplazamiento de dos compresores.	836,2
<b>Total</b>		4069,6

**Tabla 5.** Instalaciones Arboriente S.A. **Fuente:** Elaboración Propia

## 2.6. Estructura y Organización

### 2.6.1. Mapa de Procesos.

La relación de los procesos que articulan su accionar en búsqueda de la consecución de los objetivos empresariales de Arboriente S.A, se presentan en la siguiente imagen.



**Fig 3.** Mapa de procesos. **Fuente:** Elaboración propia.

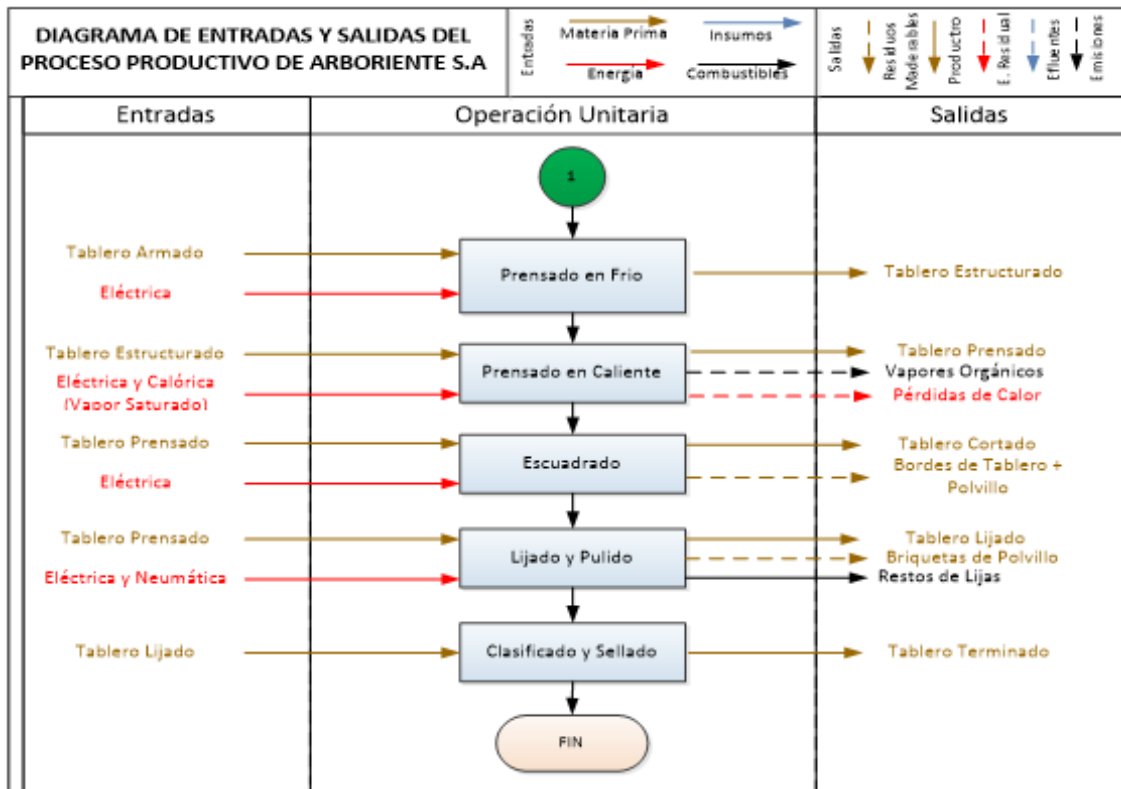
### 2.6.2. Régimen de Trabajo y Población Trabajadora

En Arboriente S.A laboran un total de 126 personas, de las cuales 100 desarrollan permanentemente sus actividades de trabajo en las instalaciones de la empresa, el régimen de trabajo para los procesos de planta, es de 5 días a la semana, 24 horas/día, repartidas en tres turnos de trabajo de 8 horas y una jornada partida cada uno con el siguiente horario y distribución de trabajadores.

Turno / Horario	Operaciones del Proceso Productivo	Operaciones de los Procesos de Apoyo	N° de Trabajadores
Primero / (06:00-14:00)	Todas las Operaciones	Caldera y Compresores	40
		Mantenimientos y Bodegas	
Segundo / (14:00-22:00)	Todas a Excepción de las Operaciones de Acabados	Caldera y Compresores	32
		Mantenimientos y Bodegas	
Tercero / (22:00-06:00)	Secado y Juntado de Chapas	Únicamente Generación de Energía Calórica	8
	Guardianía y Supervisión		
J. Partida / (08:00-18:00)		Únicamente Aplica al Proceso Administrativo	20

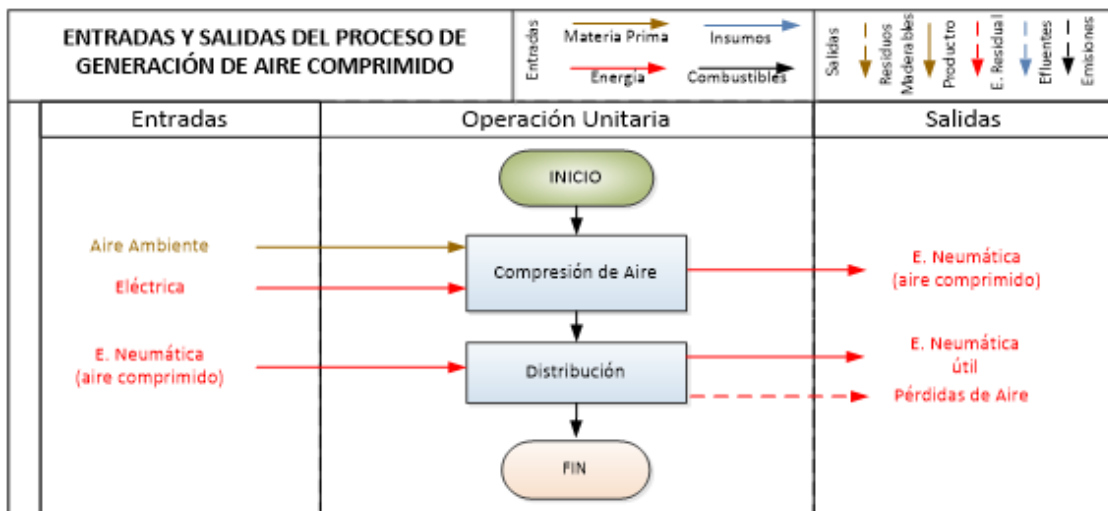
**Tabla 6.** Régimen de Trabajo. **Fuente:** Elaboración Propia



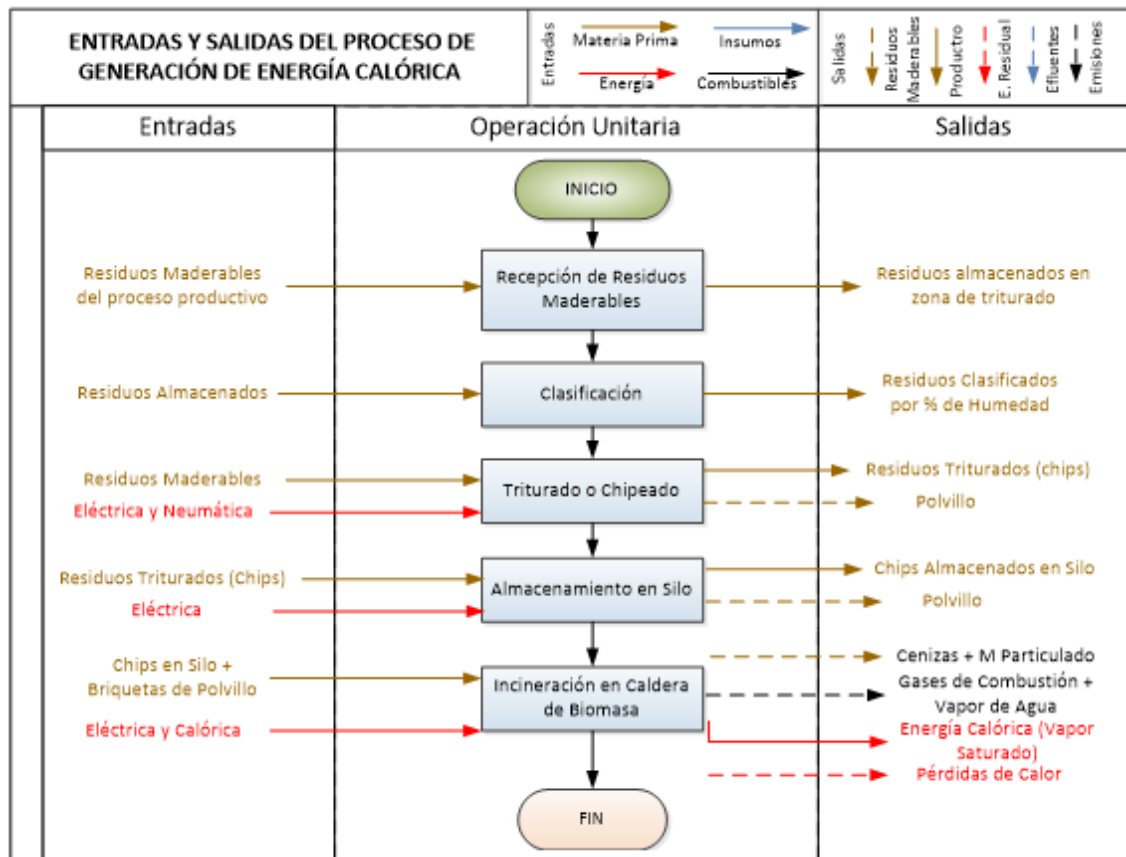


### 2.7.2. Proceso de Apoyo

Los principales procesos desde el punto de vista energético, que permiten el desarrollo de las actividades productivas, se presentan en los siguientes diagramas.



**Fig 5.** Proceso Generación de Aire Comprimido. **Fuente:** Elaboración propia.



**Fig 6.** Proceso Generación de Energía Calórica. **Fuente:** Elaboración propia.

El detalle de las actividades tanto del proceso productivo como de los principales procesos de apoyo se presenta en el **Anexo 3**.

## 2.8. Residuos Maderables Generados.

Como salida de las diversas operaciones unitarias del proceso productivo se generan residuos maderables, los cuales por su procedencia difieren entre si debido a características específicas de densidad, estructura y porcentaje de humedad.

La mayor parte de los residuos maderables del proceso productivo son revalorizados internamente a través de su incineración en la caldera de la empresa, a fin de generar el vapor saturado necesario para el funcionamiento de secaderos y prensa, la revalorización del material residual excedente se realiza a través de la donación a organizaciones sociales locales y también a su comercialización obteniendo un beneficio económico.

En la siguiente tabla se indican los diferentes tipos de residuos maderables y sus características principales.



Tipos de Residuos Maderables Generados en Arboriente S.A				
N°	Procesos Generadores	Residuo Maderable	Estado	Revalorización
1	Descortezado	Corteza	Húmeda (30-40%)	Donación a instituciones
2	Desenrollo	Duramen sobrante (Curro)	Húmedo (30-40%)	Económica por venta del residuo y Donaciones
3	Desenrollo y Cizallado	Chapa no conforme	Húmeda (30-40%)	Energética por incineración
2	Secado, Cizallado, Cizallado de Precisión, Juntado y Armado	Chapa no conforme	Seca (6-10%)	Energética por incineración
5	Escuadrado	Bordes de tablero	Seco (6-10%)	Energética por incineración
6	Escuadrado, Lijado y Pulido	Briquetas de polvillo	Seco (6-10%)	Energética por incineración

**Tabla 7.** Tipos de Residuos Maderables. **Fuente:** Elaboración Propia

Los residuos del proceso productivo proceden de una variedad de especies maderables con propiedades físicas específicas, en la siguiente tabla se resumen los volúmenes de generación y el poder calorífico de los residuos incinerados en la caldera de la empresa.

Potencial Energético de los Residuos Maderables							
N°	Residuo Maderable	Humedad Promedio (%)	Cantidad Anual (Ton)	Cantidad anual (%)	Poder Calorífico (MWh / Ton)	Potencial Energético Anual (MWh)	Potencial Energético Anual (%)
1	Chapa no conforme seca	10	1906	49,8%	4,6	8769,3	55,2%
2	Chapa no conforme húmeda	35	1469,8	38,4%	3,4	4997,4	31,5%
3	Bordes de tablero seco	10	243,5	6,4%	4,6	1120,1	7,1%
4	Briquetas de polvillo seco	8	208	5,4%	4,8	1000,4	6,3%
<b>Totales</b>			<b>3828,09</b>	<b>100,0%</b>	<b>-</b>	<b>15887,1</b>	<b>100,0%</b>

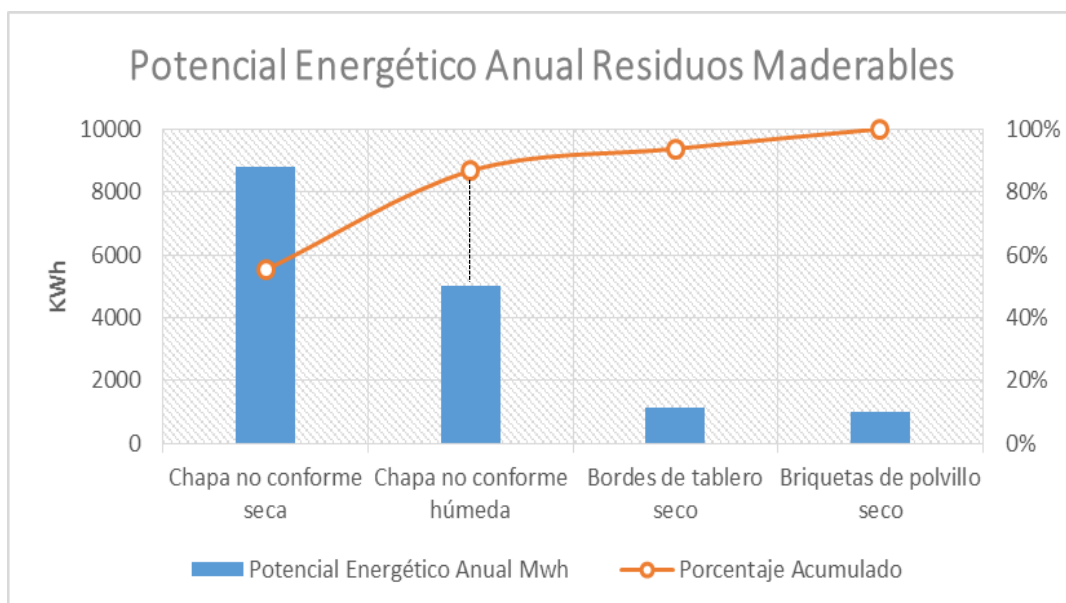
**Tabla 8.** Potencial Energético Residuos Maderables. **Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla N° 8 se puede observar el elevado potencial energético de los residuos maderables con un valor de 15887 MWh al año, aún sin considerar residuos como el duramen sobrante del proceso de desenrollo.

De este valor el 86,7 % corresponde a la chapa no conforme tanto húmeda como seca, siendo este residuo el de mayor importancia energética y en el que deberían centrarse las posibles acciones de mejora tendientes a elevar el aprovechamiento de energía



primaria de los residuos del proceso productivo, como se presenta en el diagrama de Pareto contenido en la figura N° 7.



**Fig 7.** Potencial Energético Residuos Maderables. **Fuente:** Elaboración propia.

### 3. Capítulo III: Análisis Energético de la Empresa

#### 3.1. Principales Consumos de la Empresa

Arboriente S.A en la ejecución de su proceso productivo consume principalmente dos tipos de energía:

- **Energía Eléctrica:** Utilizada al interior de la nave industrial en el funcionamiento de maquinaria, compresores, y sistemas de iluminación, se adquiere directamente de la red pública de electricidad.
- **Energía Calórica:** La empresa cuenta con una caldera a base de biomasa, la cual a través de la incineración de los residuos maderables del proceso productivo genera vapor saturado que se utiliza en el funcionamiento de secaderos y prensa en caliente.

#### 3.2. Consumo de Energía Eléctrica

El suministro de energía eléctrica de acuerdo al marco legal vigente en el Ecuador se considera como un servicio público, el único oferente del servicio en la provincia de Pastaza es la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A, empresa privada con finalidad social o pública.

Arboriente S.A adquiere un suministro eléctrico de media tensión a 13,8 kV, el cual se transforma a 220 V en tres fases para su consumo al interior de la empresa, a través de un equipo de 500 kVA.

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) es la institución encargada de determinar en el primer semestre de cada año, los costos de generación transmisión y distribución de la energía eléctrica en el Ecuador a través de la emisión del pliego tarifario para las empresas eléctricas.

Arboriente S.A como consumidor industrial de media tensión con demanda, mantiene las siguientes características en la contratación de su suministro eléctrico.

Parámetros y Tarifas Mensuales Periodo 2017				
Diferenciación Horaria	Cargo por Demanda (USD/kW)	Cargo por Consumo (USD/ kWh)	Cargo por Comercialización (USD)	Cargo por Alumbrado Público (USD)
NO	4,79	0,093	1,414	313

**Tabla 9.** Contratación del Suministro Eléctrico. **Fuente:** ARCONEL

En el análisis del consumo eléctrico del proceso productivo de la empresa se ha considerado valores promedio anuales tanto en costes como en consumo energético, obteniendo los valores que se presentan en la siguiente tabla.

Consumo Eléctrico Promedio Periodo (2015-2016)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Consumo (MWh)	68,7	62	74,1	71	70	74,5	73	75,7	75,58	74,2	69,7	66,2	<b>855,2</b>
Coste (Miles USD)	5,67	5,1	6,15	5,88	5,8	6,2	6,1	6,27	6,24	6,13	6,16	5,44	<b>71,1</b>
E. Eléctrica por unidad de producto (MWh/m <sup>3</sup> )	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	<b>0,15</b>
Coste Electricidad por unidad de producto (USD/m <sup>3</sup> )	12,4	12	12,3	13	13	13,8	12	12	11,72	11,7	12,3	11,4	<b>12,4</b>

**Tabla 10.** Consumo Eléctrico General. **Fuente:** Elaboración Propia

Al relacionar el volumen de producto con la energía eléctrica consumida en el periodo analizado, se obtiene que por cada m<sup>3</sup> de producto elaborado se requiere de 0,15 MWh de energía eléctrica, del mismo modo se tiene que el costo del suministro eléctrico por cada m<sup>3</sup> de producto es de 12,4 dólares.

### 3.2.1. Principales Consumidores de Energía Eléctrica

En el análisis de los principales consumos de energía eléctrica de la nave industrial se consideraran únicamente aquellos derivados tanto de los sistemas de iluminación como de las operaciones unitarias de los procesos, no se incluyen consumos por climatización o uso de equipos de ofimática, ya que la empresa cuenta con eólicos de acción mecánica para la regulación de la temperatura y sus equipos de cómputo se ubican de manera independiente en el área de oficinas.

Para el desarrollo del análisis se seguirá el siguiente orden de actividades.

- Inventario del tipo de luminarias distribuidas en la nave industrial de la empresa, con sus correspondientes regímenes de trabajo y potencias nominales.
- Cálculo de los consumos eléctricos correspondientes a iluminación.
- Inventario de la maquinaria principal y de apoyo interviniente en cada operación con sus respectivas potencias nominales y sus regímenes de trabajo para una escala de tiempo definida, que para el caso particular será de un año.
- Cálculo de los consumos eléctricos tanto de la maquinaria en específico como de la operación unitaria.
- Determinación del porcentaje relativo que representa cada operación dentro del mix de consumo de energía eléctrica de la empresa.

En la tabla N° 11 se muestra el análisis de los consumos eléctricos pertinentes a la iluminación de la nave de la industrial de la empresa, para ello se ha realizado un inventario en sitio tanto de la cantidad como de las características de los distintos tipos de luminarias utilizadas

Tipo de Luminaria	Potencia de Trabajo (W)	N° de Unidades	Régimen de Trabajo			Consumo de Energía (MWh / año)	Porcentaje Relativo (%)
			Días al año	Horas al día	Horas al año		
	A	B	C	D	E= C*D	F= A*B*E/10 <sup>6</sup>	G=∑ E /E *100
Lámpara Fluorescente Compacta	26	9	300	20	6000	1,4	2,7%
	65	9	300	20	6000	3,5	6,6%
	85	42	300	20	6000	21,4	40,5%
Tubo Fluorescente	40	52	300	18	5400	11,2	21,2%
Lámpara Tipo Reflector	400	10	320	12	3840	15,4	29%
<b>TOTAL</b>						<b>52,9</b>	<b>100%</b>

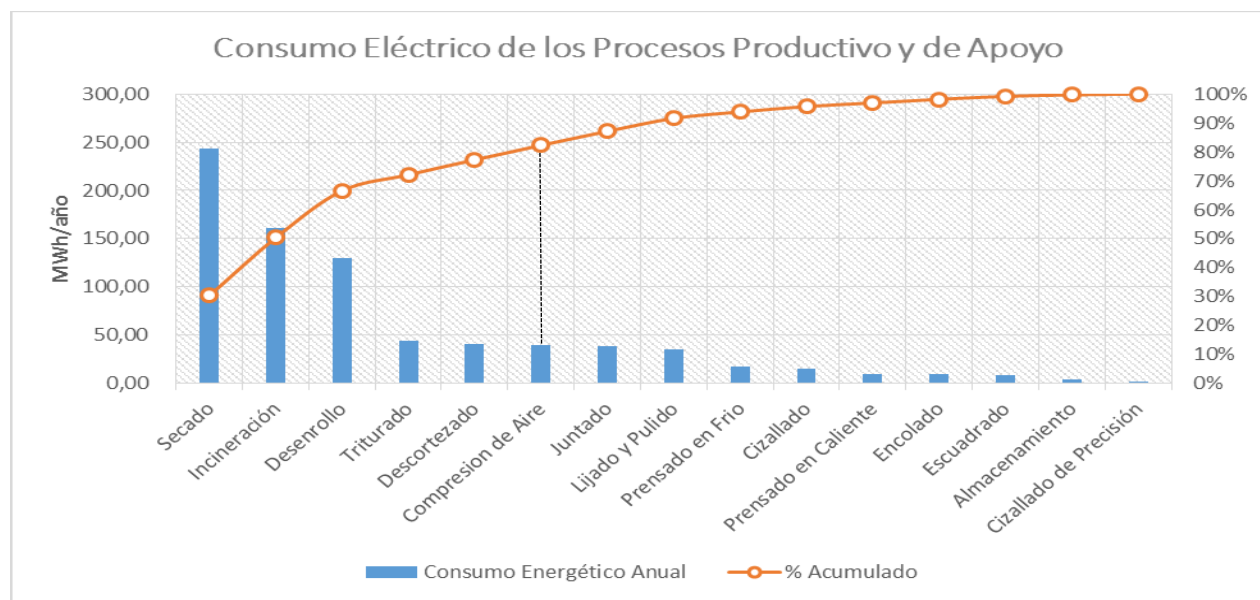
**Tabla 11.** Consumo Eléctrico por Iluminación. **Fuente:** Elaboración Propia

CONSUMO ELÉCTRICO DEL PROCESO PRODUCTIVO									
N°	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Régimen de Trabajo			Potencia Nominal (kW)	Consumo Maquinaria (kWh /año)	Consumo Operación (MWh / año)	Consumo Eléctrico (%)
			Días al año	Horas al día	Horas al año				
			A	B	C= A*B				
						D	E= C*D	F=Σ E /1000	G=Σ E /E *100
1	Descortezado	Descortezadora	250	6	1500	21,13	31697,98	41,39	7,5%
		Puente Grúa Externo	250	4	1000	9,69	9694,57		
2	Desenrollo	Torno Cremona	250	12	3000	36,22	108655,43	129,96	23,5%
		Torno Benecke	70	8	560	18,59	10412,62		
		Puente Grúa Interno	250	8	2000	5,45	10892,78		
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	250	12	3000	4,08	12254,37	14,98	2,7%
		Cizalla Neumática	250	8	2000	1,36	2723,19		
4	Secado	Secadero Benecke	270	24	6480	30,87	200058,58	243,19	44,0%
		Secadero Schilde	250	16	4000	10,78	43135,39		
5	Cizallado de Precisión	Cizalla de Precisión	250	6	1500	1,63	2450,87	2,45	0,4%
6	Juntado	Juntadora de Hilo	250	16	4000	0,30	1198,21	38,89	7,0%
		Juntadora Benecke	250	16	4000	9,42	37689,00		
7	Encolado	Agitador de la Mezcla	250	5	1250	4,90	6127,19	9,94	1,8%
		Encoladora	250	14	3500	1,09	3812,47		
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	250	12	3000	5,99	17973,08	17,97	3,3%
9	Prensado en Caliente	Prensa en Caliente	250	2	500	19,99	9994,12	9,99	1,8%
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	250	4	1000	8,28	8283,96	8,28	1,5%
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	250	6	1500	19,81	29712,77	35,70	6,5%
		Lijadora de Cinta	250	4	1000	5,99	5991,03		
<b>TOTAL PROCESO PRODUCTIVO</b>							<b>552757,61</b>	<b>552,76</b>	<b>100%</b>

Tabla 12. Consumo Eléctrico del Proceso Productivo. Fuente: Elaboración Propia

CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS PROCESOS DE APOYO									
N°	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Régimen de Trabajo			Potencia Nominal (kW)	Consumo Maquinaria (kWh/año)	Consumo Operación (MWh/año)	Consumo Eléctrico (%)
			Días al año	Horas al día	Horas al año				
			A	B	C= A*B				
1	Triturado o Chipeado	Chipeadora	250	14	3500	12,68	44388,06	44,39	17,8%
2	Almacenamiento en Silo	Equipos Elevadores	250	14	3500	1,14	4003,09	4,00	1,6%
3	Incineración en Caldera de Biomasa	Caldera de Biomasa	270	24	6480	24,81	160782,97	160,78	64,4%
4	Compresión de Aire	Compresor N° 1	280	24	6720	5,99	40259,70	40,31	16,2%
		Compresor N° 2	5	1	5	10,11	50,57		
<b>TOTAL PROCESOS DE APOYO</b>							<b>249484,39</b>	<b>249,48</b>	<b>100,0%</b>

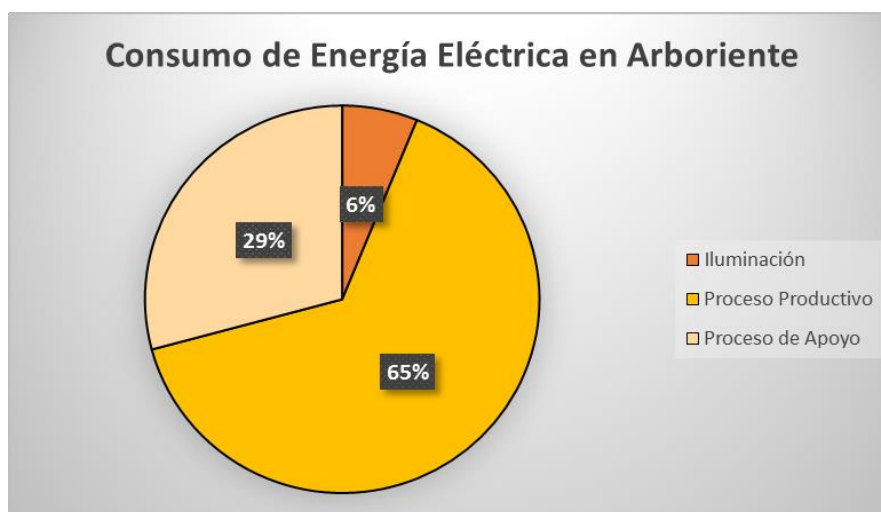
**Tabla 13.** Consumo Eléctrico de los Procesos de Apoyo. **Fuente:** Elaboración Propia



**Fig 8.** Pareto de Consumos Eléctricos. **Fuente:** Elaboración propia.

Del análisis específico de consumos se ha determinado que el conjunto de operaciones unitarias que conforman el proceso productivo requieren de 552,76 MWh, mientras que las operaciones de los procesos de apoyo consumen 249,48 MWh, dejando 52,9 MWh de energía destinada a la iluminación de la nave industrial, lo que representa el 65%, 29% y 6% respectivamente de la demanda anual de electricidad.

El diagrama de Pareto de la figura N° 8 muestra claramente a las operaciones unitarias de mayor importancia energética, puesto a que en su conjunto concentran el 80% del consumo eléctrico de la empresa, estas operaciones son: Secado, incineración, desarrollo, triturado, descortezado y compresión de aire.



**Fig 9.** Pastel de Consumos Eléctricos. **Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3. Consumo de Energía Calórica

El consumo de energía calórica en el proceso productivo de la empresa se encuentra determinado por las necesidades de producción de la maquinaria que requiere de vapor saturado para su funcionamiento, como son secaderos de chapa y prensa en caliente. De este modo para el cálculo del consumo de energía calórica de dichas operaciones unitarias, se realizan los siguientes pasos.

- Inventario de la maquinaria que consume energía calórica con sus respectivas demandas nominales de vapor, considerando regímenes específicos de trabajo en una escala temporal de un año.
- Identificación de las características de operación del proceso de incineración de residuos maderables para la generación de vapor a través de la caldera.
- Determinación de la cantidad de material combustible y la energía consumida por la caldera para cubrir la demanda de vapor saturado de la maquinaria.

Máquina	Consumo de Vapor (kg / h)	Régimen de Trabajo			Consumo de Vapor (kg/año)	Porcentaje Relativo (%)
		Días al año	Horas al día	Horas al año		
Secadero Benecke	2000	270	24	6480	12960000	79,6%
Secadero Schilde	450	250	16	4000	1800000	11,1%
Prensa Fjellman	380	250	16	4000	1520000	9,3%
<b>Total</b>					16280000	100%

**Tabla 14.** Demanda de Vapor por Maquinaria. **Fuente:** Elaboración Propia  
 Como se observa en la tabla N° 14 la demanda total del proceso productivo es de 16280 toneladas de vapor al año, para suplir esta demanda la empresa dispone de una caldera a base de biomasa con las siguientes características.

<b>Marca:</b>	Mernack S.A	<b>Modelo:</b>	2892
<b>Año:</b>	1992	<b>Combustible:</b>	Biomasa
Característica		Valor	Unidades
Capacidad de Producción de vapor		3500	kg /hr
Potencia Térmica (aporte a quemador)		2,24x 10 <sup>6</sup>	kcal/hr
Presión Máxima de Trabajo		14	kg/cm <sup>2</sup>
Vapor saturado 14 psi man (2 bar absolutos)		2	bar abs
Rendimiento nominal de la caldera		0,8	
Consumo Específico		640	kcal/kg Vapor
		0,744	kWh/kg Vapor

**Tabla 15.** Características Caldera Mernack. **Fuente:** Elaboración Propia  
 Los residuos maderables del proceso productivo constituyen el material combustible que alimenta la caldera de la empresa, dicho material posee un porcentaje de humedad promedio de 18% y un poder calorífico de 4,1 kWh/kg, con base en estas características, en la tabla N°16 se realiza el cálculo de la energía consumida por la caldera considerando la demanda total de vapor del proceso productivo (16280 ton/año).

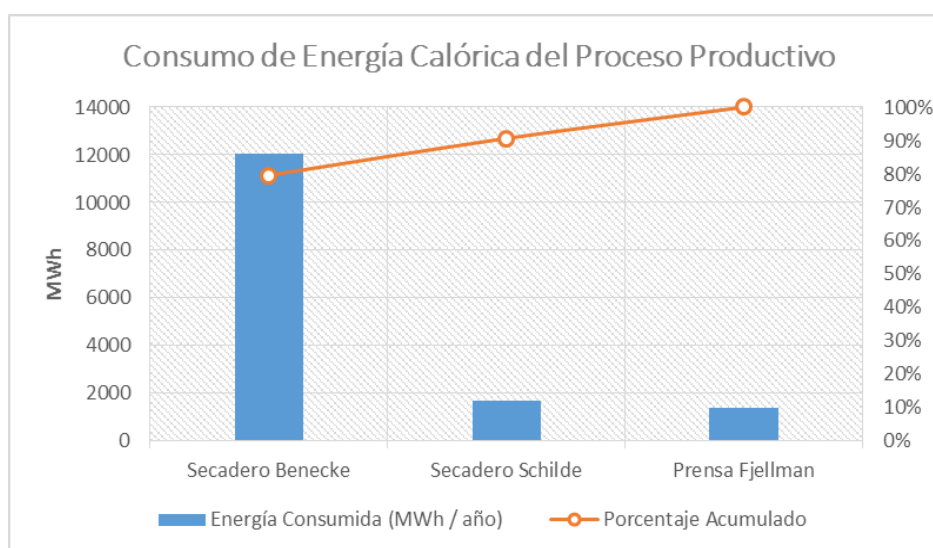
Datos				
Demanda de vapor de la Planta (Ton / año)	Régimen de operación de la Caldera (h / año)	Consumo Específico (MWh / Ton Vapor)	Eficiencia de la Caldera	Poder calorífico inferior del Combustible (MWh / Ton)
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
16280	6480	0,7	0,8	4,1
Cálculos				
Demanda de Energía (MWh / año)		Demanda de Combustible (Ton / año)		Demanda de Combustible (Ton / h)
$F = A * C / D$		$G = F / E$		$H = G / B$
<b>15140,4</b>		3692,8		0,57

**Tabla 16.** Demanda de Energía de la Caldera. **Fuente:** Elaboración Propia

Como resultado de la tabla N° 16 se tiene que, la caldera requiere incinerar 3692,8 toneladas de material combustible lo que representa un consumo de 1540,4 MWh de energía para suplir la demanda anual de vapor saturado de la maquinaria del proceso productivo, en la tabla N° 17 se muestra la distribución de este consumo energético para cada máquina.

Demanda Total de Energía (MWh / año)	Máquina	Aporte a la Demanda Total (%)	Demanda de Energía (MWh / año)
15140,4	Secadero Benecke	79,6%	12053
	Secadero Schilde	11,1%	1674
	Prensa Fjellman	9,3%	1414
<b>Totales</b>		100%	15140

**Tabla 17.** Consumo de Energía Calórica por Máquina. **Fuente:** Elaboración Propia



**Fig 10.** Pareto Consumos de Energía Calórica. **Fuente:** Elaboración propia.

El diagrama de Pareto de la figura N° 10 evidencia que el equipo de mayor importancia en cuanto a su consumo calórico es el secadero Benecke, ya que para su normal funcionamiento requiere del 80% de la energía generada para este fin.

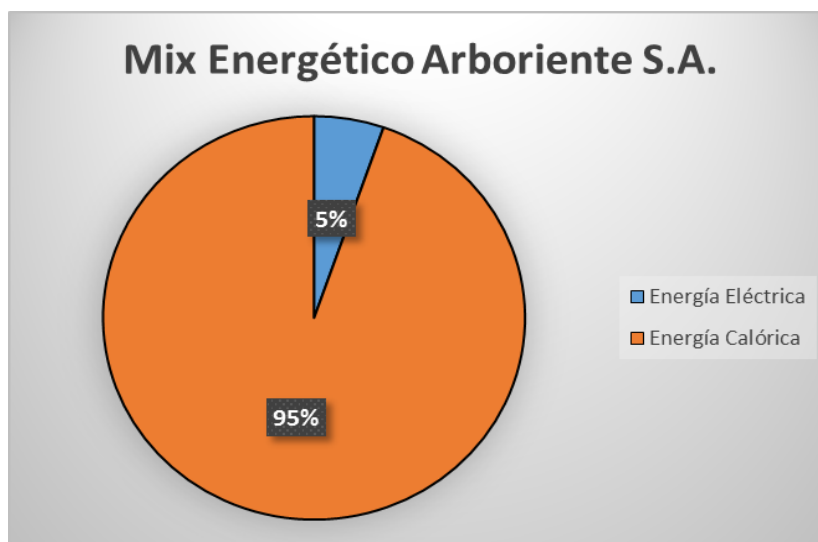
### 3.4. Composición del Mix Energético

El mix energético general de Arboriente S.A, se compone por los consumos tanto eléctricos como calóricos expresados en unidades de energía primaria (MWh), para ello se utilizan los valores calculados en apartados anteriores.



Mix Energético Arboriente S.A			
N°	Tipo de Energía	Consumo Anual (MWh)	Porcentaje Relativo (%)
1	Energía Eléctrica	855,2	5,3%
2	Energía Calórica	15140,4	94,7%
Total		15995,6	100 %

**Tabla 18.** Mix Energético Arboriente S.A. **Fuente:** Elaboración Propia



**Fig 11.** Mix Energético Arboriente S.A. **Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5. Emisiones de CO<sub>2</sub>

El cálculo del CO<sub>2</sub> emitido por la generación de la energía primaria consumida en el desarrollo de los procesos de Arboriente S.A, constituye un parámetro ambiental de importancia, ya que establece el punto de referencia a partir del cual se podrán realizar análisis comparativos cuya finalidad sea evaluar tanto la sostenibilidad energética de la empresa como la mejora en su desempeño ambiental y energético derivado de la implementación de posibles acciones de mejora.

En el Ecuador son aplicables factores de emisión de 0,5062 Ton CO<sub>2</sub>/MWh eléctrico para energía generada en centrales hidroeléctricas (Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE), 2013) y de 2,314 Ton CO<sub>2</sub>/Ton para combustibles maderables (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2014).

En la tabla N° 19 se detallan las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales del consumo energético de la empresa.

Emisiones Anuales de CO <sub>2</sub>				
Nº	Tipo de Energía	Consumo Anual (MWh)	Consumo de Combustible (ton)	Emisiones (ton CO <sub>2</sub> )
1	Energía Eléctrica	855,2	-	432,9
2	Energía Calórica	-	3692,8	8545,1
<b>Total</b>				<b>8978</b>

**Tabla 19.** Emisiones Anuales de CO<sub>2</sub> . **Fuente:** Elaboración Propia

### 3.6. Cálculo de Indicadores Energéticos

Con base en los datos obtenidos en apartados anteriores y en concordancia con los indicadores propuestos en el Trabajo Fin de Máster “Modelo de un Sistema de Gestión de la Energía según la norma ISO 5001:2011 en la empresa Arboriente S.A”, se presenta la siguiente tabla:

Datos Anuales de Variables Energéticas						
Consumo Eléctrico por Iluminación (kWh)	Consumo Eléctrico de Procesos (kWh)	Consumo Calórico de Procesos (MWh)	Demanda de Vapor Saturado (Ton)	Demanda de Combustible (Ton)	Superficie de la Nave Industrial (m <sup>2</sup> )	Volumen de Producción (m <sup>3</sup> )
52960	802240	15140,4	16280	3692,8	4069,6	5767
Cálculo de Indicadores						
Nº	Nombre del Indicador	Fórmula		Resultado		
1	Consumo eléctrico para iluminación por unidad de superficie	$\frac{kWh\ E.\ Consumida}{m^2\ superficie}$		<b>13,01 kWh/m<sup>2</sup></b>		
2	Consumo eléctrico para procesos por unidad de producto	$\frac{kWh\ E.\ Consumida}{m^3\ producto}$		<b>139,11 kWh/m<sup>3</sup></b>		
3	Consumo calórico de procesos por unidad de producto	$\frac{MWh\ E.\ Consumida}{m^3\ producto}$		<b>2,61 MWh/m<sup>3</sup></b>		
4	Consumo de vapor saturado por unidad de producto	$\frac{Toneladas\ de\ Vapor}{m^3\ producto}$		<b>2,82 Ton/m<sup>3</sup></b>		
5	Consumo de combustible por unidad de producto	$\frac{Tonelada\ de\ Combustible}{m^3\ producto}$		<b>0,64 Ton/m<sup>3</sup></b>		

**Tabla 20.** Indicadores Energéticos. **Fuente:** Sistema de Gestión de la Energía

### 3.7. Costes Energéticos

Para el análisis de los costes de la energía eléctrica consumida en iluminación y procesos, se utiliza un promedio del valor por MWh tomado de las facturas emitidas por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A para los periodos 2015 y 2016.

Consumo Eléctrico	Coste Unitario (USD / MWh)	Consumo (MWh)	Coste Total (USD)	Coste por Unidad de Producto (USD/m <sup>3</sup> )	Porcentaje Total
Iluminación	83,14	52,9	4398	0,76	6,2%
Procesos		802,2	66698	11,57	93,8%
Total		855,1	71096,3	12,3	100%

**Tabla 21.** Distribución del Coste Eléctrico. **Fuente:** Elaboración Propia

En relación a los costes de energía calórica, es importante mencionar que la empresa no realiza la compra de material combustible ya que se abastece completamente a través de sus residuos maderables, sin embargo y a modo de establecer un parámetro para estimar posibles ahorros, se tomará en cuenta el valor de mercado de una tonelada de residuos, el cual según la experiencia de venta de Arboriente es de 30 USD/Tonelada.

Suponiendo que la empresa requeriría de la compra de este material, se realiza el análisis de sus respectivos costes en la tabla N° 22.

Consumo Calórico	Coste Combustible (USD / Ton)	Consumo Combustible (Ton)	Coste Anual (USD)	Coste por Unidad de Producto (USD/m <sup>3</sup> )
Maquinaria	30	3692,8	307019,4	53,24

**Tabla 22.** Coste de Energía Calórica. **Fuente:** Elaboración Propia

#### 4. Capítulo IV: Acciones para Mejorar la Eficiencia Energética

Como resultado del inventario de consumos energéticos se ha determinado a los principales consumidores tanto de energía eléctrica como térmica, a partir de estos resultados se establecen acciones tendientes a la mejora de la eficiencia energética del proceso productivo de la empresa, las cuales se describen a continuación.

##### 4.1. Mejora N° 1: Replanteamiento del Contrato de Suministro Eléctrico.

En el apartado 3.2 del presente documento se establece el tipo de contrato de suministro eléctrico al cual se encuentra sujeto Arboriente según lo establecido en el pliego tarifario para el año 2017.

La empresa en la actualidad mantiene la figura de consumidor industrial de media tensión con demanda y sin diferenciación horaria, la propuesta de mejora se basa en replantear el mencionado contrato de modo que se pueda optar por asumir una tarifa diferenciada de acuerdo a los valores y horarios propuestos por ARCONEL.

Tarifa Actual		Tarifa con Diferenciación Horaria			
Cargo por Demanda (USD / kW)	Cargo por Consumo (USD / kWh)	Cargo por Demanda (USD / kW)	Cargo por Consumo (USD / kWh)		
			Lunes a Viernes (08:00 - 18:00)	Lunes a Viernes (18:00 - 22:00)	Lunes a Viernes (22:00 - 08:00)
4,79	0,093	4,576	0,093	0,107	0,075

**Tabla 23.** Tarifas de Suministro Eléctrico. **Fuente:** ARCONEL

Para determinar los beneficios derivados de la aplicación de esta mejora se realiza el análisis de la distribución horaria de los consumos eléctricos y la estimación de los valores de facturación eléctrica correspondiente a los dos tipos de contrato, asumiendo que no existan cambios en los regímenes de trabajo de la planta.

Los cálculos correspondientes al mencionado análisis se incluyen en el **Anexo 6** del presente documento, mientras que los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Situación Actual (Tarifa Única)		Situación Esperada (Tarifa Diferenciada)	
Descripción	Valor	Descripción	Valor
Consumo Eléctrico Anual de los Procesos (kWh)	802242	Consumo Eléctrico Anual de los Procesos (kWh)	802242,0
Consumo Eléctrico Anual de Iluminación (kWh)	52926	Consumo Eléctrico Anual de Iluminación (kWh)	52926,0
Coste Eléctrico de Procesos (USD)	74608,5	Coste Eléctrico de Procesos (USD)	72480,9
Coste Eléctrico de Iluminación (USD)	4922,1	Coste Eléctrico de Iluminación (USD)	4781,8
Coste Eléctrico Total (USD)	79530,6	Coste Eléctrico Total (USD)	77262,6
Análisis Económico Mejora Nº 1			
Coste de la Inversión (USD)		0	
Ahorro por el Cambio de Tarifa (USD/Año)		2268	
Tiempo de Retorno de la Inversión (Años)		Inmediato	

**Tabla 24.** Análisis de la Mejora Nº 1. **Fuente:** Elaboración Propia

El replanteamiento del contrato del suministro eléctrico permitirá un ahorro anual de 2268 USD considerando los regímenes actuales de trabajo, es una acción que no requiere de inversiones y que no presenta mayor dificultad en su aplicación, además tiene el potencial de generar ahorros mayores a través de un replanteamiento técnicamente validado de los regímenes de trabajo de la maquinaria de la empresa.

#### 4.2. Mejora N° 2: Aumento de la Capacidad de Trabajo del Secadero Benecke.

El secadero Benecke es una de las máquinas de mayor consumo energético de la empresa, debido no solo a la elevada potencia nominal de sus motores sino también a su extendido régimen de trabajo anual, por el cual demanda de una gran cantidad de vapor saturado para su funcionamiento.

Se propone aumentar la capacidad del secadero Benecke de 6 a 8 cámaras de secado con la finalidad de reducir su régimen de trabajo diario de 3 a 2 turnos, logrando así entre otros beneficios, la disminución en sus consumos energéticos tanto de tipo eléctrico como calórico.

Para desarrollar esta propuesta se analizará los costes de compra e instalación de las dos cámaras adicionales, punto en el que es importante mencionar el acercamiento con un empresa nacional del sector de tableros contrachapados, que en el año 2015 ha cesado sus operaciones y pretende vender su maquinaria, entre ellas varias cámaras de secado compatibles con el secadero Benecke.

Cámara N° 1		Cámara N° 2		Secadero (8 Cámaras)	
Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)	Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)	Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)
5,8	230	4,3	170	40,97	2400

**Tabla 25.** Cámaras de Secado a Adquirir. **Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla N° 26 se establece una comparativa entre la situación actual de operación del secadero y la esperada, considerando tanto el aumento de un 33% de su capacidad instalada como la disminución de su régimen de trabajo, que pasa de 6480 horas al año a 4320 por la reducción de un turno diario en su operación.

Situación Actual (6 Cámaras)		Situación Esperada (8 Cámaras)	
Descripción	Valor	Descripción	Valor
Consumo E. Eléctrica (MWh/Año)	200,06	Consumo E. Eléctrica (MWh/Año)	177
Coste E. Eléctrica (USD/Año)	18605,45	Coste E. Eléctrica (USD/Año)	16461,41
Demanda de vapor (Ton / Año)	12960	Demanda de vapor (Ton / Año)	10368
Demanda combustible (Ton / Año)	3692,78	Demanda combustible (Ton / Año)	3276,32
Consumo E. Calórica (MWh/Año)	12052,80	Consumo E. Calórica (MWh/Año)	10174,79
Consumo total (MWh/Año)	15745,6	Consumo total (MWh/Año)	13451,1

**Tabla 26.** Análisis Comparativo de la Mejora N° 2. **Fuente:** Elaboración Propia

El análisis de los beneficios energéticos, económicos y ambientales esperados por la implementación de la acción de mejora se recoge en la tabla N° 27.

<b>Análisis Energético y Ambiental</b>		
Nº	Descripción	Valor
1	Disminución del consumo de energía eléctrica (MWh/Año)	23,05
2	Disminución del consumo de energía calórica (MWh/Año)	1878,01
3	Disminución total del consumo de energía (MWh/Año)	1901,06
4	Disminución del consumo de vapor saturado (Ton/Año)	2592
5	Disminución del consumo de combustible (Ton/Año)	416,5
6	Disminución de las emisiones generadas (Ton CO <sub>2</sub> /Año)	975,4
<b>Análisis Económico</b>		
Nº	Descripción	Valor
1	Inversión estimada por compra e instalación de cámaras (USD)	50000
2	Ahorro en el coste de energía eléctrica (USD / Año)	2144
3	Ahorro de salarios por la disminución de personal (USD / Año)	18000
4	Beneficio por la venta de combustible no incinerado (USD / Año)	12494
5	Beneficio económico total (USD / Año)	32638
6	Tiempo de Retorno de la Inversión (Años)	<b>1,53</b>

**Tabla 27.** Beneficios Esperados de la Mejora N° 2. **Fuente:** Elaboración Propia

Se estima una serie de beneficios energéticos y ambientales por el aumento de la capacidad de trabajo del secadero Benecke, entre los cuales se destaca la reducción de 1901,06 MWh/Año en los consumos energéticos de la maquinaria y la disminución de 975,4 Ton CO<sub>2</sub> /Año en las emisiones generadas por el proceso.

En cuanto a los beneficios económicos, se destaca el corto tiempo de retorno de la inversión, por lo cual se recomienda ampliamente la implementación de esta acción de mejora.

Los cálculos que sustentan los análisis de la mejora se detallan en el Anexo 7

#### **4.3. Mejora N° 3: Instalación de Variadores de Frecuencia en Motores.**

La mejora se basa en la instalación de variadores de frecuencia en los motores de los secaderos de chapa que en su mayoría corresponden al funcionamiento de ventiladores y en los motores de la caldera de la empresa, ya que por la naturaleza de su funcionamiento necesitan regular su velocidad de operación.

Las características de los motores a intervenir se presentan en la siguiente tabla.

Maquina	Motor	Régimen de Trabajo (horas/Año)	Potencia Nominal (kW)	Potencia a Intervenir (kW)
Secadero Benecke	Ventilador N° 1	6480	7,5	27
	Ventilador N° 2	6480	6	
	Ventilador N° 3	6480	6	
	Ventilador N° 4	6480	7,5	
Secadero Schilde	Ventilador N° 1	4000	3	9
	Ventilador N° 2	4000	3	
	Ventilador N° 3	4000	3	
Caldera Mernack	Exaustor	6480	7,5	7,5

**Tabla 28.** Motores a Intervenir. **Fuente:** Elaboración Propia

Los de variadores de frecuencia mejoran el comportamiento de este tipo de motores al regular sus caudales de operación, lo que permite una disminución en sus consumos energéticos, llegando según la bibliografía a generar ahorros de hasta un 30%. En la tabla N° 29 se presenta el análisis del consumo energético de los motores al aplicar la acción de mejora planteada y considerando el coeficiente de ahorro teórico (30%).

Maquina	Motor	Régimen de Trabajo (horas/Año)	Sin variador de frecuencia		Con variador de frecuencia	
			Potencia Nominal (kW)	Consumo Eléctrico (MWh/Año)	Potencia Trabajo (kW)	Consumo Eléctrico (MWh/Año)
Secadero Benecke	Ventiladores 1 y 4	6480	15	97,2	10,5	68,04
	Ventiladores 2 y 3	6480	12	77,76	8,4	54,43
Secadero Schilde	Ventiladores 1, 2 y 3	4000	9	36	6,3	25,20
Caldera Mernack	Exaustor	6480	7,5	48,6	5,25	34,02

**Tabla 29.** Cálculos Mejora N° 3. **Fuente:** Elaboración Propia

El análisis de beneficios por la implementación de la mejora se recoge en la tabla N° 30.

Análisis Energético y Ambiental		
N°	Descripción	Valor
1	Disminución del consumo de energía eléctrica (MWh/Año)	77,87
2	Disminución de las emisiones generadas (Ton CO <sub>2</sub> /Año)	39,4
Análisis Económico		
N°	Descripción	Valor
1	Inversión estimada por la compra e instalación de 5 variadores de frecuencia SIEMENS para motores de hasta 8 kW (USD)	6500
2	Inversión estimada por la compra e instalación de 3 variadores de frecuencia SIEMENS para motores de hasta 3 kW (USD)	1500
3	Ahorro por la disminución del consumo eléctrico (USD / Año)	7242
4	Tiempo de Retorno de la Inversión (Años)	<b>1,10</b>

**Tabla 30.** Beneficios Esperados de la Mejora N° 3. **Fuente:** Elaboración Propia

La instalación de variadores de frecuencia en los motores analizados, es una acción que no conlleva un gran esfuerzo para la empresa y que tiene el potencial de generar importantes ahorros en sus consumos eléctricos, por esta razón y considerando el corto periodo de retorno de la inversión, se recomienda su pronta implementación.

**4.4. Mejora N° 4: Mejoras de los Sistemas de Iluminación.**

En esta acción se proponen varias actividades tendientes a la mejora de la eficiencia de los sistemas de iluminación de instalaciones, entre las cuales se pueden nombrar las siguientes.

- Identificación e inventario de luminarias inutilizadas por cambios en la ubicación de maquinaria, zonas de paso y áreas de almacenamiento interno de producto, con la finalidad de deshabilitarlas.
- Instalar interruptores diferenciados con detectores de presencia para pasillos y otras zonas de paso.
- Sustitución de las lámparas fluorescentes descritas en la tabla N° 11 por luminarias de tecnología led con una mejor relación Lumen/ Vatio, según la literatura las lámparas fluorescentes llegan a una relación de 80 Lm/W, mientras que en lámparas led esta relación puede llegar a los 140 Lm/W, con lo que se asegura una considerable disminución del consumo eléctrico manteniendo los mismos niveles de iluminación.
- Sustitución de los reflectores de halógeno de 400 W ubicados en exteriores por reflectores tipo led de 100 W provistos con paneles solares propios que suplen su demanda energética.

En los Anexos N° 9 y 10 del presente documento se incluyen tanto las tablas de equivalencias lumínicas entre lámparas tipo led y fluorescentes como la descripción de las características de las lámparas led recomendadas para su compra e instalación.

**4.5. Mejora N° 5: Estudio de Iluminación Ocupacional.**

Se propone realizar un proceso completo de medición y evaluación de luminosidad en las diferentes áreas de trabajo, el cual permita establecer acciones correctivas tendientes no solo al mantenimiento de la seguridad y salud de los trabajadores, sino también a la distribución efectiva de las luminarias a lo largo de las instalaciones de la empresa.

Para el desarrollo del estudio de iluminación se proponen las siguientes actividades.



Nº	Descripción de la Acción	Responsable
1	Diferenciar las áreas de trabajo de la empresa por el tipo de instalación y tareas que en ellas se realice.	Jefe de SSA
2	Seleccionar un método de evaluación lumínica validado para la gestión preventiva	Jefe de SSA
3	Realizar la compra de un equipo de medición (luxómetro) con certificado de calibración vigente.	Jefe de SSA Jefe de Compras
4	Medir las dimensiones de las áreas de trabajo identificadas a fin de determinar el número de mediciones lumínicas necesarias.	Jefe de SSA
5	Realizar las mediciones de iluminación requeridas por el método de evaluación y obtener un valor promedio (Lux)	Jefe de SSA
6	Desarrollar los cálculos y definir los niveles de riesgo ocupacional para los puestos de trabajo evaluados.	Jefe de SSA
7	Comparar los valores de iluminación obtenidos con los recomendados para los diferentes tipos de tareas	Jefe de SSA
8	Con base en los resultados replantear la distribución y el tipo de luminarias requeridas en las áreas de trabajo	Jefe de SSA Jefe de Compras

**Tabla 31.** Estudio de Iluminación Ocupacional. **Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.6. Mejora Nº 6: Estudio de Mejora del Aprovechamiento de Materia Prima

Si bien el coeficiente de aprovechamiento de Arboriente que bordea el 51% (Tabla Nº 4) puede considerarse satisfactorio al compararlo con el coeficiente de 40% expuesto en la literatura como promedio para el sector, la empresa ha podido llegar en periodos anteriores a valores cercanos al 56%, razón por la cual resulta importante analizar continuamente los parámetros que influyen sobre este problema.

Se propone realizar un estudio en el que se analicen los factores ligados a la materia prima, insumos, equipos, materiales, mano de obra, métodos de trabajo y controles de calidad de las diferentes operaciones unitarias que tengan injerencia en el coeficiente de aprovechamiento de materia prima del proceso productivo.

Para el desarrollo del estudio se proponen las siguientes actividades.

Nº	Descripción de la Acción	Responsable
1	Identificar las operaciones unitarias en las cuales se generan residuos maderables.	Jefe de SSA Jefe de Producción
2	Realizar un balance de masa de las operaciones identificadas, calculando el coeficiente de aprovechamiento específico para cada una de ellas.	Jefe de SSA
3	Realizar un diagrama de Pareto para identificar las operaciones en las que se concentre la mayor porción del problema.	Jefe de SSA Jefe de Producción
4	Realizar un análisis específico para cada operación identificando sus componentes y posibles fallos de acuerdo al criterio de las 5 M (Materia Prima, Método, Maquinaria, Mano de Obra, Medio Ambiente).	Jefe de SSA Jefe de Producción

5	Reforzar el análisis a través de un método como el diagrama de Ishikawa para determinar la causa raíz de los problemas de cada operación unitaria.	Jefe de SSA Jefe de Producción
6	Plantear metas cuantificables de acuerdo al indicador propuesto.	Jefe de SSA
7	Establecer un plan en el que se incluyan las acciones de mejora tendientes a controlar los fallos identificados.	Jefe de SSA
8	Realizar el seguimiento del plan de acción propuesto y verificar el nivel de cumplimiento de las metas.	Jefe de SSA Jefe de Producción

**Tabla 32.** Estudio de Mejora del Aprovechamiento. **Fuente:** Elaboración Propia

## 5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- La auditoría energética contenida en este documento al ser el primer estudio de su tipo desarrollado en Arboriente S.A, constituirá una primera base del conocimiento de la estructura energética de la empresa, a partir del cual se podrán establecer planes tendientes a la mejora continua de su desempeño energético y ambiental.
- En el presente estudio se han definido y calculado unos indicadores o índices de comportamiento energético y de aprovechamiento de materia prima que pueden servir de base en el futuro para el seguimiento de un previsible Sistema de Gestión Energética (SGE) y Ambiental (SGA) a implementar por la organización.
- En el desarrollo de su actividad productiva, Arboriente requiere anualmente un promedio de 11398 m<sup>3</sup> de materia prima para generar 5767 m<sup>3</sup> de tableros contrachapados, lo que representa un coeficiente de aprovechamiento del 50,6%, valor superior al promedio de la industria.
- Arboriente S.A consume anualmente un total de 15995,6 MWh, de los cuales 855,2 corresponden a energía eléctrica y 15140,4 a energía calórica, lo que representa un 5,3% y 94,7% respectivamente dentro de su mix energético.
- Las operaciones unitarias de mayor importancia por su consumo eléctrico son: Secado, incineración, desenrollo, triturado, descortezado y compresión de aire, mientras que la máquina de mayor consumo térmico es el secadero Benecke.
- El cambio del tipo de contrato de suministro eléctrico a consumidor industrial con diferenciación horaria en la tarifa, es una actividad de mejora que no representa inversión alguna y que permitirá un ahorro anual de 2268 USD.
- La instalación de variadores de frecuencia en varios motores de secaderos y caldera permitirá reducir los consumos eléctricos de la empresa en un 9,1%, lo que representa un ahorro de 7242 USD al año.

- La ampliación de la capacidad de trabajo del secadero Benecke se proyecta como la acción de mejora que traerá los mayores beneficios, ya que permitirá la disminución de los consumos energéticos totales en un 12,6%, la reducción en la emisión de 975,4 Ton CO<sub>2</sub> al año y un beneficio económico de 32638 USD al año, lo cual reduce el periodo de retorno de la inversión a 1,53 años.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el desarrollo de los estudios propuestos en las acciones de mejora 5 y 6 a fin de determinar la viabilidad de su implementación y cuantificar los posibles beneficios energéticos, ambientales y económicos que pueden generar.
- Se recomienda el diseño e implementación tanto de un sistema de gestión de la energía en base a la norma ISO 50001:2011, como de un sistema de gestión ambiental en base a la norma ISO 14001:2015.
- Es recomendable realizar una actualización periódica de la auditoría energética, sobretodo de existir cambios significativos, en procesos, tecnología y capacidad de producción instalada.
- Se recomienda el desarrollo de programas continuos de formación y toma de conciencia del personal en temas de ahorro energético y gestión ambiental que permitan el establecimiento y fortalecimiento de una cultura de eficiencia en el aprovechamiento de los recursos al interior de la empresa.
- La empresa produce una importante cantidad de residuos maderables, por lo cual se recomienda analizar las mejores opciones para generar un valor económico del material que no sea requerido por la caldera.
- Se recomienda la redacción de una memoria de sostenibilidad y responsabilidad social corporativa que permita dar a conocer a clientes, socios, autoridad pública y sociedad en general, las acciones que realiza Arboriente en favor de la mejora continua de su actividad industrial.

## 5.3. Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016). *Resolución N° ARCONEL - 050/16, Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas, Periodo: Enero-Diciembre 2017*. Quito, Ecuador: ARCONEL.
- Aragó, C. (2013). *Auditoría Energética Empresa de procesados cárnicos*. Castellón de la Plana: Universidad Jaume I.

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2012). *Norma UNE-EN 16247-1. Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales*. Madrid, España: AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2014). *Norma UNE-EN 16247-3 Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos*. Madrid, España: AENOR.
- Escan, S.A. (2009). *Procedimiento de auditoría energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid*. Madrid: Consejo de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid.
- Guerra, K. (2017). *Modelo de un Sistema de Gestión de la Energía según la norma ISO 5001:2011 en la empresa Arboriente S.A.* Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. México D.F: INECC.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2016). *Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas*. Madrid: BOE 1460.
- Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE). (2013). *Factor de Emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador*. Quito: Isis.
- Rosner, J. (09 de Marzo de 2017). *Llumor*. Obtenido de Equivalencia de Lumen a Vatios: <http://www.llumor.es/info-led/equivalencia-de-lumen-a-vatios>
- Valter, E., & Zuccoli, L. (2008). *Manual de Combustibles de Madera*. Valladolid, España: AVEBIOM.
- Villarubia, Miguel. (2016). Apuntes de la asignatura "*Gestión, Eficiencia, Ahorro y Planificación Energética*" del Master MERSE UNIBA-UB. Barcelona. España.

## 6. Anexos

**Anexo 1:** Consumo de Materia Prima y Volúmenes de Producción (2015 – 2016).

**Anexo 2:** Organigrama Arboriente S.A.

**Anexo 3:** Descripción del Proceso Productivo y Procesos de Apoyo.

**Anexo 4:** Tablas de Poderes Calóricos de Residuos Maderables

**Anexo 5:** Anexo Fotográfico Arboriente S.A.

**Anexo 6:** Cálculos de la Acción de Mejora N° 1.

**Anexo 7:** Cálculos de la Acción de Mejora N° 2.

**Anexo 8:** Diagramas del Secadero Benecke para la Acción de Mejora N° 2.

**Anexo 9:** Equivalencias Lumínicas entre Lámparas Led y Fluorescentes

## Anexos

### Anexo 1: Consumo de Materia Prima y Volúmenes de Producción (2015 – 2016).

- Materia Prima Utilizada Periodos 2015 y 2016

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Materia Prima Utilizada en 2015 (m3)	926	847	1020	902	812	895	969	958	1016	1031	1017	853	11247
Materia Prima Utilizada en 2016 (m3)	1029	860	984	1016	946	1027	947	1039	983	958	918	842	11549
Promedio de Materia Prima Utilizada (2015-2016) (m3)	978	853	1002	959	879	961	958	999	999	995	968	847	<b>11398</b>

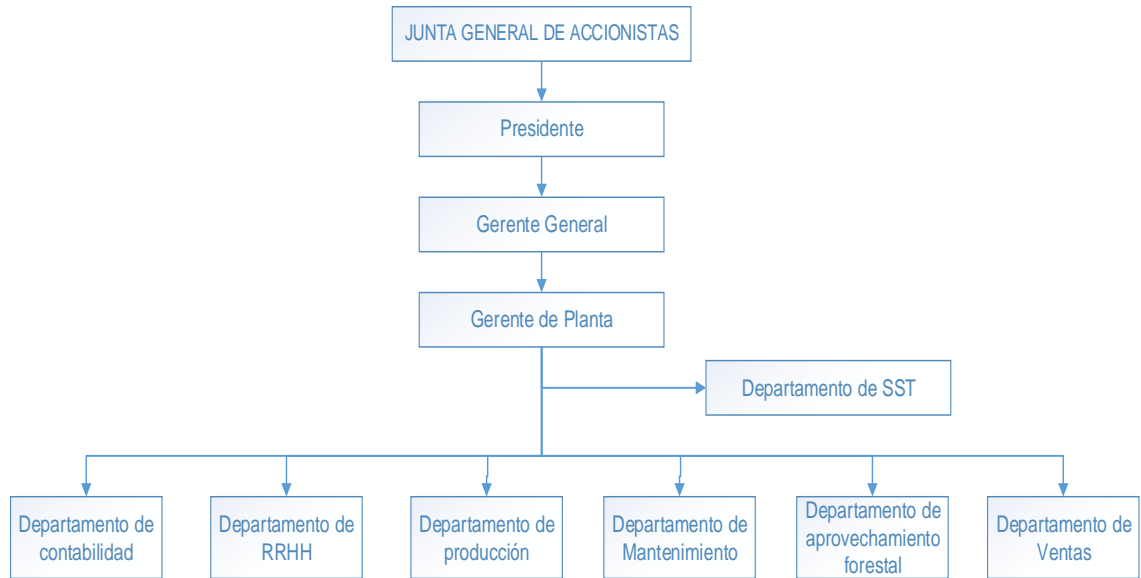
**Tabla 1.** Materia Prima Utilizada. **Fuente:** Elaboración Propia

- Volúmenes de Producción Periodos 2015 y 2016

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Producción 2015 (m3)	413	418	507	430	402	400	516	485	512	519	504	451	5557
Producción 2016 (m3)	502	407	489	472	476	500	490	559	552	526	500	502	5976
Promedio de Producción (2015-2016) (m3)	458	412	498	451	439	450	503	522	532	523	502	476	<b>5767</b>

**Tabla 2.** Volúmenes de Producción. **Fuente:** Elaboración Propia





**Anexo 2:** Organigrama Arboriente S.A.



**Fig. 1.** Organigrama Funcional. **Fuente:** Arboriente S.A






**Anexo 3:** Descripción del Proceso Productivo y Procesos de Apoyo.

- Proceso Productivo Arboriente S.A

Proceso	Descripción	Fotografía
Recepción de trozas	Al ingresar la materia prima, se identifica y registra su especie, calidad y diámetro; y se marca con el número perteneciente al mes de ingreso a la planta. <b>ENERGÍA FOSIL (MOTOR DE COMBUSTIÓN).</b>	
Pelado o descortezado	Se selecciona las trozas de acuerdo a las necesidades de producción, se descortezan y transportan al área de ingreso al torno. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
Desenrollo (torno)	Se acopla la troza al torno y mediante el movimiento giratorio y la acción de la cuchilla se obtienen chapas de madera de diferentes medidas y espesores requeridos. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA ENERGÍA NEUMÁTICA (COMPRESORES)</b>	
Secadero y cizalla de caras	Se introducen las caras en las cámaras de secado y por medio de la circulación de aire caliente se reduce el porcentaje de humedad contenido en las mismas. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA ENERGÍA CALÓRICA (VAPOR SATURADO DEL CALDERO)</b>	
	Al salir las caras del secadero se accionan las cuchillas y se obtienen las medidas requeridas de acuerdo a las necesidades de producción. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA ENERGÍA NEUMÁTICA</b>	
Cizallado de intermedios	El material húmedo que es transportado en coches es cortado en medidas requeridas de acuerdo a las necesidades de producción. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	







<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Secado de intermedios</b></p>	<p>Una vez cortados los intermedios, se clasifican de acuerdo a las características de secado que requieren, puesto que provienen de diversas especies, se introducen en las distintas cámaras de secado las cuales pasan por la máquina a distinta velocidad para obtener el porcentaje de humedad requerido. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b> <b>ENERGÍA CALÓRICA (VAPOR SATURADO DEL CALDERO)</b></p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Cizalla Ruckle y Juntado de caras</b></p>	<p>Se estructuran paquetes de caras, se escuadra en medidas definidas y se accionan las cuchillas. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Cizalla Ruckle y Juntado de caras</b></p>	<p>Se transportan las caras hacia la juntadora de hilo en la cual se clasifica por especies, tamaños y tonos y se acciona la máquina para juntar pedazos similares mediante la acción de nylon adhesivo o cinta de papel. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Juntado de intermedios</b></p>	<p>Se unen los pedazos de intermedios en la máquina de juntado por la acción del Hotmelt que es una pega diluida. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Encolado y armado</b></p>	<p>Proceso en el cual se cubre los intermedios con la mezcla de cola mediante la acción de rodillos dosificadores y dependiendo del espesor del tablero se ubican las chapas de caras, intermedios y almas largas una encima de otra de modo que sus fibras formen un ángulo recto para lograr una estructura equilibrada. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Pre- Prensado</b></p>	<p>Proceso mecánico en el cual se somete el tablero armado a presión en frío (sin calor), para otorgarle de manera inicial una estructura definida. <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	




<p style="text-align: center;"><b>Prensado</b></p>	<p>Proceso mecánico en el cual se somete al tablero conformado a condiciones específicas de presión y temperatura, para obtener tableros con el espesor y estructura final adecuada.</p> <p style="text-align: center;"><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b> <b>ENERGÍA CALÓRICA (VAPOR SATURADO DEL CALDERO)</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Escuadrado</b></p>	<p>Mediante sierras circulares y el corte transversal y longitudinal se confiere al tablero sus medidas finales normalizadas.</p> <p style="text-align: center;"><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Lijado automático</b></p>	<p>Proceso mediante el cual se introduce el tablero en la lijadora automática permitiendo obtener un acabado liso en las caras del mismo.</p> <p style="text-align: center;"><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b> <b>ENERGÍA NEUMÁTICA</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Liado de cinta</b></p>	<p>En este proceso se pule uno a uno los tableros para corregir las fallas de lijado dándole un acabado final fino y agradable.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Clasificado</b></p>	<p>Se clasifica los tableros de acuerdo a los estándares de calidad establecidos para su posterior despacho y comercialización.</p>	

**Tabla 3.** Proceso Productivo. **Fuente:** Arboriente S.A

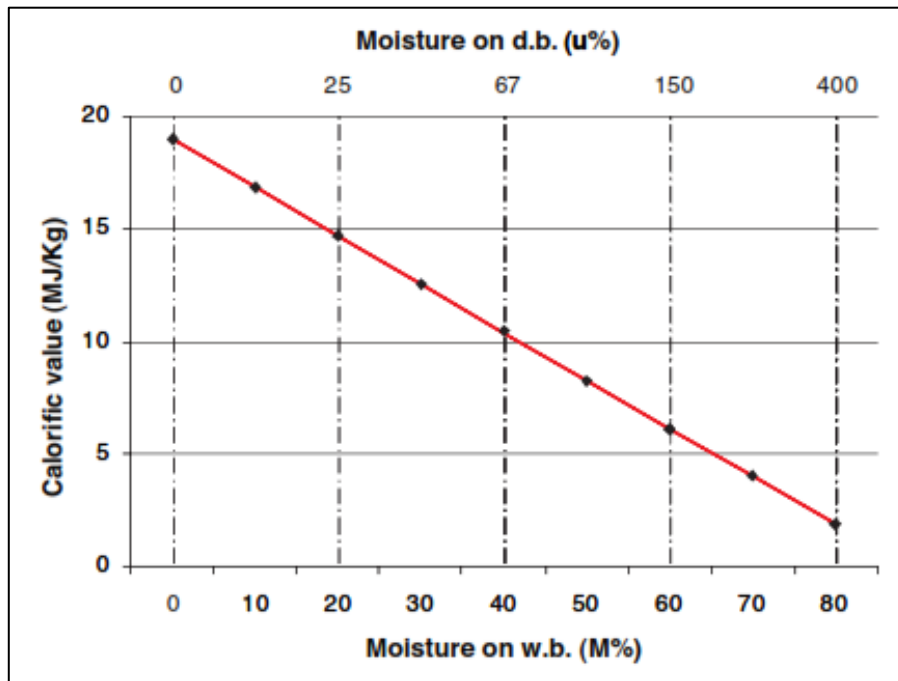
- Procesos de Apoyo.

Proceso	Descripción	Fotografía
Mantenimiento	<p><b>Taller de planta:</b> velar por el correcto funcionamiento de la maquinaria existente en el área productiva de la empresa, realizando el mantenimiento preventivo y correctivo.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>  <b>ENERGÍA NEUMÁTICA</b></p>	
	<p><b>Taller de montaña:</b> velar por el correcto funcionamiento de la maquinaria forestal y vehículos que operan en los sitios de extracción, realizando el mantenimiento preventivo y correctivo.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>  <b>ENERGÍA NEUMÁTICA</b></p>	
Caldera	<p>Proceso de incineración de <b>residuos orgánicos (madera)</b>, mediante el cual se genera vapor saturado a alta presión, necesario para el normal funcionamiento de los secaderos y prensa.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>  <b>ENERGÍA CALÓRICA (BIOMASA)</b></p>	
Compresores	<p>Proceso encargado de la generación y distribución de aire comprimido a la maquinaria neumática de la empresa.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
Bodegas	<p><b>Bodega general:</b> Almacenamiento y aprovisionamiento de materiales, equipos e insumos.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
	<p><b>Bodega de materiales peligrosos:</b> Almacenamiento de insumos y residuos peligrosos.  <b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	

<b>Enfermería</b>	<p>Realizar actividades de promoción de la salud, prevención de la enfermedad, y atención médica básica, para el cuidado y preservación de la salud de todo el personal de la empresa.</p> <p><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b></p>	
<b>Cocina y comedor</b>	<p>Preparación de alimentos para el personal de la empresa</p> <p><b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b> <b>GAS LICUADO DE PETRÓLEO</b></p>	

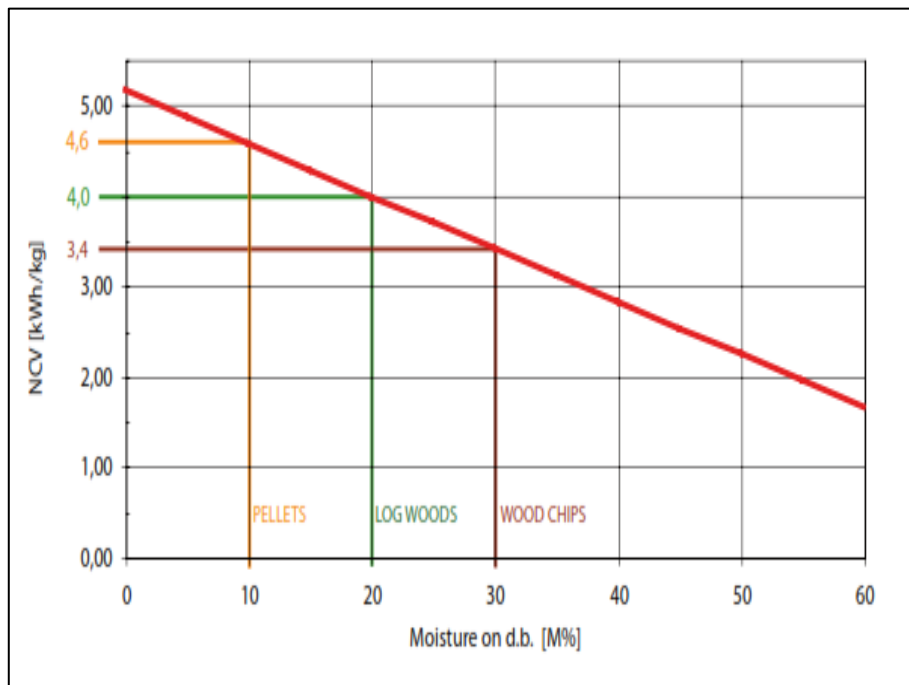
**Tabla 4.** Procesos de Apoyo. **Fuente:** Arboriente S.A

**Anexo 4:** Tablas de Poderes Caloríficos de Residuos Maderables



**Fig. 2.** Poder Calorífico Inferior en Función de la Humedad.

**Fuente:** Manual de Combustibles de Madera, 2008



**Fig. 3.** Poder Calorífico Inferior en Función de la Humedad.

**Fuente:** Manual de Combustibles de Madera, 2008



H (%)	MWh/t	GJ/t	H (%)	MWh/t	GJ/t
15	4.27	15.36	38	2.93	10.54
16	4.21	15.15	39	2.87	10.33
17	4.15	14.94	40	2.81	10.12
18	4.10	14.73	41	2.76	9.91
19	4.04	14.52	42	2.70	9.71
20	3.98	14.31	43	2.64	9.50
21	3.92	14.10	44	2.58	9.29
22	3.86	13.89	45	2.52	9.08
23	3.80	13.68	46	2.47	8.87
24	3.75	13.47	47	2.41	8.66
25	3.69	13.27	48	2.35	8.45
26	3.63	13.06	49	2.29	8.24
27	3.57	12.85	50	2.23	8.03
28	3.51	12.64	51	2.17	7.82
29	3.45	12.43	52	2.12	7.61
30	3.40	12.22	53	2.06	7.40
31	3.34	12.01	54	2.00	7.19
32	3.28	11.80	55	1.94	6.98
33	3.22	11.59	56	1.88	6.77
34	3.16	11.38	57	1.82	6.56
35	3.11	11.17	58	1.77	6.35
36	3.05	10.96	59	1.71	6.15
37	2.99	10.75	60	1.65	5.94

**Tabla 5.** Poder Calorífico Inferior en Función de la Humedad.

**Fuente:** Manual de Combustibles de Madera, 2008



**Anexo 5:** Anexo Fotográfico Arboriente S.A.

	
<p>Producto</p>	<p>Producto</p>

**Tabla 6.** Tablero Contrachapado. **Fuente:** Arboriente S.A

	
<p>Planta Productiva</p>	<p>Taller de mantenimiento</p>
	
<p>Ingreso a Oficinas</p>	<p>Acceso Principal</p>

**Tabla 7.** Instalaciones. **Fuente:** Arboriente S.A

Anexo 6: Cálculos Mejora N° 1: Replanteamiento del Contrato de Suministro Eléctrico

Régimen de Trabajo Equipos del Proceso Productivo															
N°	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Distribución del Régimen de Trabajo												
			Horas al día								Días al año	Horas al año			
			08:00-18:00		18:00-22:00		22:00-08:00		Total	08:00-18:00		18:00-22:00	22:00-08:00	Total	
			Valor	%	Valor	%	Valor	%							
1	Descortezado	Descortezadora	5	83%	0	0%	1	17%	6	250	1250	0	250	1500	
		Puente Grúa Externo	4	100%	0	0%	0	0%	4	250	1000	0	0	1000	
2	Desenrollo	Torno Cremona	8	67%	2	17%	2	17%	12	250	2000	500	500	3000	
		Torno Benecke	6	75%	2	25%	0	0%	8	70	420	140	0	560	
		Puente Grúa Interno	6	75%	1	13%	1	13%	8	250	1500	250	250	2000	
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	8	67%	2	17%	2	17%	12	250	2000	500	500	3000	
		Cizalla Neumática	6	75%	1	13%	1	13%	8	250	1500	250	250	2000	
4	Secado	Secadero Benecke	10	42%	4	17%	10	42%	24	270	2700	1080	2700	6480	
		Secadero Schilde	10	63%	4	25%	2	13%	16	250	2500	1000	500	4000	
5	Ciz. de Precisión	Cizalla de Precisión	4	67%	1	17%	1	17%	6	250	1000	250	250	1500	
6	Juntado	Juntadora de Hilo	10	63%	4	25%	2	13%	16	250	2500	1000	500	4000	
		Juntadora Benecke	8	50%	4	25%	4	25%	16	250	2000	1000	1000	4000	
7	Encolado	Agitador	3	60%	1	20%	1	20%	5	250	750	250	250	1250	
		Encoladora	10	71%	3	21%	1	7%	14	250	2500	750	250	3500	
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	9	75%	3	25%	0	0%	12	250	2250	750	0	3000	
9	Prensado Vapor	Prensa en Caliente	1,5	75%	0,5	25%	0	0%	2	250	375	125	0	500	
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	3,5	88%	0	0%	0,5	13%	4	250	875	0	125	1000	
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	5	83%	0	0%	1	17%	6	250	1250	0	250	1500	
		Lijadora de Cinta	4	100%	0	0%	0	0%	4	250	1000	0	0	1000	
12	Triturado	Chipeadora	10	71%	3	21%	1	7%	14	250	2500	750	250	3500	
13	Almacenaje	Elevadores	10	71%	3	21%	1	7%	14	250	2500	750	250	3500	
14	Incineración	Caldera	10	42%	4	17%	10	42%	24	270	2700	1080	2700	6480	
15	Compresión de Aire	Compresor N° 1	10	42%	4	17%	10	42%	24	280	2800	1120	2800	6720	
		Compresor N° 2	1	100%	0	0%	0	0%	1	5	5	0	0	5	
<b>Totales</b>										<b>5645</b>	<b>39875</b>	<b>11545</b>	<b>13575</b>	<b>64995</b>	

Tabla 8. Régimen de Trabajo por Tipo de Horario. Fuente: Elaboración Propia

Consumo Eléctrico de Equipos del Proceso Productivo											
Nº	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Horas al año				Potencia Nominal (kW)	Consumo (kWh/año)			
			08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00	Total		08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00	Total
1	Descortezado	Descortezadora	1250	0	250	1500	21,13	26415	0	5283	31698
		Puente Grúa Externo	1000	0	0	1000	9,69	9694,57	0	0	9694,6
2	Desenrollo	Torno Cremona	2000	500	500	3000	36,22	72437	18109	18109,2	108655
		Torno Benecke	420	140	0	560	18,59	7809,47	2603,2	0	10413
		Puente Grúa Interno	1500	250	250	2000	5,45	8169,58	1361,6	1361,6	10893
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	2000	500	500	3000	4,08	8169,58	2042,4	2042,4	12254
		Cizalla Neumática	1500	250	250	2000	1,36	2042,4	340,4	340,399	2723,2
4	Secado	Secadero Benecke	2700	1080	2700	6480	30,87	83357,7	33343	83357,7	200059
		Secadero Schilde	2500	1000	500	4000	10,78	26959,6	10784	5391,92	43135
5	Ciz. de Precisión	Cizalla de Precisión	1000	250	250	1500	1,63	1633,92	408,48	408,479	2450,9
6	Juntado	Juntadora de Hilo	2500	1000	500	4000	0,30	748,878	299,55	149,776	1198,2
		Juntadora Benecke	2000	1000	1000	4000	9,42	18844,5	9422,3	9422,25	37689
7	Encolado	Agitador	750	250	250	1250	4,90	3676,31	1225,4	1225,44	6127,2
		Encoladora	2500	750	250	3500	1,09	2723,19	816,96	272,319	3812,5
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	2250	750	0	3000	5,99	13479,8	4493,3	0	17973
9	Prensado Vapor	Prensa en Caliente	375	125	0	500	19,99	7495,59	2498,5	0	9994,1
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	875	0	125	1000	8,28	7248,46	0	1035,49	8284
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	1250	0	250	1500	19,81	24760,6	0	4952,13	29713
		Lijadora de Cinta	1000	0	0	1000	5,99	5991,03	0	0	5991
12	Triturado	Chipeadora	2500	750	250	3500	12,68	31705,8	9511,7	3170,58	44388
13	Almacenaje	Elevadores	2500	750	250	3500	1,14	2859,35	857,81	285,935	4003,1
14	Incineración	Caldera	2700	1080	2700	6480	24,81	66992,9	26797	66992,9	160783
15	Compresión de Aire	Compresor N° 1	2800	1120	2800	6720	5,99	16774,9	6709,9	16774,9	40260
		Compresor N° 2	5	0	0	5	10,11	50,5736	0	0	50,574
<b>Totales</b>			<b>39875</b>	<b>11545</b>	<b>13575</b>	<b>64995</b>	-	<b>450041</b>	<b>131625</b>	<b>220576</b>	<b>802242</b>

Tabla 9. Consumo Eléctrico por Tipo de Horario. Fuente: Elaboración Propia



Coste Eléctrico de Equipos del Proceso Productivo con Tarifa Única								
Nº	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Consumo (kWh/año)				Tarifa (USD/kWh)	Única
			08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00	Total	0,093	Coste Eléctrico (USD /año)
1	Descortezado	Descortezadora	26414,98	0	5283,00	31698	2947,91	
		Puente Grúa Externo	9694,57	0	0	9694,57	901,60	
2	Desenrollo	Torno Cremona	72436,96	18109,24	18109,24	108655	10104,96	
		Torno Benecke	7809,47	2603,16	0	10412,6	968,37	
		Puente Grúa Interno	8169,58	1361,60	1361,60	10892,8	1013,03	
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	8169,58	2042,40	2042,40	12254,4	1139,66	
		Cizalla Neumática	2042,40	340,40	340,40	2723,19	253,26	
4	Secado	Secadero Benecke	83357,74	33343,10	83357,74	200059	18605,45	
		Secadero Schilde	26959,62	10783,85	5391,92	43135,4	4011,59	
5	Ciz. de Precisión	Cizalla de Precisión	1633,92	408,48	408,48	2450,87	227,93	
6	Juntado	Juntadora de Hilo	748,88	299,55	149,78	1198,21	111,43	
		Juntadora Benecke	18844,50	9422,25	9422,25	37689	3505,08	
7	Encolado	Agitador	3676,31	1225,44	1225,44	6127,19	569,83	
		Encoladora	2723,19	816,96	272,32	3812,47	354,56	
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	13479,81	4493,27	0	17973,1	1671,50	
9	Prensado Vapor	Prensa en Caliente	7495,59	2498,53	0	9994,12	929,45	
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	7248,46	0	1035,49	8283,96	770,41	
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	24760,64	0	4952,13	29712,8	2763,29	
		Lijadora de Cinta	5991,03	0	0	5991,03	557,17	
12	Triturado	Chipeadora	31705,76	9511,73	3170,58	44388,1	4128,09	
13	Almacenaje	Elevadores	2859,35	857,81	285,94	4003,09	372,29	
14	Incineración	Caldera	66992,90	26797,16	66992,90	160783	14952,82	
15	Compresión de Aire	Compresor N° 1	16774,87	6709,95	16774,87	40259,7	3744,15	
		Compresor N° 2	50,57	0	0	50,5736	4,70	
<b>Totales</b>			<b>450040,7</b>	<b>131624,9</b>	<b>220576,5</b>	<b>802242</b>	<b>74608,51</b>	

**Tabla 10.** Coste Eléctrico con Tarifa Única. **Fuente:** Elaboración Propia

Coste Eléctrico de Equipos del Proceso Productivo con Tarifa Diferenciada										
Nº	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Consumo (kWh/año)				Tarifa (USD/kWh)	08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00
			08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00	Total		0,093	0,107	0,075
							Coste Eléctrico (USD /año)			
				08:00-18:00	18:00-22:00	22:00-08:00	Total			
1	Descortezado	Descortezadora	26414,98	0	5283,00	31698	2456,59	0	396,22	2852,82
		Puente Grúa Externo	9694,57	0	0	9694,57	901,60	0	0	901,60
2	Desenrollo	Torno Cremona	72436,96	18109,24	18109,24	108655	6736,64	1937,7	1358,19	10032,52
		Torno Benecke	7809,47	2603,16	0	10412,6	726,28	278,5	0,00	1004,82
		Puente Grúa Interno	8169,58	1361,60	1361,60	10892,8	759,77	145,7	102,12	1007,58
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	8169,58	2042,40	2042,40	12254,4	759,77	218,5	153,18	1131,49
		Cizalla Neumática	2042,40	340,40	340,40	2723,19	189,94	36,4	25,53	251,90
4	Secado	Secadero Benecke	83357,74	33343,10	83357,74	200059	7752,27	3567,7	6251,83	17571,81
		Secadero Schilde	26959,62	10783,85	5391,92	43135,4	2507,24	1153,9	404,39	4065,51
5	Ciz. de Precisión	Cizalla de Precisión	1633,92	408,48	408,48	2450,87	151,95	43,7	30,64	226,30
6	Juntado	Juntadora de Hilo	748,88	299,55	149,78	1198,21	69,65	32,1	11,23	112,93
		Juntadora Benecke	18844,50	9422,25	9422,25	37689	1752,54	1008,2	706,67	3467,39
7	Encolado	Agitador	3676,31	1225,44	1225,44	6127,19	341,90	131,1	91,91	564,93
		Encoladora	2723,19	816,96	272,32	3812,47	253,26	87,4	20,42	361,10
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	13479,81	4493,27	0	17973,1	1253,62	480,8	0	1734,40
9	Prensado Vapor	Prensa en Caliente	7495,59	2498,53	0	9994,12	697,09	267,3	0	964,43
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	7248,46	0	1035,49	8283,96	674,11	0	77,66	751,77
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	24760,64	0	4952,13	29712,8	2302,74	0	371,41	2674,15
		Lijadora de Cinta	5991,03	0	0	5991,03	557,17	0	0,00	557,17
12	Triturado	Chipeadora	31705,76	9511,73	3170,58	44388,1	2948,64	1017,8	237,79	4204,18
13	Almacenaje	Elevadores	2859,35	857,81	285,94	4003,09	265,92	91,8	21,45	379,15
14	Incineración	Caldera	66992,90	26797,16	66992,90	160783	6230,34	2867,3	5024,47	14122,10
15	Compresión de Aire	Compresor N° 1	16774,87	6709,95	16774,87	40259,7	1560,06	718,0	1258,12	3536,14
		Compresor N° 2	50,57	0	0	50,5736	4,70	0,0	0	4,70
<b>Totales</b>			450040,7	131624,9	220576,5	802242	41853,78	14083,86	16543,235	72480,9

Tabla 11. Coste Eléctrico con Tarifa Diferenciada. Fuente: Elaboración Propia

Ahorro del Coste Eléctrico por Cambio de Tarifa						
Nº	Operación Unitaria	Equipos Utilizados (Maquinaria)	Consumo (kWh/año)	Coste con Tarifa Única (USD)	Coste con Tarifa Diferenciada (USD)	Ahorro por el Cambio de Tarifa (USD)
1	Descortezado	Descortezadora	31697,98	2948	2852,82	95,09
		Puente Grúa Externo	9694,57	902	902	0,00
2	Desenrollo	Torno Cremona	108655,43	10104,96	10032,52	72,44
		Torno Benecke	10412,62	968,37	1005	-36,44
		Puente Grúa Interno	10892,78	1013,03	1007,58	5,45
3	Cizallado	Cizalla Hidráulica	12254,37	1139,66	1131,49	8,17
		Cizalla Neumática	2723,19	253,26	251,90	1,36
4	Secado	Secadero Benecke	200058,58	18605,45	17571,81	1033,64
		Secadero Schilde	43135,39	4011,59	4065,51	-53,92
5	Ciz. de Precisión	Cizalla de Precisión	2450,87	227,93	226,30	1,63
6	Juntado	Juntadora de Hilo	1198,21	111,43	112,93	-1,50
		Juntadora Benecke	37689,00	3505,08	3467,39	37,69
7	Encolado	Agitador	6127,19	569,83	564,93	4,90
		Encoladora	3812,47	354,56	361,10	-6,54
8	Prensado en Frio	Prensa en Frio	17973,08	1671,50	1734	-62,91
9	Prensado Vapor	Prensa en Caliente	9994,12	929,45	964	-34,98
10	Escuadrado	Sierra Escuadradora	8283,96	770	751,77	18,64
11	Lijado y Pulido	Lijadora Automática	29712,77	2763	2674,15	89,14
		Lijadora de Cinta	5991,03	557	557	0,00
12	Triturado	Chipeadora	44388,06	4128,09	4204,18	-76,09
13	Almacenaje	Elevadores	4003,09	372,29	379,15	-6,86
14	Incineración	Caldera	160782,97	14952,82	14122,10	830,71
15	Compresión de Aire	Compresor N° 1	40259,70	3744,15	3536,14	208,01
		Compresor N° 2	50,57	5	5	0,00
<b>Totales</b>			802242,0	74608,5	72480,9	<b>2127,63</b>

**Tabla 12.** Ahorro Económico por Cambio de Tarifa. **Fuente:** Elaboración Propia

**Anexo 7: Cálculos Mejora Nº 2: Aumento de la Capacidad de Trabajo del Secadero Benecke.**

Los cálculos para la determinación de los parámetros de operación y los posibles beneficios de la ampliación de la capacidad de trabajo del secadero Benecke, se detallan a continuación.

- **Paso 1:** Descripción de los parámetros de funcionamiento de las cámaras a adquirir.

Cámara Nº 1		Cámara Nº 2		Total (2 Cámaras)	
Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)	Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)	Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)
5,8	230	4,3	170	10,1	400

**Tabla 13.** Cámaras a Adquirir. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 2:** Descripción de los parámetros actuales de funcionamiento del secadero (6 cámaras)

Situación Actual (6 Cámaras)							
Potencia Nominal (kW)	Demanda de Vapor (kg/h)	Régimen de Trabajo			Demanda de Vapor (Ton/Año)	Consumo E. Eléctrica (MWh/Año)	Consumo E. Calórica (MWh/Año)
		Días al año	Horas al día	Horas al año			
30,87	2000	270	24	6480	12960	200,06	12052,8

**Tabla 14.** Situación del Secadero de 6 cámaras. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 3:** Cálculo del régimen de trabajo considerando la ampliación del secadero (8 cámaras)

Situación Actual (6 Cámaras)				Situación Esperada (8 Cámaras)			
Régimen de Trabajo				Régimen de Trabajo			
Nº Turnos	Días al año	Horas al día	Horas al año	Nº Turnos	Días al año	Horas al día	Horas al año
3	270	24	6480	2	270	16	4320

**Tabla 15.** Régimen del Secadero de 8 cámaras. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 4:** Cálculo del consumo eléctrico considerando la ampliación del secadero (8 cámaras)

Consumo Eléctrico (8 Cámaras)		
Potencia Nominal (kW)	Régimen de Trabajo (Horas / Año)	Consumo Eléctrico (MWh/Año)
40,97	4320	177,00

**Tabla 16.** Consumo Eléctrico del Secadero de 6 cámaras. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 5:** Cálculo de la demanda de vapor del secadero considerando su ampliación a 8 cámaras.

Demanda de Vapor (8 Cámaras)				
Máquina	Consumo de Vapor (kg / h)	Régimen de Trabajo (Horas / Año)	Demanda de Vapor (Ton/año)	Porcentaje Relativo (%)
Secadero Benecke	2400	4320	10368	75,7%
Secadero Schilde	450	4000	1800	13,2%
Prensa Fjellman	380	4000	1520	11,1%
Total			13688	100,0%

**Tabla 17.** Demanda de Vapor del Secadero de 8 cámaras. **Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 6:** Cálculo de la energía calórica consumida por la caldera, considerando la ampliación del secadero (8 cámaras) para los dos primeros turnos de trabajo.

Datos				Residuos
Demanda de vapor de la Planta (Ton / año)	Régimen de operación de la Caldera (h / año)	Consumo Específico (MWh / Ton Vapor)	Eficiencia de la Caldera	Poder calorífico inferior (MWh/Ton)
A	B	C	D	E
13688	4320	0,7	0,8	4,1
Cálculos				
Demanda de Energía (MWh / año)		Demanda de Combustible (Ton / año)		Demanda de Combustible (Ton/h)
$F = A * C / D$		$G = F / E$		$H = G / B$
<b>12729,8</b>		3104,8		0,72

**Tabla 18.** Consumo de Energía Calórica del Caldera Turnos 1 y 2.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 7:** De acuerdo al nuevo régimen de trabajo planteado, el secadero funcionará durante el primer y segundo turno para suplir las necesidades de vapor de las máquinas del proceso productivo, durante el tercer turno el secadero únicamente se mantendrá encendido a su menor capacidad. Según la información del fabricante, el secadero debe trabajar al 10 % de su capacidad nominal de producción de vapor para mantenerse encendido.
- **Paso 8:** Cálculo de la energía calórica consumida por la caldera, considerando la ampliación del secadero (8 cámaras) para el tercer turno de trabajo.

Datos				Residuos
Demanda de vapor de la Planta (Ton / año)	Régimen de operación de la Caldera (h / año)	Consumo Específico (MWh / Ton Vapor)	Eficiencia de la Caldera	Poder calorífico inferior (MWh/Ton)
A	B	C	D	E
756	2160	0,7	0,8	4,1
Cálculos				
Demanda de Energía (MWh / año)		Demanda de Combustible (Ton / año)		Demanda de Combustible (Ton/h)
$F = A * C / D$		$G = F / E$		$H = G / B$
<b>703,1</b>		171,5		0,08

**Tabla 19.** Consumo de Energía Calórica del Caldera en el Turno 3.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 9:** Cálculo de la energía calórica consumida por la caldera, considerando la ampliación del secadero (8 cámaras) para todos los turnos de trabajo.

Demanda de Vapor (Ton / año)	Demanda de Combustible (Ton / año)	Demanda de Combustible (Ton/h)	Demanda de Energía (MWh / año)
<b>14444,0</b>	3276,3	0,51	<b>13432,9</b>

**Tabla 20.** Consumo de Energía Calórica de la Caldera con Secadero de 8 cámaras.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 10:** Energía demandada por el secadero considerando su ampliación a 8 cámaras.

Demanda Total de Energía (MWh/año)	Máquina	Aporte a la Demanda Total (%)	Energía Consumida (MWh / año)
13432,9	Secadero Benecke	75,7%	10175
	Secadero Schilde	13,2%	1766
	Prensa Fjellman	11,1%	1492
<b>Totales</b>		100%	13433

**Tabla 21.** Consumo de Energía Calórica del Secadero de 8 cámaras.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 11:** Estimación del ahorro eléctrico del secadero considerando su ampliación a 8 cámaras, para el análisis económico se considerará el valor de 0,093 USD/kWh establecido en el pliego tarifario para el periodo 2017 propuesto por ARCONEL.

Situación Actual (6 Cámaras)		Situación Esperada (8 Cámaras)		Estimación del Ahorro	
Consumo E. Eléctrica (MWh/Año)	Coste Eléctrico (USD/Año)	Consumo E. Eléctrica (MWh/Año)	Coste Eléctrico (USD/Año)	Ahorro Eléctrico (MWh/Año)	Ahorro Económico (USD/Año)
200,059	18605	177,004	16461	23,05	2144,0

**Tabla 22.** Ahorro en el Consumo Eléctrico Mejora 2.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Paso 12:** Estimación del ahorro de energía calórica del secadero considerando su ampliación a 8 cámaras, para el análisis económico se considerará el valor de venta de 30 USD / Tonelada de residuos maderables.

Situación Actual (6 Cámaras)			Situación Esperada (8 Cámaras)		
Demanda de Vapor (Ton / Año)	Consumo E. Calórica (MWh/Año)	Demanda de Combustible (Ton / Año)	Demanda de Vapor (Ton / Año)	Consumo E. Calórica (MWh/Año)	Demanda de Combustible (Ton / año)
12960	12052,80	3693	10368	10175	3276
Estimación del Ahorro					
Ahorro de Vapor (Ton/Año)	Ahorro Energía Calórica (MWh/Año)		Ahorro de Combustible (Ton / Año)	Beneficio Económico (USD/Año)	
2592	1878		416,5	12494	

**Tabla 23.** Ahorro en el Consumo Calórico Mejora 2.

**Fuente:** Elaboración Propia

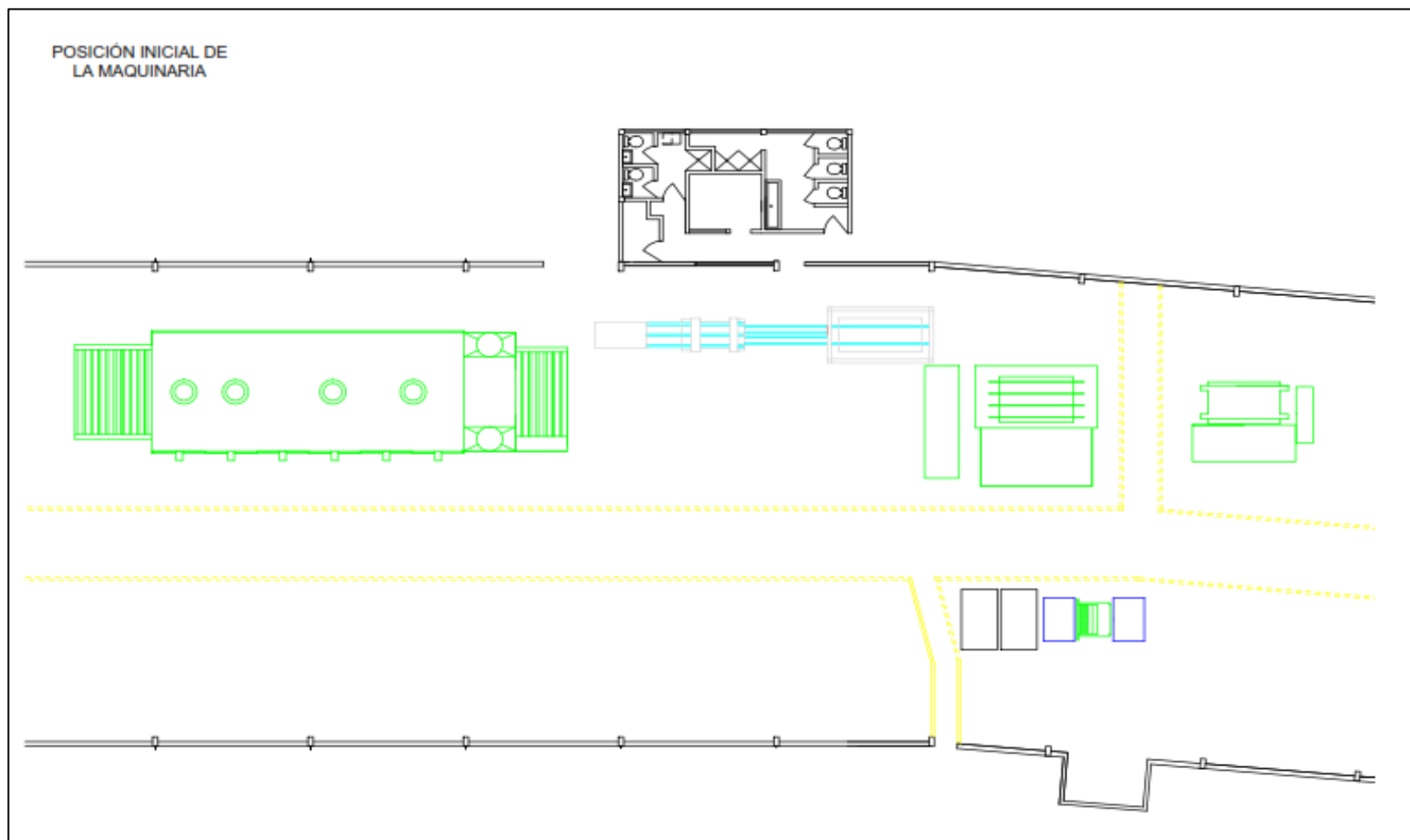
- **Paso 13:** Estimación del ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Situación Actual (6 Cámaras)		Situación Esperada (8 Cámaras)	
Emisiones por Consumo Eléctrico (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	Emisiones por Consumo Calórico (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	Emisiones por Consumo Eléctrico (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	Emisiones por Consumo Calórico (Ton CO <sub>2</sub> / Año)
432,886	8545	421,2	7581
Estimación del Ahorro			
Ahorro Emisiones E. Eléctrica (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	Ahorro Emisiones E. Calórica (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	Ahorro Emisiones E. Calórica (Ton CO <sub>2</sub> / Año)	
11,67	963,7	975,4	

**Tabla 23.** Ahorro en Emisiones de CO<sub>2</sub> por la Mejora 2.

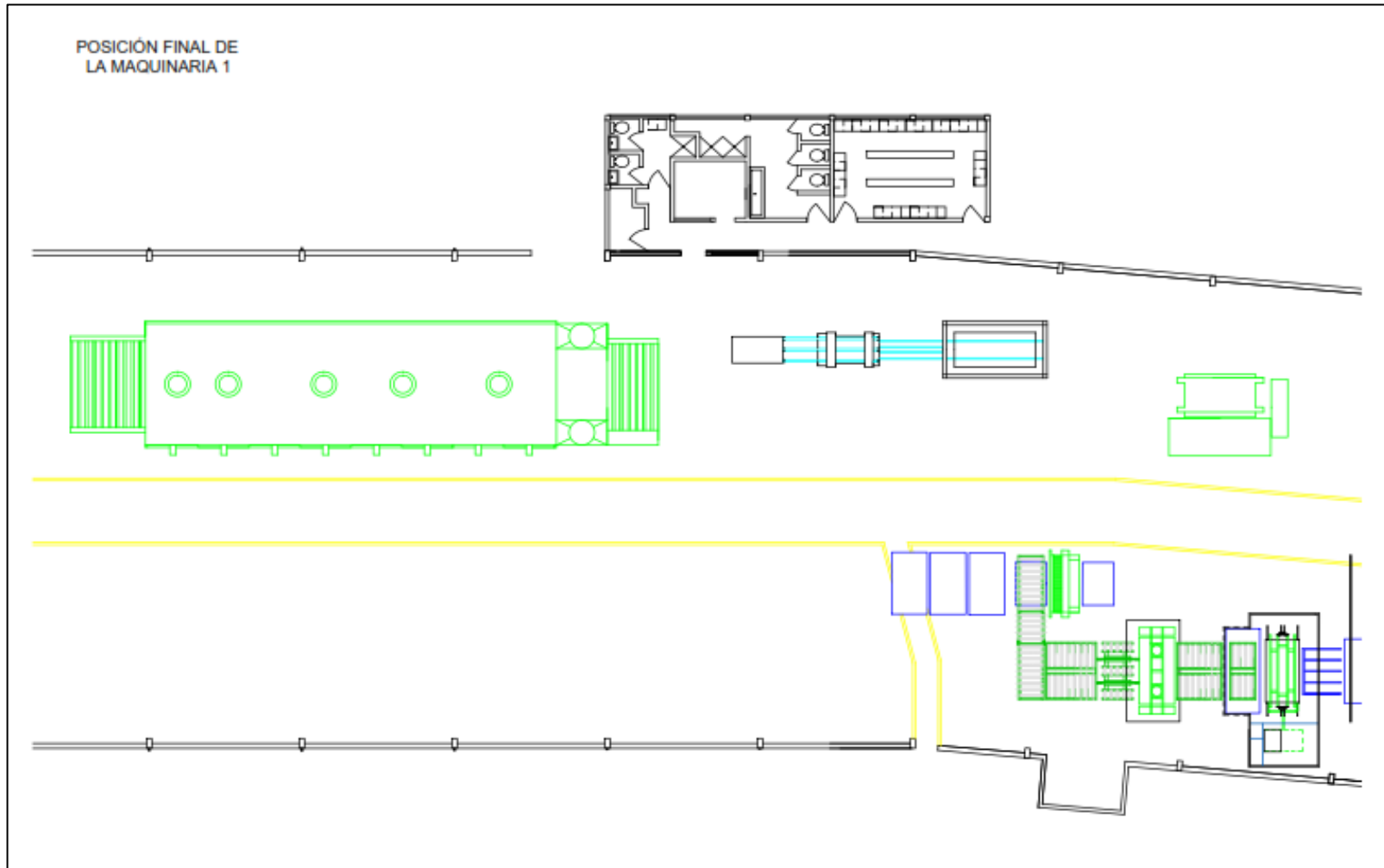
**Fuente:** Elaboración Propia

**Anexo 8:** Diagramas del Secadero Benecke para la Acción de Mejora N° 2.

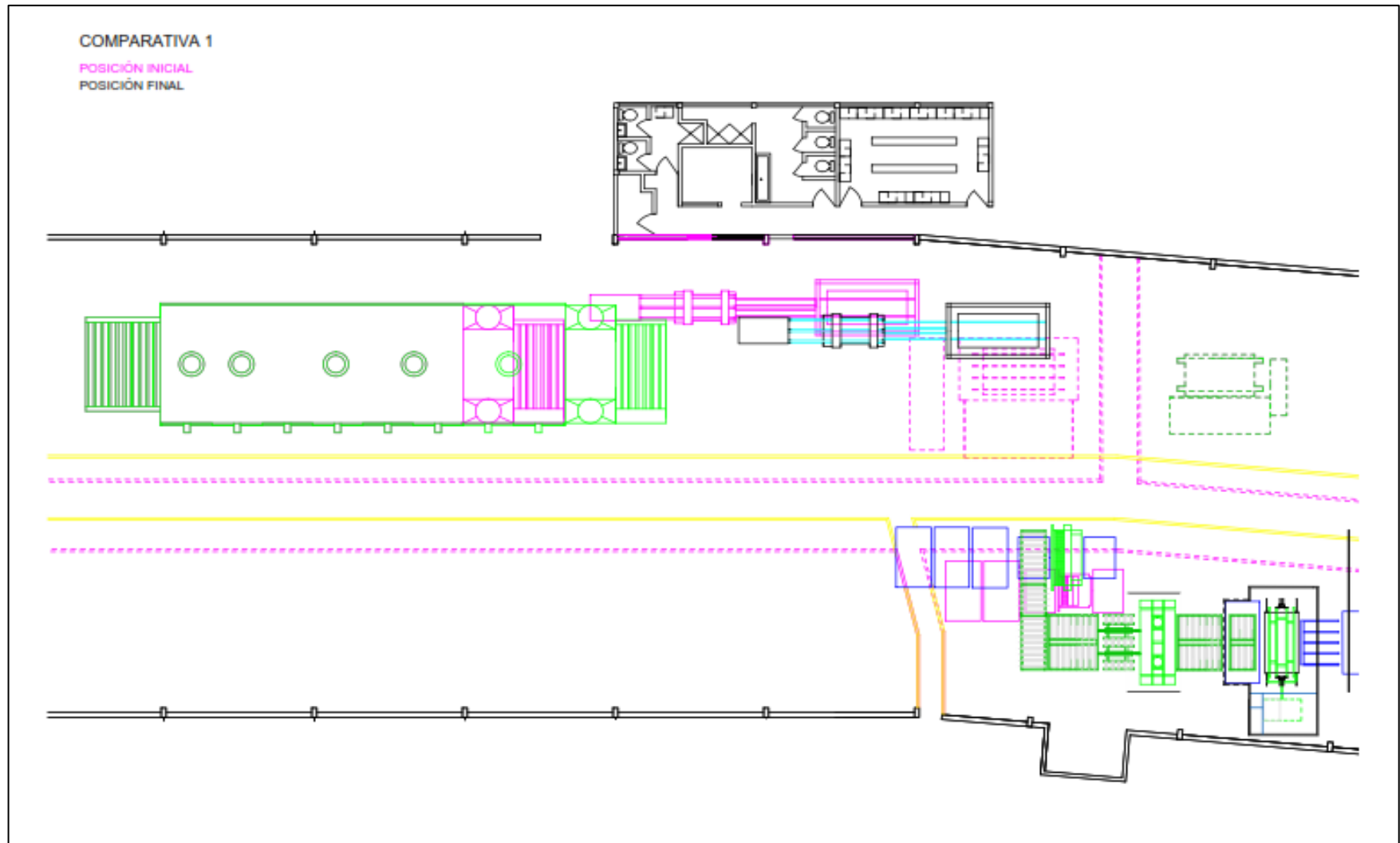


**Fig. 3.** Diagrama del Secadero de 6 Cámaras. **Fuente:** Arboriente S.A.





**Fig. 4.** Diagrama del Secadero de 8 Cámaras. **Fuente:** Arboriente S.A.



**Fig. 5.** Diagrama Comparativo Mejora 2. **Fuente:** Arboriente S.A.

## Anexo 9: Equivalencias Lumínicas entre Lámparas Led y Fluorescentes

		
BOMBILLA LED	LUMEN EQUIVALENTE	INCANDESCENTES, HALÓGENAS Y PAR
1W	70-100LM	10W
1 X 3W	180-250M	15W
3 X 1W	200-280LM	25W
4W	300-360LM	35W
5W	380-450LM	35-45W
6W	450-520LM	40W
7W	500-620LM	45W-60W
9W	700-850LM	50W-80W
10W	800-980LM	60W-70W
12W	900-1000LM	80-100W
14W	1000-1200LM	110W
15W	1100-1300LM	60W-120W
18W	1250-1500LM	140W
24W	1800-2100LM	165W
30W	2300-2750LM	200W
40W	3000-3600LM	120W-270W
45W	3500-4200LM	150W-300W
50W	4500-5000LM	250W
70W	6300-7000LM	400W
80W	6400-7200LM	500W

**Tabla 24.** Equivalencia Lumínica para Lámparas Led y Fluorescentes

**Fuente:** Llumor, 2009