



JIDeTEV
Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2021 -ISSN 2591-4219

Auditoría Energética del Proceso Productivo de un Aserradero de la Provincia de Corrientes - Argentina

Rodríguez Marcelo F ^{a *}, Mussin Vigo Marco ^b, Granada Sebastian

^a *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

^b *Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica - LIDEE, FI-UNaM*
35marcelo35@gmail.com, granadaedgardosebastian@gmail.com, marco.mussin@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta la metodología aplicada para realizar una auditoría energética, en el proceso productivo de una industria maderera. Dicha auditoría tiene por objetivo fundamental, efectuar un análisis mediante indicadores energéticos, lo que permitirá el estudio de cada proceso productivo y los factores intervinientes en el mismo; como ser: maquinarias, energías empleadas y materias primas.. Esto permitirá definir acciones de mejora a fines de disminuir el costo de producción en relación al consumo energético en todos los sectores la industrial. El método utilizado en este trabajo básicamente evalúa las instalaciones actuales en comparación con una instalación ideal con diseño innovador y que cumple con todas las reglamentaciones y normativas a nivel provincial, nacional e internacional en lo que respecta a la eficiencia energética. Vale resaltar que este trabajo se encuentra en etapa de desarrollo dentro de la Cátedra “Proyecto Electromecánico 2” de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNaM.

Palabras-Clave –Auditoría energética; sector maderero industrial; indicadores energéticos, proceso productivo.

1. Introducción

El siguiente proyecto tiene como eje fundamental el uso eficiente de la energía eléctrica y térmica en la industria maderera. La evaluación de la misma se realiza, mediante indicadores de eficiencia para ello; La *International Energie Agency* [1] establece una guía de eficiencia energética estableciendo en “Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas” en la cual clasifica a los indicadores de eficiencia según el ámbito a evaluar: sector residencial, sector servicios, sector industrial y por último sector transporte. Dentro de estos sectores vuelve a clasificar a grandes rasgos de en dos grupos cuantitativos (costo de energía, unidades producidas) y realiza otra clasificación de manera cualitativa o valor agregado al producto/proceso analizado. Un ejemplo de ello se ilustra a continuación:

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético por unidad de producto físico	Subsector	Consumo energético total del subsector	Producción física por subsector	IS2a	☺
	Tipo de proceso o producto	Consumo energético total por tipo de proceso o producto	Producción por tipo de proceso o producto	IS3a	
Consumo energético por unidad de valor añadido	Subsector	Consumo energético total del subsector	Valor añadido por subsector	IS2b	
	Tipo de proceso o producto	Consumo energético por tipo de proceso o producto	Valor añadido por tipo de proceso o producto	IS3b	

Ilustración 1. Fuente: AIE, 2015. Pag. 92

Este trabajo se limitará a plantear y analizar los distintos indicadores propuestos para una auditoría energética. Con dicho análisis proponer mejoras para esta industria.

1.1. Auditoría Energética

Para la auditoría energética se emplea la normativa UNE 216501 [2] la cual presenta una guía de los pasos para la realización de una “auditoría energética”. La misma define sus objetivos y campos de aplicación de la siguiente manera:

“Esta norma UNE establece los requisitos que debe tener una auditoría energética para que, realizada en distintos tipos de organización, pueda ser comparable y describa los puntos clave donde se puede influir para la mejora de la eficiencia energética, la promoción del ahorro energético y evitar emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta norma es aplicable a las auditorías energéticas que se realicen en cualquier tipo de organización que utilice energía en cualquiera de sus formas, independientemente de su tamaño y actividad.”

La normativa establece una metodología para realizar una auditoría energética la cual se divide principalmente en las siguientes etapas:

- a) Análisis del estado actual de la instalación.
- b) Análisis de los suministros energéticos.
 - Energía eléctrica.
 - Combustible (biomasa, diesel, renovables, etc).

- Autoproducción de energía.
- Otras fuentes de energía.
- c) Análisis del proceso de producción.
- d) Análisis de las tecnologías horizontales y servicios.
- e) Medición y recogida de datos.
- f) Realización de una contabilidad energética.
- g) Desarrollo de las mejoras.

Es importante diferenciar correctamente entre una “auditoría energética” y un “sistema de gestión energética”. La auditoría energética es uno de los ítems analizados en un sistema de gestión energética. La norma ISO 50001[3] establece los pasos a seguir para un “sistema de gestión energético”, el cual es más íntegro ya que el mismo trata de un cambio cultural en la empresa, estableciendo un sistema de mejora continua.

1.2. Normativa Nacional e Internacional

El marco normativo y legal que aplica al desarrollo de este proyecto se divide en los siguientes grupos, a saber: normativas ([3], [2]), ley de seguridad e higiene N° 19.587 referidos a los protocolos de mediciones eléctricas e iluminación requerida y normativas de carácter ambiental con sus respectivas leyes implementadas en la provincia de Corrientes y el país las cuales enumeramos:

- Ley Nacional N° 25.675 General de ambiente[4].
- Ley Provincial N° 6.002 - Decreto No 2666 . Asistencia e incentivo para certificación de normas ISO 14000 y **FSC119**. [5].
- Ley Provincial N° 5.067 - Evaluación de Impacto Ambiental [5].
- Ley Nacional N° 25.688 de Presupuestos mínimos de régimen de gestión ambiental de aguas[4].
- 1.3.4 Ley Nacional N° 25.612 de Gestión integrada de residuos industriales [4].

En este contexto, en Argentina actualmente no existen normas o leyes que traten cuestiones de eficiencia energética industriales y que sean de aplicación .Hasta la fecha, lo único que se exige en la provincia de Corrientes es que los valores del coseno fi de la instalación deben estar en valores cercanos a 0,95, ya que de lo contrario se efectúa una multa a la industria establecido en “REGLAMENTO GENERAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO” de la Dirección Provincial de Energía de Corrientes [6]

En Europa la normativa más importante al respecto es la Directiva 27/2012 [7] de Eficiencia Energética. A partir de la primera auditoría realizada, la ley obliga a las industrias de mediano y gran porte a repetir la auditoría cada 4 años (como mínimo) cubriendo al menos el 85% del consumo total de las instalaciones para mejorar su consumo y registrarla . Además, estas auditorías deberán ser realizadas por profesionales especialmente cualificados para ello. Las auditorías, tienen como requisitos dispuestos en la normativa:

Primer autor et al.: Jornadas de Investigación Desarrollo Tecnológico Extensión y Vinculación - Vol1-Año 2019-ISSN 2591-4219

- Deberán basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía y, en el caso de electricidad, de perfiles de carga siempre que se disponga de ellos.
- Abarcaran un examen pormenorizado del estado de las instalaciones mencionadas, clasificar y definir las principales normas, leyes, estándares relacionados con el tema de eficiencia energética en industrias.
- Hablar sobre cómo se clasifican los indicadores de eficiencia energética en función de las categorías definidas por la normativa.

2. Proceso Productivo de la Empresa Estudiada

2.1. Materia Prima y Producto Principal

La materia prima procesada en la planta es comprada de un único proveedor llamado “Bosques del Plata” [8]. Los rollos son de la variedad *Pinus taeda* de origen: Marion y Livingston, *Pinus elliottii* y *Pinus elliottii* var. *Elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. La mayoría de la materia prima es de la variedad *taeda* y *elliottii*. La Tabla N° 1 presenta el relevamiento realizado en planta donde se especifican las toneladas de materia prima para determinados meses del año 2020 y 2021

Tabla N°1. Toneladas de troncos

Nov 20	Dic 20	Ene 21	Feb 21	Mar 21	Abril 21	Mayo 21	Promedio
4783 tn	3590 tn	4383 tn	4867 tn	5131 tn	5340 tn	4775 tn	4695 tn

En el relevamiento la empresa facilitó como dato la producción de tablas cepilladas: 40.000 pie², producción mensual: 900.000 pie², finger: 50.000 pie², machimbre: 15.000 m². También facilitaron los datos de aprovechamiento de la materia prima se determina en un 50% el desperdicio se divide en 30% chip, 12% aserrín y el restante 8% en corteza.

2.2. Instalaciones de la Empresa

Para el análisis del proceso productivo se dividió a la planta industrial maderera en 4 sectores:

1. Administración / Oficinas técnicas
2. Aserradero
3. Re manufactura / Secadero
4. Planta de vapor (Caldera)

Ilustrados en la siguiente imagen:



Ilustración 2. Vista Aérea de la planta industrial

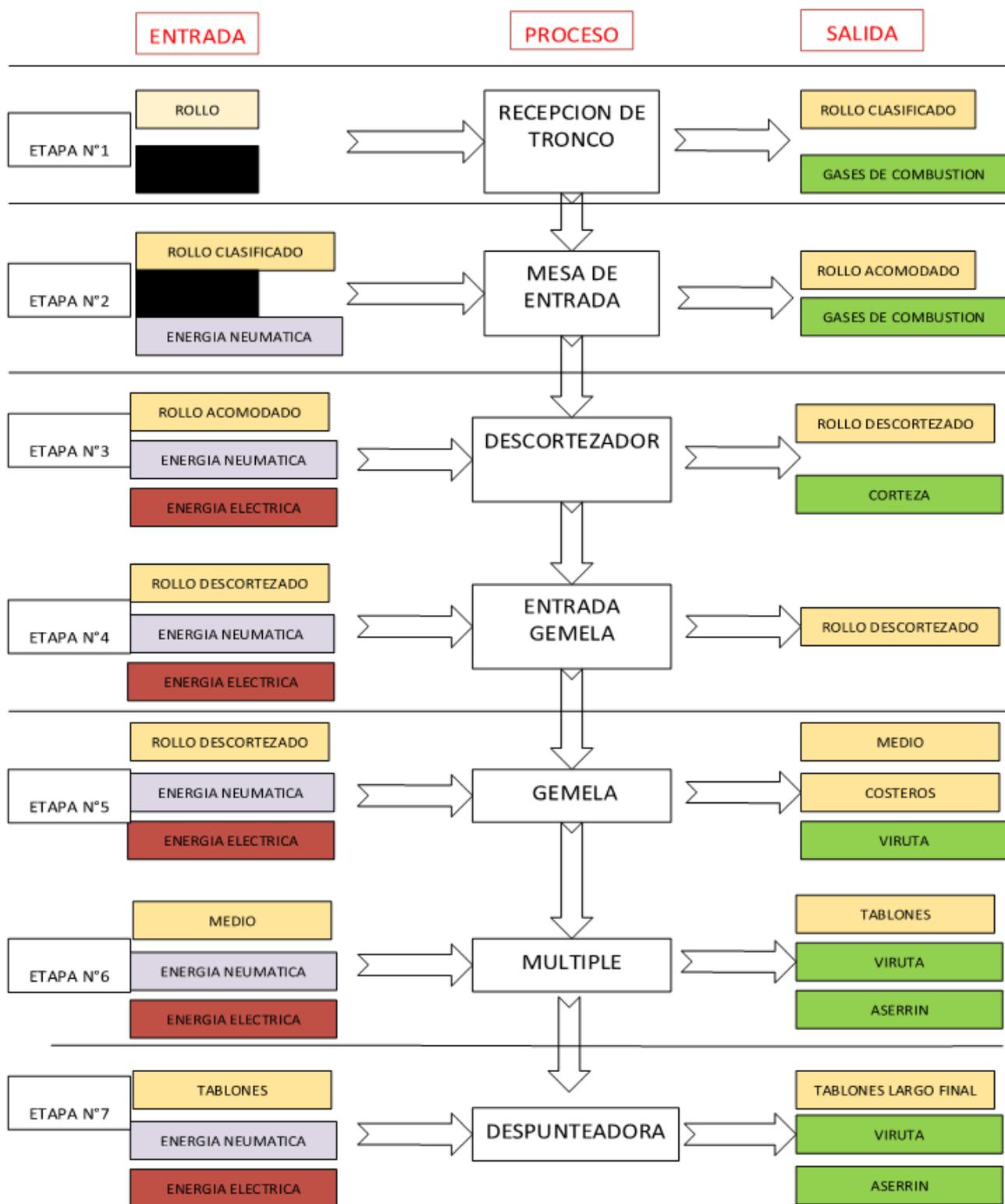
2.3. La planta industrial utilizada como estudio de caso en este proyecto es una industria maderera que elabora tablas, tirantes y machimbres de Pino Elliotis. La misma está ubicada en el Km 683 de la Ruta Nacional N° 14, cercano a la ciudad de Santo Tomé, Corrientes. La estratégica ubicación permite recibir materia prima de la extensa cuenca forestal del noroeste de la provincia de Corrientes. En el mismo predio de la planta industrial se encuentra la oficina administrativa, lo cual asegura una estrecha vinculación con los diversos proveedores y tareas de la empresa. La industria cuenta con más de 3.500 m² cubiertos albergando todas las maquinarias, instalaciones y equipos para las distintas etapas del proceso productivo. *Estructura y Organización*

La empresa cuenta con aproximadamente 40 empleados, la mayoría de los cuales trabaja en el sector de aserradero y manufactura con el manipuleo de maderas. Los horarios de trabajo son de lunes a viernes de 6:00-12:00 horas y de 14:00-18:00 horas, y los días sábados de 8:00 - 12:30 horas.

La organización de la empresa está constituida básicamente en una estructura vertical con el dueño de la empresa a la cabeza, el cual está a cargo de la dirección general del aserradero. Seguidamente en el organigrama general se encuentran el encargado de producción y el encargado de proyecto/desarrollo .

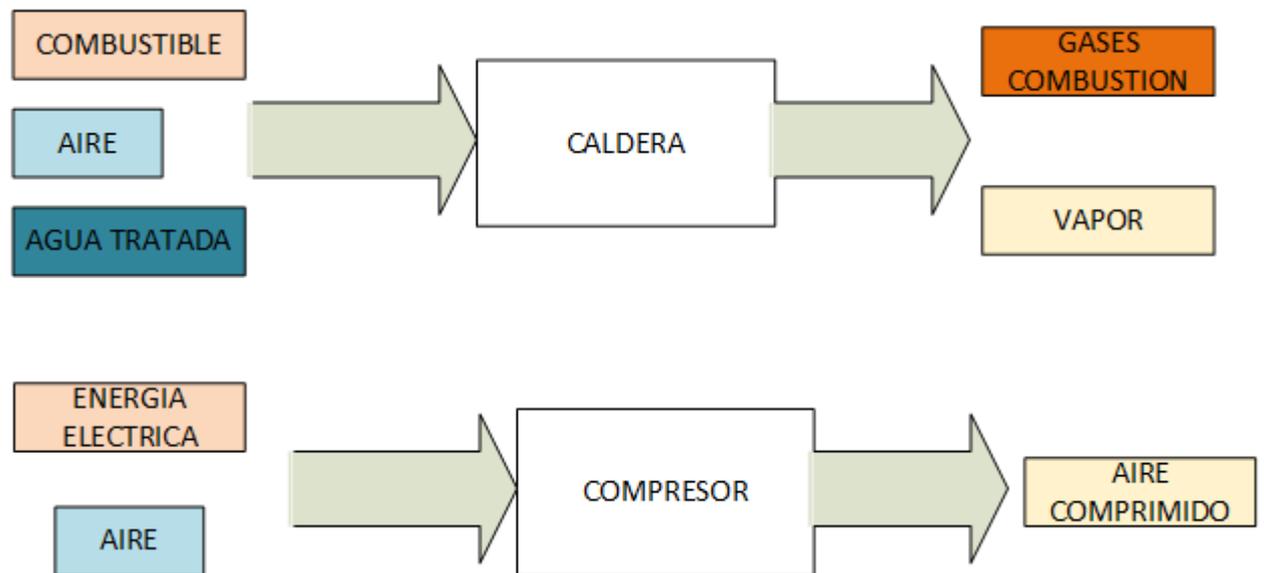
2.3.1. *Proceso Productivo*

En el siguiente mapa de procesos presenta de manera resumida la relación entre las actividades que participan en la transformación de la madera en el producto final. Se puede observar que se definen en el mismo, las actividades involucradas con sus entradas y salidas como así también los residuos generados en cada etapa.



2.3.2. Procesos de Apoyo

A continuación se presenta un mapa de todos los procesos de apoyo de la planta (aire comprimido, caldera).



2.4. Residuos Generados

Del total del tronco a procesar se tiene un 50% de desperdicio, el cual se descompone de la siguiente manera: 30% chip, 12% aserrín y 8% corteza. El uso que se le da generalmente a cada uno de estos productos secundarios es el siguiente:

Chip:

Uso industrial:

- Se usa para la elaboración de pasta celulosa para confeccionar cualquier tipo de papel.
- Como combustible para generar energía eléctrica.
- Fabricación de tableros.
- Para alimentar calderas, por ejemplo para el secado de granos.
- Para secado de yerba mate.

Decoración:

- Decoración de jardines, relleno de macetas, senderos y caminos.
- Colocar alrededor de árboles reduce la posibilidad de daños por desmalezadoras.
- Evita la erosión del suelo.

Corteza

- Como combustible: se emplea de manera reducida ya que posee un alto grado de cenizas, alcanzando hasta un 5 %.
- Como abono: La corteza de madera constituye una buena materia prima para la producción de fertilizantes orgánicos. La transformación de la corteza en fertilizante es el método más limpio para su utilización. Ante el déficit agudo de masa orgánica para la producción de fertilizantes, es necesario mirar la corteza como un recurso potencial.

Aserrín

El aserrín de madera es el conjunto de partículas que se desprenden en el aserrado de la misma.

- Este producto es utilizado en camas de animales y como complemento en los tableros de partículas (en una proporción siempre inferior al 30%).

- El aserrín puede ser utilizado para la fabricación de productos utilizados como combustibles, como son los pellets de madera. Los pellets se fabrican mediante prensado de aserrín donde la propia lignina hace de aglomerante. No se necesita pegamento ni ninguna otra sustancia más que la misma madera.

3. Materiales y Métodos

3.1. Análisis Energético de la Empresa

La empresa básicamente adquiere o contrata dos tipos de energías, una de las cuales es la energía eléctrica la cual es empleada, entre otras cosas, en: motores eléctricos cuyo uso final son los equipamientos del aserradero, ventiladores, compresores, cintas transportadoras.

Por otro lado, la empresa también realiza la compra de combustible Diesel el cual se emplea principalmente en las máquinas forestales/viales, una de ellas destinada a la carga de tronco en la mesa de entrada del aserradero. Otra máquina forestal tipo pala se encarga de transportar el combustible a la caldera (mezcla de chip, aserrín y viruta). Otras maquinarias que emplean dicho combustible en la instalación son los sampi encargados de mover los tirantes empallados tanto al sector de manufactura como a las cámaras de secado. Por último, la empresa cuenta con dos camiones propios que transportan tanto los troncos (materia prima), como los productos de manufacturas.

3.1.1. Consumo de Energía Eléctrica

La energía eléctrica se realiza mediante la compra directa a la prestadora DPEC (Dirección Provincial de Energía de Corrientes), la cual suministra energía a la instalación mediante una línea de 13,2 KV. La instalación tiene una acometida interna hacia un transformador de 1 MVA (50 Hz, 13.2/380V, grupo de conexión X), el cual suministra energía eléctrica a toda la planta en un nivel de tensión de 380 V.

La contratación de la energía es bajo el régimen tarifario de grandes demandantes 300kW, cuyo convenio de demanda máxima es de 400 kW. Se presenta el relevamiento realizado sobre consumos eléctricos. Agrupados en conjunto de motores. Y se calcula el consumo mensual de cada uno de estos conjuntos. Finalmente en la tabla se obtiene el valor ponderado de cada conjunto es decir cuánto es el consumo que tiene este conjunto sobre el total. Obteniendo la siguiente tabla:

Tabla N°2. Consumo de energía aserradero.

ASERRADERO	kW proceso	Horas/mes	Consumo de la Operación Kwh/mes	% de consumo eléctrico
mesa de entrada	7,45	192	1432	1,18
descortezadora	55,18	192	10595	8,72
entrada gemela	4,84	192	931	0,77

línea principal gemela	123,41	192	23695	19,51
línea secundaria izquierda	81,65	192	16107	13,26
línea secundaria derecha	81,65	192	16107	13,26
línea principal múltiple	187,54	192	36008	29,64
línea final	13,79	192	2649	2,18
residuos	68,97	192	13244	10,90
compresor	14,91	192	716	0,59
Total			106984	100

3.1.2. Consumo de Energía Calórica

Para determinar la energía térmica necesaria para el proceso de secado de la madera, primeramente, se debe identificar y calcular los requerimientos térmicos de toda la industria. Para calcularlo se debe separar el proceso en dos etapas, ya que una etapa corresponde al período de calentamiento inicial de la cámara de secado, y la otra al período de operación. Para ello se deben considerar los siguientes requerimientos:

1) Fase de calentamiento inicial de la cámara de secado

- Calor necesario para elevar la temperatura de la carga desde temperatura ambiente hasta temperatura de operación..
- Calor necesario para elevar la temperatura de la estructura desde temperatura ambiente hasta temperatura de operación.
- Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara desde temperatura ambiente hasta temperatura de operación.
- Calor necesario para evaporar el agua de la madera.
- Calor necesario para compensar pérdidas a través de las paredes.
- Calor necesario para compensar pérdidas a través de ventilas.

Fase de operación de la cámara de secado

- Calor necesario para evaporar el agua de la madera.
- Calor necesario para compensar pérdidas a través de las paredes.
- Calor necesario para compensar pérdidas a través de ventilas.

En la fase inicial de calentamiento, se necesita elevar la temperatura en el interior de la cámara de secado a la temperatura ideal de operación, iniciando así el proceso de secado. Algunos de los requerimientos térmicos de la fase de calentamiento como la de operación son igual, pero la diferencia radica en el tiempo y a su vez en la energía utilizada. El calor para evaporar el agua de la madera, debe ser calculado en las dos fases, debido a que, en la fase de calentamiento, la madera pierde una cantidad de humedad siendo un pequeño porcentaje comparado con la fase de operación.

TABLA N°3 Consumo de vapor de cámaras

Operación	Máquina	Horas/mes	Vol de cámara (m ³)	Consumo Vapor año (tn/mes)	Porcentaje Relativo (%)
Secado	Cámara 1	720	50	682.74	17,24
	Cámara 2	720	60	828,93	20,68
	Cámara 3	720	70	955.54	24,13
	Cámara 4	720	110	1502.03	37,93
Total del Proceso Productivo				Total	100%

La caldera instalada en planta es del tipo híbrida (acuo humo tubular), y opera a una presión de 10 bar, con capacidad de producción máxima de 11 tn/h de vapor. Actualmente el consumo máximo de vapor en toda la planta es de 5,5 tn/h lo cual nos da una idea de la capacidad disponible con la que todavía cuenta la caldera.

Para atender una demanda de 5,5 tn/h de producción de vapor se necesitará una energía de:

$$Q = \dot{m} * \Delta h = 5500 \frac{kg}{h} * 634 \frac{kcal}{kg} = 3492 \frac{kcal}{h}$$

Donde m es la masa de vapor y Δh es la entalpía necesaria para evaporar el agua. Para determinar la masa de combustible dividimos el calor necesario el poder calorífico 4.557 kcal/kg, para el pino.

Teniendo de esta manera el valor teórico de la cantidad de combustible de 0,76 kg/h de combustible.

3.1.3. Emisión de CO2

El cálculo de CO2 emitido por el consumo de energía eléctrica en el proceso productivo de la industria maderera en estudio, constituye un parámetro ambiental de importancia. Este parámetro establece el punto de referencia, para 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 la Argentina son aplicables factores de emisión de 0,514 Ton CO2/MWh eléctrico (Ministerio de Energía y Minería Presidencia de la Nación)[9] y de 2,35 Ton CO2/MWh para combustibles maderables (Ministerio de Ecología y cambio Climático presidencia de la Nación)[10].

4. Cálculo de Indicadores Energéticos

4.1. Definición de Indicadores Energéticos

Para las industrias, el establecimiento de indicadores correctos tiene una importancia fundamental, ya que con ellos podemos mejorar la eficiencia energética y así reducir el consumo de energía, reduciendo el costo de la energía y aumentando la competitividad, lo que se traduce en mayor rentabilidad de la industria.

En la siguiente tabla se listan los indicadores que se proponen aplicar para el análisis de eficiencia energética de la planta.

TABLA N°4 Indicadores de eficiencia

	INDICADORES
1	Consumo eléctrico por unidad de superficie (total / parcial)
2	Consumo eléctrico por unidad de producto
3	Consumo de vapor por unidad de producto
4	Cos ϕ / armónicos e interarmónicos
5	Corrientes picos / corrientes nominales
6	Consumo de vapor por etapa de secado
7	Productos finales / desperdicios
8	Costo de electricidad por unidad de producto
9	Consumo eléctrico por metro lineal de producto producido
10	Consumo eléctrico por número de personal.

A partir de la tabla anterior se puede inferir en la cantidad de indicadores que se pueden definir para este tipo de industria. Se presenta a continuación el método de cálculo de los indicadores evaluados hasta el momento en este proyecto, considerando que el mismo se encuentra en etapa de desarrollo.

a) Consumo eléctrico por unidad de producto

Con los datos presentados se puede proceder a agrupar en conjunto de motores en grupos. Y calcular el consumo mensual de cada uno de estos conjuntos. Finalmente en la tabla se obtiene el valor ponderado de cada conjunto es decir cuánto es el consumo que tiene este conjunto sobre el total de la TABLA N°2. Con ello, se establece el indicador de eficiencia de consumo de kWh en función de la producción de tablas que se generan en el aserradero, este indicador nos da una comparativa de la energía invertida para generar una unidad productiva. **Producción de tabla cepillado: 40.000 p².**

$$\frac{\text{produccion}}{\text{consumo energetico}} =$$

TABLA N°5 Consumo eléctrico por unidad de producto

ASERRADERO	kW proceso	Kwh	%	U/CU productiva
mesa de entrada	7,45	1432	1,18	2793,79
descortezadora	55,18	10595	8,72	377,53
entrada gemela	4,84	931	0,77	4298,14
línea principal gemela	123,41	23695	19,51	168,80
línea secundaria izquierda	81,65	16107	13,26	248,33
línea secundaria derecha	81,65	16107	13,26	248,33
línea principal gemela	187,54	36008	29,64	111,08
línea final	13,79	2649	2,18	1510,15
residuos	68,97	13244	10,90	302,03
compresor	14,91	716	0,59	5587,59

b) Metros cúbicos de combustible diesel por energía empleada

En la industria analizada el combustible, una mezcla de Chip, viruta y aserrín. En proporción de 1; 2; 1. La misma es manipulada mediante cargadoras la cual tiene el siguiente consumo:

TABLA N°6 Consumo de diesel

Meses	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Litro gasoil	680	608	690	655	600	800

La misma maquinaria realiza de 24 a 26 cargas diariamente al contenedor de combustible cuya capacidad es de 3m³. Con lo cual se tiene un movimiento de combustible de:

$$\text{movimiento de combustible: } 25 \text{ cargas} * 3 \text{ m}^3 = 75 \text{ m}^3$$

Del catálogo de YPF diésel 500 se obtiene el poder calorífico de dicho combustible calor de combustible 43960 kJ/kg y densidad de 0,8 kg/m³:

Con lo que podemos determinar el poder calorífico (energía empleado por mes):

TABLA N°7 Energía diesel empleada

Meses	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Litro gasoil	680	608	690	655	600	800
Energía empleada (Kwh/mes)	7224093	6459189	7330330	6958501	6374200	8498933
Promedio (kwh/mes)	7140874					

De esta manera se determina el indicador de eficiencia, m³ de combustible vs la energía empleada para el movimiento de combustible.

$$\text{eficiencia mov combustible: } \frac{m^3 \text{ de combustible}}{kwh \text{ de energía consumida}}$$

Con lo que se calcula el indicador actual:

$$\text{eficiencia mov combustible: } \frac{2250 m^3}{7140874 kwh} = 3,15e - 4 \frac{m^3}{kwh}$$

4.2. Costos Energéticos

Para el caso de estudio la industria en cuestión se encontraba dentro de la clasificación de Tarifa 2: Demanda máxima igual o superior de 10 kW e inferior a 50 kW (DEPEC). Sin embargo, a partir del mes de mayo pasó a formar parte de los usuarios con Tarifa 3: Demanda máxima igual o superior a 50 kW. El costo de la energía relevado directamente de la boleta de energía es de 6,20 \$/kWh. En la Tabla 8, se presenta el consumo por iluminación.

TABLA N°8 Consumo eléctrico por iluminación

CONSUMO ELÉCTRICO POR ILUMINACIÓN							
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			
Led Galponera	50	5	288	14,3	4118,4	1,03	13,73
Vapor de Sodio	250	5	288	14,3	4118,4	5,15	68,68
Tubo Fluorescente	40	8	288	14,3	4118,4	1,32	17,58
Total					12355,2	7,50	100

Ahora se definirá el costo de la generación 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 los secaderos.

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.

TABLA N°9 Tabla de consumo de vapor

Demanda de Vapor por Maquinaria							
Máquina	Consumo de vapor (kg/h)	N° de Unidades	Régimen de Trabajo			Consumo de Energía (kg/año)	Porcentaje Relativo (%)
			Días al año	Horas al Día	Horas al año		
Secadero Benecke	5000	1 otra en construcción	358	24	8592	42960000	78,7
Secadero Frontal	450	3	358	24	8592	11599200	21,3
						54559200	100

Para los costos de energía calórica se toma el valor de mercado de una tonelada de residuos maderables (referencia internacional: 25 USD/Tonelada).

5. Acciones de Mejora Propuestas

5.1. Mejora N°1

La primera propuesta de mejora es optimizar el sistema de carga/almacenamiento de combustible de la caldera. Para ello se plantean dos posibles sistemas de carga automática. El primero consiste en un sistema de cintas transportadoras, que llevarían desde los puntos de recolección de residuos hasta el silo de alimentación de la caldera. Otra alternativa a este sistema sería del soplado de los residuos mediante cañerías. Estas propuestas se encuentran en análisis técnico económico.

5.2. Mejora N°2

Esta propuesta de mejora está relacionada con la optimización del proceso de secado en el cual se avanzan, en dos premisas. La primera es disminuir los tiempos de secado actuales (de hasta 90 horas) reencausando el flujo de aire caliente dentro de la cámara, lo que disminuiría el flujo de aire que se pierde por las rendijas del recinto, concentrando de esta manera el flujo de aire caliente al interior de

la cámara. La segunda premisa es reducir el consumo de energía eléctrica y térmica, para lo cual, se plantea la implementación de variadores de frecuencia en los motores de los ventiladores (lo que reduciría el consumo eléctrico). Las pérdidas térmicas se reducirían mediante la implementación de material aislante en los conductos de vapor y reparación de los mismos

5.3. Mejora N°3

Rediseño de la instalación eléctrica industrial, en donde se proyectará una instalación con mayor eficiencia utilizando motores de alta eficiencia y arranques con variadores de frecuencia. Además, esta etapa de mejora incluye un rediseño y estudio de la instalación lumínica de toda la planta, contemplando puntos de distribución de carga con respecto a la acometida e instalación de analizadores instantáneos de energías para saber el estado actual de la instalación eléctrica contemplando armónicos e Interarmónicos.

6. Conclusiones

Finalmente se describieron, los puntos a seguir para analizar la eficiencia energética en una industria maderera, a través de una auditoría energética, la cual se encuentra plasmada en indicadores de eficiencia. Con lo cual nos permite darle una calificación o valor, a la instalación y a sus procesos productivos actuales. De esta manera podemos enfocarnos en acciones de mejoras para cada indicador y ver cómo estos influyen, o mejor dicho qué relevancia tendrán dichas mejoras, en cada indicador de eficiencia.

Vale recalcar que lo presentado en este trabajo son avances del proyecto planteado para la cátedra “Proyecto electromecánico 2” por lo tanto la misma sigue en etapa de desarrollo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo de la Agencia Nacional de Investigaciones. Este proyecto fue financiado por la ANPCyT. Los autores agradecen a Samuel Jackson por la colaboración prestada en la preparación de este artículo.

Referencias

- [1] Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. OCDE/AIE, 2015. International Energie Agency. 9 rue de la Fédération. 75739 Paris Cedex 15, France.
- [2] Auditoría energética, UNE 216501, Madrid, 2009.
- [3] Energy Management Systems, Norma ISO 50001, publicada en junio de 2011.
- [4] Leyes nacionales: <http://www.infoleg.gob.ar/>
- [5] Leyes provincia de Corrientes: <http://www.senadoctes.gov.ar/legisprovincial.htm>
- [6] REGLAMENTO GENERAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Aprobado por Resolución de Intervención N°568/00 y Modificatorias N° 620/01, 623/01, 020/02 y 694/03 Publicación en el Boletín Oficial de la Provincia de Corrientes: 30/10/2003.

[7] DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012.

[8] <https://bosquesdelplata.com.ar/>

[9] Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica.
<https://www.minem.gob.ar/www/830/25597/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>

[10] Informe del estado del ambiente Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Presidencia de la Nación 2017.
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/completo-compressed.pdf>