



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**“ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGETICO
APLICADO AL PROCESO DE SECADO DE MADERA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

AUTOR:

Jonathan Ronny Solis Toscano

TUTOR:

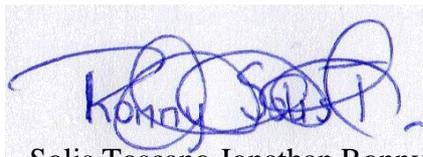
Ing. William Armando Hidalgo Osorio, M. Sc.

**LA MANÁ-ECUADOR
FEBRERO-2020**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Solis Toscano Jonathan Ronny declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADOS AL PROCESO DE SECADO DE MADERA”, siendo el Ing. William Armando Hidalgo Osorio, M. Sc. tutor de la presente investigación; y eximio expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, declaro que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

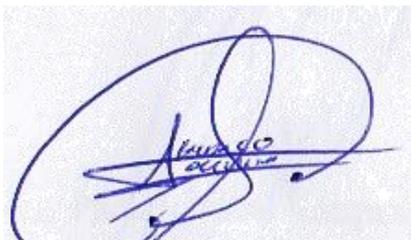


Solis Toscano Jonathan Ronny
C.I: 1206475111

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título “ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADOS AL PROCESO DE SECADO DE MADERA”, de Solis Toscano Jonathan Ronny, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Marzo 2020



Ing. William Armando Hidalgo Osorio, M. Sc.

C.I.: 0502657885

TUTOR

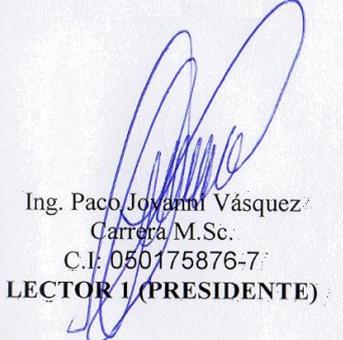
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Solis Toscano Jonathan Ronny con el título de Proyecto de Investigación “ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADOS AL PROCESO DE SECADO DE MADERA”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de proyecto.

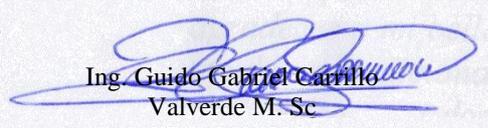
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, Marzo 2020

Para constancia firman:


Ing. Paco Joaquin Vásquez
Carrera M.Sc.
C.I.: 050175876-7
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ph.D. Marioxy Morales Torres
C.I.: 1757728926
LECTOR 2


Ing. Guido Gabriel Carrillo
Valverde M. Sc
C.I.: 0604243303
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme sabiduría en este cambio positivo en mi vida. También quiero agradecer a mi bella tía Letty Toscano que sin su ayuda incondicional no había podido lograrlo. Agradezco a mi docente tutor por la paciencia y capacidad de entenderme que me tuvo siempre.

Gracias de todo corazón.

Jonathan

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Investigación se la dedico principalmente a Dios por darme salud y vida en todo este proceso. También a mi madre hermosa Vitalia y mi padre Marco que siempre tuvieron fe y esperanza en mí A mí querida esposa Angie y mí amada hija Sophie que fueron un eje fundamental para lograr esta meta gracias a su apoyo incondicional y paciencia que nunca faltó en ellas. A todos mis demás familiares y amigos que me brindaron su apoyo.

Este proyecto va para ustedes.

Jonathan

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	vi
Índice de tablas	ix
Índices de figuras.....	x
Índice de gráficos.....	xi
Índice de anexos	xiv
Resumen	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
6. OBJETIVOS.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1. Energía eléctrica	6
8.2. Auditorías energéticas	7
8.3. Ahorro energético	7
8.4. Eficiencia energética.....	8
8.5. Gestión de la energía	10
8.6. Desarrollo energético sostenible.....	11
8.7. Arrancadores suaves	12

8.8. Registrador trifásico de calidad eléctrica ECA-300.....	13
8.9. Cortado y secado de madera	14
8.9.1. Cortado de madera	14
8.9.2. Secado de madera.....	15
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	16
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
10.1. Localización de la empresa	17
10.2. Descripción de los procesos	17
10.3. Descripción del sistema de alimentación de energía.....	18
10.4. Cálculo del consumo y ahorro energético	19
10.5. Descripción del método y la técnica implementada.....	20
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	20
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	44
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	45
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
15. BIBLIOGRAFÍA	48
16. ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

1. Descripción de los equipos del proceso de cortado	18
2. Descripción de los equipos del proceso de secado	18
3. Características del transformador de la empresa	19
4. Presupuesto del Proyecto de Investigación	45

ÍNDICES DE FIGURAS

1. Conexiones, Ajustes e Indicaciones SSW-07 y SSW-0	12
2. Analizador de carga ECAMEC-300	14
3. Cortadora de madera de madera industrial del router, de C y de C del CNC de 1300x 2500mm.....	15
4. Horno para secado de madera PREMAC	16
5. Etapas del proceso de cortado de madera.....	17
6. Etapas del proceso de secado de madera	18

ÍNDICES DE GRÁFICOS

1. Gráfica de voltaje de línea (V) en el proceso de cortado de madera.....	21
2. Gráfica de corriente en el proceso de cortado de madera.....	21
3. Gráfica de potencia total (kW) en el proceso de cortado de madera.....	22
4. Gráfica de potencia reactiva (VAR/DÍA) en el proceso de cortado de madera	22
5. Gráfica de potencia aparente total en el proceso de cortado de madera.....	23
6. Gráfica de factor de potencia en el proceso de cortado de madera	23
7. Gráfica de promedio armónico en los voltajes 1, 2 y 3 del proceso de cortado de madera 24	
8. Gráfica del desbalance de secuencia negativa en el proceso de cortado de madera	24
9. Voltaje máximo del transformador en el proceso de secado de madera	25
10. Corriente máxima del proceso de secado de madera.....	26
11. Gráfica de potencia total (kW) en el proceso de secado de madera.....	26
12. Gráfica de potencia reactiva (VAR/día) en el proceso de secado de madera.....	27
13. Gráfica de potencia aparente total (kVA) en el proceso de secado de madera	27
14. Gráfica de factor de potencia en el proceso de secado de madera	28
15. Gráfica de promedio armónico en los voltajes 1, 2 y 3 del proceso de secado de madera 28	
16. Gráfica del desbalance de secuencia negativa en el proceso de secado de madera.....	29
17. Comparación del voltaje (V) en la fase 1 entre los procesos de cortado y secado de madera	30
18. Comparación del voltaje (V) en la fase 2 entre los procesos de cortado y secado de madera	30
19. Comparación del voltaje (V) en la fase 3 entre los procesos de cortado y secado de madera	31
20. Comparación del voltaje (V) en la fase 1-2 entre los procesos de cortado y secado de madera	31

21. Comparación del voltaje (V) en la fase 2-3 entre los procesos de cortado y secado de madera	32
22. Comparación del voltaje (V) en la fase 3-1 entre los procesos de cortado y secado de madera	32
23. Comparación de la corriente (A) en la fase 1 entre los procesos de cortado y secado de madera.	33
24. Comparación de la corriente (A) en la fase 2 entre los procesos de cortado y secado de madera.	33
25. Comparación de la corriente (A) en la fase 3 entre los procesos de cortado y secado de madera.	34
26. Comparación del promedio de la potencia total (KW) entre los procesos de cortado y secado de madera.....	34
27. Comparación de la potencia reactiva (VAR/día) entre los procesos de cortado y secado de madera.	35
28. Comparación del promedio de la potencia aparente total (kVA) entre los procesos de cortado y secado de madera.....	35
29. Comparación del promedio del factor de potencia total entre los procesos de cortado y secado de madera.....	36
30. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.....	36
31. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.....	37
32. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.....	37
33. Comparación del desbalance de secuencia negativa entre los procesos de cortado y secado de madera.....	38
34. Comparación de la corriente (A) de la fase 1 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves	39
35. Comparación de la corriente (A) de la fase 2 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves	39
36. Comparación de la corriente (A) de la fase 3 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves	40

37. Comparación del promedio de la potencia total (KW) en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	40
38. Comparación de la potencia reactiva (VAR/día) entre los procesos en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	41
39. Comparación del promedio de la potencia aparente total (kVA) en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	41
40. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 1 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	42
41. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 2 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	42
42. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 3 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	43
43. Comparación del desbalance de secuencia negativa en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.	43
44. Valores promedio de ahorro energético del antes y después de la instalación de los arrancadores suaves en el proceso de secado de madera.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Valores promedio de ahorro energético del antes y después de la instalación de los arrancadores suaves	51
2. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de noviembre del 2019 en el proceso de cortado	52
3. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de diciembre del 2019 en el proceso de cortado	53
4. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de enero 2020 en el proceso de cortado	54
5. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de noviembre del 2019 en el proceso de secado	55
6. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de diciembre del 2019 en el proceso de secado	56
7. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de enero del 2020 en el proceso de secado.....	57
8. Especificaciones técnicas del analizador de carga ECA-300	58
9. Especificaciones técnicas de la cortadora de madera SAILFAR F1325X	59
10. Especificaciones de potencia asignada de los arrancadores suaves	59
11. Instalación del analizador de carga.....	60
12. Prueba de funcionamiento del analizador de carga	60
13. Toma de lectura con el analizador de carga	60
14. Instalación de los arrancadores suaves	60
15. Verificación de los arrancadores suaves instalados.....	60
16. Prueba de funcionamiento	60

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

RESUMEN

TEMA: “ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADOS AL PROCESO DE SECADO DE MADERA”

Autor: Solis Toscano Jonathan Ronny

La presente investigación tuvo como objetivo establecer métodos y técnicas de ahorro energético aplicados al proceso de secado de madera. Para ello se realizó un registro de datos con un analizador de carga durante 3 días en el área de cortado y secado de la empresa BALSARIVER CIA. LTDA., ubicada en el km 2.5 de la vía Quevedo – Valencia. Se seleccionó como alternativas de solución, la instalación de arrancadores suaves en el área de secado como técnica, ya que en este se consume mayor nivel de energía y como método el encendido gradual de los equipos para alargar la vida útil de los motores. Los resultados demuestran que el consumo de energía promedio en el proceso de cortado de madera es de 75.98 kWh/día, mientras que en el proceso de secado es de 116.64 kWh/día, representando un costo total de \$ 843.38 y \$ 1294.66 al mes por consumo de energía, considerando 30 días de labores. El proceso de secado es la etapa del proceso productivo de la empresa que representa mayor consumo energético, puesto que se requiere de una mayor cantidad de horas de trabajo para lograr que la madera alcance el nivel de humedad óptimo para su procesamiento. La instalación de arrancadores suaves representa un ahorro sustancial del consumo de energía eléctrica en el proceso de secado de madera, puesto que estos ajustan la tensión de manera que la corriente necesaria sea estable y sin picos provocados por arranques repetitivos. Es por ello que se recomienda promover el uso de arrancadores suaves en ambos procesos de la empresa ya que produce un ahorro energético, lo que a la vez supone un ahorro en términos económicos.

Palabras claves: ahorro energético, arrancadores suaves, cortado y secado de madera.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

ABSTRACT

Theme: "ESTABLISHMENT OF ENERGY SAVING METHODS AND TECHNIQUES APPLIED TO THE WOOD DRYING PROCESS"

Author: Solis Toscano Jonathan Ronny

The purpose of this research was to establish energy saving methods and techniques applied to the wood drying process. For this, a data recording was carried out with a charge analyzer during 3 days in the cutting and drying area at the company BALSARIVER CIA. LTDA., which is located on km 2.5 Quevedo - Valencia highway. As an alternative of solution, the installation of soft starters in the drying area was carried out, since the area consumes a higher level of energy. The results show that the average energy consumption in the wood cutting process is 75.98 kWh/day, while the drying process is 116.64 kWh/day, so representing a total cost of \$ 843.38 and \$ 1294.66 of energy consumption per month, considering 30 days of work. The drying process is the stage of the production process of the company that represents the highest energy consumption, because it requires a greater amount of work hours to achieve that wood reaches the optimum humidity level for its processing. The installation of soft starters represents a substantial saving of electric energy consumption in the wood drying process due to starters adjust the voltage and the necessary current in order to get stability and avoid variation of energy caused by repetitive starts. That is why it is recommended to promote the use of soft starters in both processes of the company just because they produce energy savings and economic savings at the same time.

Keywords: energy saving, soft starters, wood cutting and drying.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS Y TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO APLICADOS AL PROCESO DE SECADO DE MADERA

Fecha de inicio: Octubre 2019

Fecha de finalización: Marzo 2020

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus La Maná

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de Investigación vinculado:

Evaluación del nivel de gestión total y eficiente de la energía en la Pasteurizadora El Alba.

Equipo de trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. William Armando Hidalgo Osorio, M. Sc.

Cédula: 0502657885

Correo: william.hidalgo7885@utc.edu.ec

Teléfono: 0980209857

Estudiante:

Apellidos y Nombres: Jonathan Ronny Solis Toscano

Cédula: 1206475111

Correo: sjonathan-1996@hotmail.com

Teléfono: 099 398 0611

Área de Conocimiento:

UNESCO: Ingeniería, Industria y construcción.

Línea de Investigación:

Automatización, control y protecciones para sistemas electromecánicos.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Mantenimiento industrial.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La presente investigación tuvo como objetivo establecer métodos y técnicas de ahorro energético aplicados al proceso de secado de madera. Para ello se realizó un registro de datos con un analizador de carga durante 3 días en el área de cortado y secado de la empresa BALSARIVER CIA. LTDA., ubicada en el km 2.5 de la vía Quevedo – Valencia. Se seleccionó como alternativas de solución, la instalación de arrancadores suaves en el área de secado como técnica, ya que en este se consume mayor nivel de energía y como método el encendido gradual de los equipos para alargar la vida útil de los motores. Los resultados demuestran que el consumo de energía promedio en el proceso de cortado de madera es de 75.98 kWh/día, mientras que en el proceso de secado es de 116.64 kWh/día, representando un costo total de \$ 843.38 y \$ 1294.66 al mes por consumo de energía, considerando 30 días de labores. El proceso de secado es la etapa del proceso productivo de la empresa que representa mayor consumo energético, puesto que se requiere de una mayor cantidad de horas de trabajo para lograr que la madera alcance el nivel de humedad óptimo para su procesamiento. La instalación de arrancadores suaves representa un ahorro sustancial del consumo de energía eléctrica en el proceso de secado de madera, puesto que estos ajustan la tensión de manera que la corriente necesaria sea estable y sin picos provocados por arranques repetitivos. Es por ello que se recomienda promover el uso de arrancadores suaves en ambos procesos de la empresa ya que produce un ahorro energético, lo que a la vez supone un ahorro en términos económicos.

Para alcanzar el ahorro energético es indispensable que se parta de un diagnóstico riguroso sobre todos y cada uno de los procesos que se encuentran ligados a las actividades productivas de la empresa en estudio, ya que es de esta manera que se identificarán potencialidades y deficiencias en cuanto a la utilización del recurso energético de la misma, siendo la base primordial para la selección e implementación de técnicas de ahorro energético como parte de una buena administración energética.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El ahorro de energía, inevitablemente, presupone la aplicación y control de métodos técnicamente fundamentados que permitan utilizar la energía con eficiencia y responsabilidad en cualquier lugar que se apliquen (industria, comercio, servicios domésticos, etc.). En este contexto, cobra trascendental importancia la ejecución de un adecuado diagnóstico energético que conlleve al establecimiento de alternativas de ahorro energético aplicados a los procesos de

secado de madera, que posibilite establecer las políticas y la planificación energética estratégica de corto, mediano y largo plazo en el interior de la empresa, en el cual se implemente técnicas de desarrollo como el uso de arrancadores suaves, con metas cuantificables y el seguimiento de su implementación, para alcanzar objetivos de seguridad energética, uso eficiente y bajo costo, minimizando los impactos negativos sobre el medio ambiente.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El beneficiario directo y de mayor relevancia es la empresa “BALSARIVER CIA. LTDA”, ya que en esta entidad se aplicó la técnica propuesta, y se observó de forma directa el aporte al ahorro energético. Adicionalmente también se beneficia a personas involucradas en el proceso de secado de madera, y consecuentemente los trabajadores que laboran en dicho campo de acción, ya que además de lograr un ahorro eficiente de la energía eléctrica, también les permitirá a los trabajadores capacitarse sobre un uso eficiente energético dentro de la empresa, que servirá para el desarrollo de destrezas y habilidades en cuanto a dicho aspecto.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La energía está presentando un aumento considerable en sus costos, debido fundamentalmente al agotamiento de los hidrocarburos y a la escasez de fuentes de energías limpias. Debido a esto, en la actualidad, científicos de todo el planeta están buscando solucionar el problema mediante nuevas alternativas energéticas, o a su vez técnicas o metodologías que puedan ser implementadas a fin de lograr un ahorro energético y por ende un consumo responsable y eficiente de la energía.

Dentro del proceso de secado de madera, se llevan a cabo diferentes actividades que demandan diariamente el uso energético constante, lo que ha conllevado a un aumento en las planillas por concepto de energía eléctrica, sin embargo, se desconoce tanto los niveles de consumo de cada uno de las etapas del procesos de producción de la empresa, lo que a la vez dificulta la identificación de aquellas etapas de mayor demanda energética, ya que sólo se tiene un nivel de consumo energético global, tanto por el procesos productivo, así como por las actividades administrativas de la empresa. Por ello se hace indispensable la ejecución de una investigación encaminada a conocer el nivel de consumo energético de las actividades dentro del proceso productivo, para la toma de decisiones en cuanto a la implementación de posibles alternativas de ahorro energético.

6. OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer métodos y técnicas de ahorro energético aplicados al proceso de secado de madera.

Objetivos específicos

- Determinar el nivel de consumo energético de cada una de las etapas del proceso productivo de la empresa.
- Identificar las etapas del proceso productivo de la empresa que presenten usos ineficientes y desmedrados de energía en la empresa.
- Definir un método apropiado para disminuir el consumo de energía en el proceso de secado de madera.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados en la investigación

Objetivo específico 1	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Determinar el nivel de consumo energético de cada una de las etapas del proceso productivo de la empresa.	*Instalación de dispositivo analizador de carga en los procesos de secado y cortado de madera. *Cuantificar el consumo energético potencial del proceso de secado de madera	*Obtención de los valores de consumo de energía de los procesos de cortado y secado de madera.	*Tablas y gráficos del consumo de energía de los procesos
Objetivo específico 2	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Identificar las etapas del proceso productivo de la empresa que presenten usos ineficientes y desmedrados de energía en la empresa.	*Comparar datos de consumo energético proporcionado por el dispositivo analizador de carga en ambos procesos industriales. *Definir el proceso productivo que más consumo de energía presenta *Establecer el problema para el consumo excesivo de energía	*Valores promedios de consumo en horas pico *El proceso de mayor consumo *Definición del problema por el cual consume mayor energía	*Cuadro comparativo
Objetivo específico 3	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Definir un método apropiado para disminuir el consumo de energía en el proceso de secado de madera.	*Definición del método más acorde al proceso de la empresa para ahorro energético *Cuantificación del ahorro energético potencial con el método propuesto.	*Instalación de arrancadores suaves para los motores de los procesos.	*Cuadros comparativos del consumo de energía con el método propuesto antes y después de la aplicación del mismo.

Elaboración: SolisJ(2019)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Energía eléctrica

En una de las formas de manifestarse la energía. Tiene como cualidades la docilidad en su control, la fácil y limpia transformación de energía en trabajo, y el rápido y eficaz transporte, son las cualidades que permiten a la electricidad ser "casi" lo energía perfecta. El gran problema de la electricidad es su dificultad para almacenarla. Si en estos momentos se pudiera condensar el fluido eléctrico con la misma facilidad con lo que se almacena cualquier otro fluido energético, por ejemplo, la gasolina, estaríamos ante una de las mayores revoluciones tecnológicas de nuestro tiempo (Laguna, 2014).

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos (cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico) y obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica (Blanco, 2016).

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos (Castillo, 2014).

La energía eléctrica es una forma de energía de transición (ni primaria ni final) extremadamente difundida actualmente y cómoda debido a sus posibilidades de conversión (calefacción, iluminación, energía mecánica, etc.) y de transporte. Proviene, en general, de la conversión, en centrales, de energía mecánica por medio de generadores (o alternadores) (Quitiaquez, 2017).

Cada vez que se acciona un interruptor, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor. Las cargas que se desplazan forman parte de los átomos de la sustancia del cable, que suele ser metálica, ya que los metales (al disponer de mayor cantidad de electrones libres que otras sustancias) son los mejores conductores de la electricidad (Quitiaquez, 2017).

La mayor parte de la energía eléctrica que se consume en la vida diaria proviene de la red eléctrica a través de las tomas llamadas enchufes, a través de los que llega la energía

suministrada por las compañías eléctricas a los distintos aparatos eléctricos (lavadora, radio, televisor, etcétera) que se desea utilizar, mediante las correspondientes transformaciones; por ejemplo, cuando la energía eléctrica llega a una encerradora, se convierte en energía mecánica, calórica y en algunos casos luminosa, gracias al motor eléctrico y a las distintas piezas mecánicas del aparato (Blanco, 2016).

8.2. Auditorías energéticas

Las auditorías energéticas se pueden definir como un proceso sistemático mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de una explotación y se detectan los factores que afectan al mismo. Deben recogerse, asimismo, datos relativos a otras características de la explotación que permitan definir indicadores de consumo en términos de productividad (número de vacas en lactación, número de litros producidos, etc.). El objetivo final será identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad económica (IDAE, 2010).

8.3. Ahorro energético

Desde hace unos años atrás se viene hablando de ahorro energético, pero, qué es el ahorro energético. El ahorro energético es la gestión adecuada del consumo de los diferentes tipos de energía. El objetivo del ahorro energético como su mismo nombre lo dice es ahorrar energía, lo cual se puede realizar de dos maneras: disminuyendo la potencia consumida por el utilizador o disminuir su tiempo de trabajo (Fiestas, 2011).

Independientemente del incremento en el consumo de electricidad, existen procesos en los que éste podría reducirse o hacerse económica y energéticamente más eficiente (Upton *et al*, 2010). Además, hay que tener en cuenta que el incremento en los precios de la electricidad repercute negativamente sobre el balance económico de las explotaciones, reduciendo sus beneficios e ingresos netos (Murgia, Caria, & Pazzona, 2015). En este sentido, sería deseable el establecimiento de prácticas de manejo y medidas de ahorro para realizar un uso más racional de la energía, promover el ahorro e incrementar la eficiencia energética de las explotaciones. No obstante, antes de realizar estas recomendaciones, es necesario conocer los patrones de consumo, para saber dónde, cómo y en qué momentos se produce éste (Bartolomé *et al.*, 2013).

El ahorro energético se aplica a los diferentes ámbitos de la vida del ser humano, desde una pequeña vivienda hasta las grandes industrias. Por ejemplo, en una vivienda se puede realizar un ahorro energético con grandes ahorros de dinero si es que se anula la utilización de la terma eléctrica durante todo el año menos ya que prácticamente nunca se vuelve necesario. En el caso de una industria se puede tener un gran ahorro energético si es que todos los motores eléctricos de gran potencia que trabajan casi todo el tiempo del año son cambiados por motores de alta eficiencia (Fiestas, 2011).

8.4. Eficiencia energética

La energía posibilita y facilita toda la actividad humana. Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste de las elecciones energéticas realizadas en cada momento. En el de cursar del tiempo el hombre pasó del empleo de su fuerza muscular al uso de diversas fuentes para satisfacer sus necesidades, el empleo del fuego, la utilización de la tracción animal, y finalmente, en rápida sucesión, el dominio de las tecnologías del carbón, del petróleo y el gas natural, y la producción y uso del vapor y la electricidad (Cañizares *et al.*, 2014).

Desde esta perspectiva, la historia de la Humanidad no ha sido más que la historia del control de ésta sobre las fuentes y tecnologías energéticas, llegando al esquema energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural); combustibles que son extinguidos, contaminantes en alto grado, que están concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales y que son utilizados de forma muy ineficiente (Cañizares *et al.*, 2014).

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas e instituciones e implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto (Barreto & Fernández, 2010).

La aplicación de estrategias y tecnologías orientadas a la eficiencia energética y al uso racional de la electricidad no debe verse solamente como un apoyo a la iniciativa mundial de reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero provenientes de la generación de electricidad con

combustibles fósiles, sino también como una medida efectiva para lograr una reducción de los gastos asociados al consumo de energía eléctrica. Esta reducción se traducirá tanto en una reducción de egresos de los hogares como en una mayor competitividad de las empresas (Martínez, 2012).

La eficiencia energética busca proteger el medio ambiente mediante la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a consumir lo necesario y no más. Las emisiones de CO₂ que enviamos a la atmósfera son cada vez mayores y, por ese motivo, la eficiencia energética se ha convertido en una forma de cuidar al planeta ya que, no solo está en usar electrodomésticos que consuman menos, sino en que seamos nosotros quienes consumamos menos y de forma más “verde” (ISMD, 2017).

El problema de la eficiencia energética es que todavía es una elección. Actualmente no todos los productos que usamos son eficientes; podemos verlo en las etiquetas de eficiencia energética de muchos electrodomésticos que compramos, y eso es porque la alternativa eficiente siempre es algo más cara que la que no lo es, como pasa también con las bombillas tradicionales y las luces LED (Factor Energía, 2019).

Se puede decir que la eficiencia energética es, de momento, un tema de consciencia medioambiental. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, no solo se amortizan rápido, sino que un producto eficiente favorece directamente a tu bolsillo, ya que la eficiencia energética va ligada con el ahorro de electricidad. Adoptando otros hábitos de consumo y aprendiendo a gestionar la energía para disminuirla contribuiremos a cuidar nuestro entorno mientras ahorramos electricidad; y eso es una gran ventaja (Factor Energía, 2019).

- Según ISMD (2017), la eficiencia energética tiene las siguientes ventajas:
- Reduce los gastos de energía en los hogares y empresas.
- Reduce por tanto los costos de producción, mejorando la competitividad de las empresas.
- Disminuye la dependencia energética de exterior, que en algunos países supera al 80%.
- Reduce el daño ambiental y la contaminación que afecta a la salud de todos.
- Aumenta la seguridad del abastecimiento de energía.
- Disminuye el consumo de recursos naturales.
- Reduce el deterioro al medio ambiente asociado a la explotación de recursos.

- Reduce el impacto de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para un empresario, uno de sus objetivos estratégicos para alcanzar la competitividad es lograr la mayor calidad de los productos al menor costo de fabricación, para de esta manera tener una mejor posición en el mercado e incrementar sus utilidades. Un incremento en la eficiencia energética reduce los costos de producción, por lo que mejora la competitividad de la empresa sin disminuir la calidad, con un beneficio ambiental inmediato ya que implica disminución del uso de los recursos naturales y en la emisión de contaminantes (Barreto & Fernández, 2010).

La eficiencia energética se logra mediante la aplicación de un Sistema de Gestión Energética (SGEn), que al igual que otros sistemas de gestión normalizados, establece un conjunto de requisitos para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor eficacia (Cañizares *et al.*, 2014).

Para evaluar los cambios generados por la eficiencia energética, se utiliza como indicador el consumo específico de energía o índice de consumo, que se define como la cantidad de energía por unidad de actividad, medida en términos físico (productos o servicios) (Barreto & Fernández, 2010).

8.5. Gestión de la energía

La administración (también conocida como gestión) de la energía consiste en un sistema organizacional que permite llevar un control estricto de los consumos y costos de energía, a modo de entender las variables asociadas a dichos consumos y costos, identificar continuamente oportunidades de reducir dichos consumos y costos e implementar y dar seguimiento a las acciones identificadas, en busca de ser energéticamente sostenibles (Martínez, 2012).

Visto de otra manera, la administración de la energía permite a las organizaciones administrar la energía de forma similar a como se administran otros recursos importantes, tales como las finanzas. Consiste en llevar a cabo las acciones necesarias para tener cierto control de cuánta energía se consume, entender a qué se deben esos consumos y llevar a cabo acciones para reducir dichos consumos y costos de forma continua (Martínez, 2012).

Según la Asociación Nacional de Industriales (2014), la gestión energética deberá contribuir a establecer objetivos a corto, medio y largo plazo encaminados a conseguir la optimización en el uso de los recursos energéticos y de sus técnicas:

- Uso de fuentes de energía renovable.
- Sustitución de algunas fuentes de energía.
- Análisis del ahorro energético de las acciones realizadas.
- Aislamiento térmico.
- Aprovechamiento de residuos.
- Análisis del entorno ambiental.
- Estudio de técnicas nuevas de producir y ahorrar energía.
- Análisis económico de la gestión.

8.6. Desarrollo energético sostenible

Borja (2017), sostiene que la sobreexplotación de los recursos energéticos naturales no renovables, en especial los provenientes de combustibles fósiles, han ocasionado cambios dramáticos en el medio ambiente. En este ámbito, el desarrollo energético sostenible toma importancia trascendental en búsqueda de la supervivencia, para lo cual se requieren las siguientes direcciones estratégicas:

- Desarrollar programas de educación energética ambiental a todos los niveles.
- Promulgar legislaciones que promuevan el incremento de la eficiencia energética tanto en la generación como en los equipos de uso final de la energía.
- Reflejar en las evaluaciones económicas los costos reales o totales de la producción energética.
- Establecer preferencias impositivas para las tecnologías energéticas renovables.
- Ofrecer facilidades y apoyos financieros para la introducción de fuentes renovables y equipos de uso final y tecnologías de alta eficiencia.
- Incrementar el financiamiento para las investigaciones relacionadas con estas direcciones.

En el caso del Ecuador, su crecimiento económico y social, su avance y desarrollo industria, la tecnología y la evolución de los estilos de vida hacen indispensable la planificación energética estratégica. En la década de los 90s, se promovió la participación del sector privado en la provisión de la oferta energética nacional, sin dar los resultados esperados, por lo que en la actualidad se pretende nuevamente ir hacia un modelo estatal en donde el gobierno se encargue de la planificación y desarrollo del sector energético, buscando tener una referencia del sistema

energético actual y la visión de la posible trayectoria del mismo, que permita atender a futuro los requerimientos crecientes de la demanda con eficiencia (Barreto & Fernández, 2010).

En los últimos años, si bien la balanza comercial energética del Ecuador es positiva, lamentablemente el país exporta crudo e importa derivados del petróleo y energía eléctrica, lo que perjudica las finanzas del estado. Asimismo, se evidencia la incapacidad del estado para cubrir la demanda nacional de portadores energéticos, dando como resultado el desabastecimiento en especial de electricidad (Barreto & Fernández, 2010)

8.7. Arrancadores suaves

Los arrancadores suaves limitan la corriente y el par de arranque de modo que el esfuerzo mecánico y las bajas de tensión en la línea son mínimos. La tensión del motor se reduce con el control de fase, y aumenta desde una tensión de arranque ajustable hasta la tensión de la línea dentro del tiempo de arranque, gracias al control de la tensión de mando sin pasos, el motor se ajusta a la conducta de accionamiento de la máquina, el equipo de operaciones mecánicas se acelera de forma especialmente suave, lo que influye positivamente su conducta operativa y prolonga su vida de servicio (López & Trejo, 2014).

Los problemas más frecuentes que sufren las empresas de servicios públicos son las variaciones de tensión y corriente durante la puesta en marcha; los equipos se sobrecargan debido a la abrupta demanda de corriente. Considere los costos de mantenimiento y de consumo de electricidad con la función de control de par de nuestros arrancadores suaves para altos torques (Percy *et al.*, 2017).

Figura 1. Conexiones, Ajustes e Indicaciones SSW-07 y SSW-0



Fuente: WEG (2015)

Las familias de Arrancadores Suaves SSW-07 y SSW-08 (con controlador DSP - Digital Signal Processor) han sido diseñadas para tener un alto rendimiento en los arranques y paradas de los Motores eléctricos de inducción trifásicos con una excelente relación beneficio/coste. Fácil de ser programadas, poseen puesta en marcha y operatividad sencilla. El SSW-07 y el SSW-08 son compactos, optimizados y requieren poco espacio cuando son instalados en cuadros eléctricos. Las dos familias incorporan todas las protecciones recomendadas para un motor eléctrico proporcionando mayor vida para el mismo. Se adaptan a las necesidades del usuario a través de sus accesorios opcionales de fácil instalación. Además, puede añadirse al arrancador opcionalmente, un teclado numérico, una interfaz de comunicación o una entrada PTC del motor (WEG, 2015).

8.8. Registrador trifásico de calidad eléctrica ECA-300

El ECA-300 permite la verificación rápida y segura sin necesidad de desconectar el medidor de la red y en cualquier estado de carga fija o continuamente variable aplicando transductores TI-Q (tipo pinza) o TI-Flex (flexible). Esta modalidad de medición que no admite cambio de rango durante la prueba requiere el uso de equipos con alta resolución (Pazmiño & Romero, 2013).

El ECA-300 ha sido desarrollado para medir en esta modalidad por lo que asegura la exactitud en todo el rango dinámico (>1000:1) en correspondencia con el transductor de corriente adoptado. La exactitud de medida del ECA-300 incluido el transductor TI-Q es mejor a 0,5%. Aplicando el transductor modelo TI-Q2 (doble rango) puede verificar como Contrastador clásico desvinculando el medidor de la red y aplicando niveles de carga fijo. El ECA-300 puede medir en sistema estrella, delta y delta abierto y verificar medidores trifásicos y monofásicos de 2 o 3 hilos. Todos los parámetros ingresados para la medición y los resultados obtenidos se registran en memoria junto con fecha y hora de realización. La memoria guarda más de 250 verificaciones incluido un registro de novedades accesible desde un menú con 50 leyendas personalizables por el usuario y agrupadas por tipo: Estado de la instalación; Estado del Medidor; Intervenciones sobre el medidor; Trabajos realizados y Seguridad en la vía Pública, que formaran parte del Reporte de Medición (Sánchez, 2018).

Como analizador de red el ECA-300 mide valores instantáneos de Tensión [Vrms], Corriente [Arms], Potencia Activa[W], Potencia Reactiva [VAR], Potencia Aparente [VA], Factor de Potencia [FP] y $\cos \phi$, Frecuencia [Hz]. Para la medición de corriente adopta transductores

modelos TI-Q (tipo pinza) o TI-Flex (transductor flexible) de linealidad absoluta y mínima incertidumbre en campo por su baja dependencia al “entre hierro”. Los rangos disponibles permiten medir desde 50 mA hasta más de 3000 A. Mide potencia y energía en 4 cuadrantes y admite el método Aarón (Teorema de Blondel) (ECAMEC, 2016)

Figura 2. Analizador de carga ECAMEC-300



Fuente: ECAMEC (2016)

8.9. Cortado y secado de madera

8.9.1. Cortado de madera

El cortado de madera se realiza de acuerdo a la exigencia de cada uno de los productos que se fabrican para los respectivos compradores. Existe una gran variedad de herramientas, de corte que si son empleadas adecuadamente pueden ofrecer excelentes resultados. La densidad del tablero, la cantidad de resina, la(s) especie(s) de la madera utilizadas en su fabricación, el tamaño de las partículas y la abrasividad, varían considerablemente en los diferentes tipos de tableros. Consecuentemente las herramientas a emplearse en cada tipo de tablero son diferentes (Carvajal, 2018).

Para cortar, se sostiene la herramienta de modo tal que el borde afilado penetra de verdad en la pieza en revolución para que produzca virutas. Hay muchas operaciones que requieren que las herramientas cortantes se empleen para raspar; sin embargo, casi nunca las rapadoras se emplean para cortar. El raspado embota el filo mucho más rápidamente, sobre todo en las herramientas con filo de navaja. Cortar es más rápido que raspar y produce un acabado más

parejo, que exige menos empleo que la lija; sin embargo, resulta más difícil de dominar. Por otra parte, raspar es más preciso y más fácil de controlar (Lince & Arroyave, 2016).

Figura 3 Cortadora de madera de madera industrial del router, de C y de C del CNC de 1300x2500mm



Fuente: ECAMEC (2016)

8.9.2. Secado de madera

La madera, por provenir de organismos vegetales vivos, posee un elevado porcentaje de humedad, cuya presencia provoca reacciones y cambios que, en determinadas circunstancias, puede llegar a desvalorizar económicamente a las maderas afectadas. El medio para asegurarse que la madera proveniente del aserrado de rollizos o troncos verdes (madera verde), no sufrirá tales desperfectos y se convertirá en un material apto para industrializar, es el del secado (Calderón, 2016).

Por secado de la madera, se entiende “la práctica y técnica desarrollada para eliminar agua de la madera, sin que ésta se perjudique, hasta un punto tal, en que la misma se encuentre en equilibrio higroscópico con el medio ambiente en el cual será utilizada” (Contreras, 2017).

Generalmente se utiliza vapor caliente proveniente de una caldera, el cual es conducido por tuberías. También se usan las resistencias eléctricas. Los de calefacción directa o sea los que reciben el calor directamente de un quemador. Estos hornos están complementados con radiadores de agua para variar las condiciones de humedad dentro del horno. Cuando el aire caliente tiene que atravesar espacios muy grandes, es necesario colocar calentadores entre las

pilas para elevar la temperatura y conseguir aire recalentado para la segunda pila. Con esta medida se evita el alargamiento del tiempo de secado y se evita la formación de colapso y apanalamiento (Lince & Arroyave, 2016).

Figura 4. Horno para secado de madera PREMAC



Fuente: PREMAC (2019)

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

El consumo energético de cada una de las etapas del proceso productivo de la empresa será eficiente.

La etapa de secado de madera de la empresa tiene mayor consumo energético

Existen técnicas y métodos de ahorro energético apropiados para disminuir el consumo de energía en el proceso industrial

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio trata sobre el análisis del consumo de energía en la Empresa BALSARIVER CIA. LTDA, en el cual se realiza mediciones eléctricas para los procesos de corte y secado usando un equipo analizador de carga ECA-300. Posteriormente se realizó la recopilación y análisis de los datos provenientes de las mediciones y su posterior interpretación

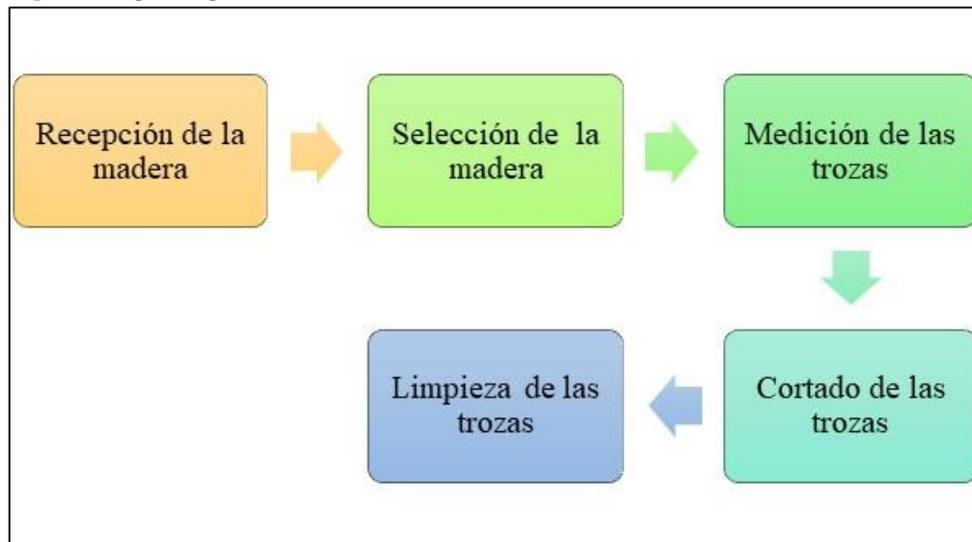
10.1. Localización de la empresa

La investigación se llevó a cabo en la empresa BALSARIVER CIA. LTDA., ubicada en el km 2.5 de la vía Quevedo – Valencia, entre las coordenadas geográficas 0°55'51.4" latitud Sur y 79°24'58.1" longitud Oeste. En esta sucursal, se receipta la madera para su secado y cortado.

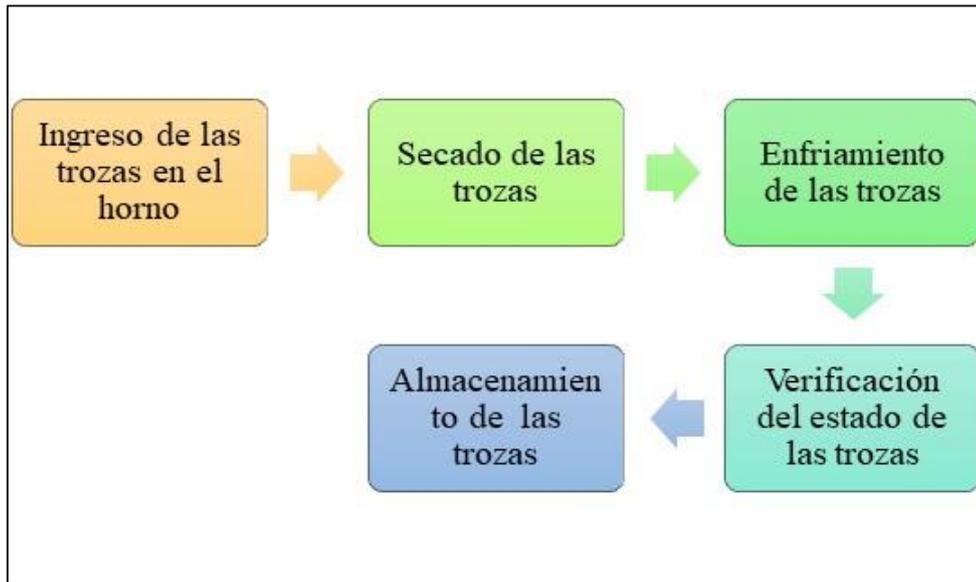
10.2. Descripción de los procesos

Mediante la investigación descriptiva se detallan los procesos en los que se realizó el análisis energético. En la figura 5 se muestra el diagrama de las etapas del proceso de cortado de madera, mientras que en la figura 6 se presenta el diagrama del proceso de secado de madera. En la Tabla 2 se presenta la descripción de la potencia de los equipos utilizados en el proceso de cortado, mientras que en la Tabla 3 se muestra la descripción de la potencia de los equipos del proceso de secado de madera de la empresa en estudio

Figura 5. Etapas del proceso de cortado de madera



Elaboración: Solis J (2019)

Figura 6. Etapas del proceso de secado de madera

Elaboración: Solis J (2019)

Tabla 2. Descripción de los equipos del proceso de cortado

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)
Cortadora	1	1.52
Motor trifásico Siemens 3 hp	3	6.72
Banda transportadora	1	1.50
Cepilladora	1	1.35
Total		11.09

Elaboración: Solis J (2019)

Tabla 3. Descripción de los equipos del proceso de secado

Equipos	Cantidad	Potencia (kW)
Motor trifásico Siemens 10 hp	1	7.45
Resistencias eléctricas	6	4.20
Total		11.65

Elaboración: Solis J (2019)

10.3. Descripción del sistema de alimentación de energía

El sistema de alimentación de energía eléctrica en la fábrica es de red convencional tipo trifásica de 13.8 KV de una distancia aproximadamente a 300 metros de la red de distribución de la empresa eléctrica de la zona del distrito Valencia, Los Ríos. La empresa BALSARIVER CIA. LTDA. Cuenta con tu propio transformador reductor con las siguientes características:

Tabla 4. Características del transformador de la empresa

Característica	Descripción
Equipo	Trasformador reductor
Tipo	Convencional trifásico
Marca	Ecuatrans
Potencia [KVA]	150

Elaboración: Solis J (2019)

Para la lectura de los parámetros de consumo energético se utilizó un analizador trifásico de calidad de carga eléctrica ECA-300, instalado en las tres fases de salida de baja tensión del transformador, cuyas mediciones se exportaron a Excel 2016 para la tabulación y realización de los gráficos correspondientes. Los datos se registraron del 1 de octubre al 31 de diciembre del 2019, obteniéndose un dato promedio de cada parámetro por día. Se hizo uso de técnicas de estadística descriptiva para la representación de los niveles de consumo energético del proceso de secado de madera, así como de diferentes organizadores gráficos de flujo para la identificación de dichas etapas en base a su secuencia.

La investigación fue de tipo analítica, ya que se basó en la interpretación de los datos obtenidos en las diferentes lecturas realizadas con el analizador de carga, para posteriormente en base a estos implementar los arrancadores suaves como alternativa para el ahorro energético. Además, fue de tipo descriptiva ya que se realizó una caracterización de los resultados obtenidos, así como de los procesos que se realizan en la empresa: cortado y secado.

10.4. Cálculo del consumo y ahorro energético

Para el cálculo del consumo de energía se consideró la potencia total en el circuito tanto de cortado como de secado de madera, hallando el promedio mensual. Se utilizaron las siguientes fórmulas:

Formula1 Consumo total [KWh]= $\sum P$ [KW] * tiempo de trabajo [h]

Formula2 Consumo/mes [KWh/mes]=Consumo día [KWh/día] * días del mes [30 días]

Formula3 Costo energético=Consumo/mes [KWh/mes] * Costo del KW régimen costa [\$]

Para el cálculo del ahorro energético se consideró los valores de antes y después de los arrancadores suaves, utilizando la siguiente fórmula:

Formula4

$$\text{Ahorro} \quad \frac{\text{Consumo antes} - \text{Consumo}}{\text{Consumo antes}} \times 100$$

$$[\%]= \frac{\text{después}}{\text{Consumo antes}} \times 100$$

10.5. Descripción del método y la técnica implementada

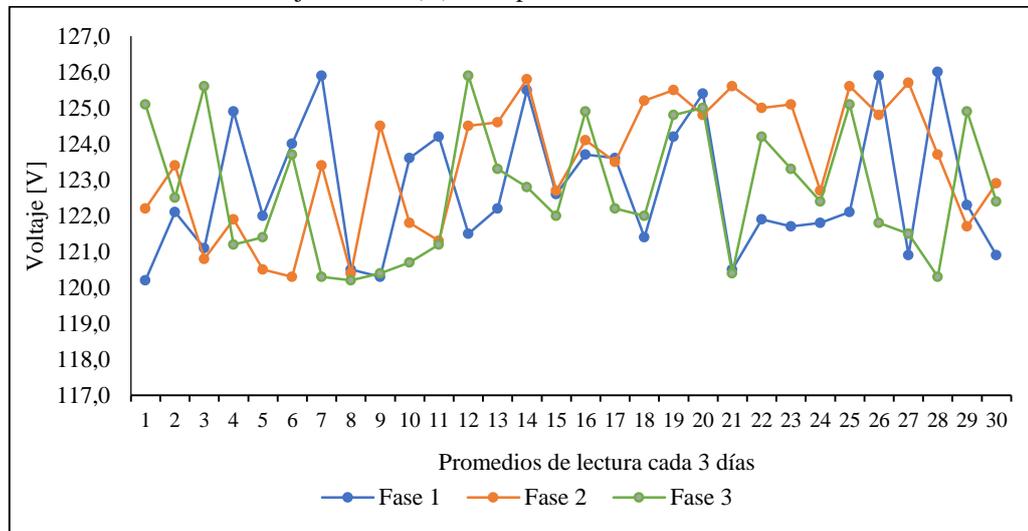
Para el método propuesto se basó en el energizado gradual de los equipos de potencia. Adicionalmente se utilizó la técnica de la instalación de arrancadores suaves en las maquinarias de los procesos de cortado y secado de madera de la empresa en estudio a fin de generar un ahorro energético en ambos procesos.

Mediante el energizado gradual de los equipos de potencia, se controlada el encendido inicial de cada máquina eléctrica o motor, para evitar encendidos simultáneos que provoquen caídas severas de tensión y haya mayor consumo de corriente de los arranques, a su vez se controla la cantidad de veces que una máquina se prende y se apaga por lo que mejora la calidad de la energía y se produce un ahorro de energía que se desperdicia en los arranques.

La técnica ofrece una solución a la generación de altas corrientes en el arranque directo de los motores trifásicos, mediante el uso de arrancadores suaves, cuya función es incrementar el voltaje paulatinamente en forma lineal.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**Nivel de consumo energético de cada una de las etapas del proceso productivo de la empresa****Proceso de cortado**

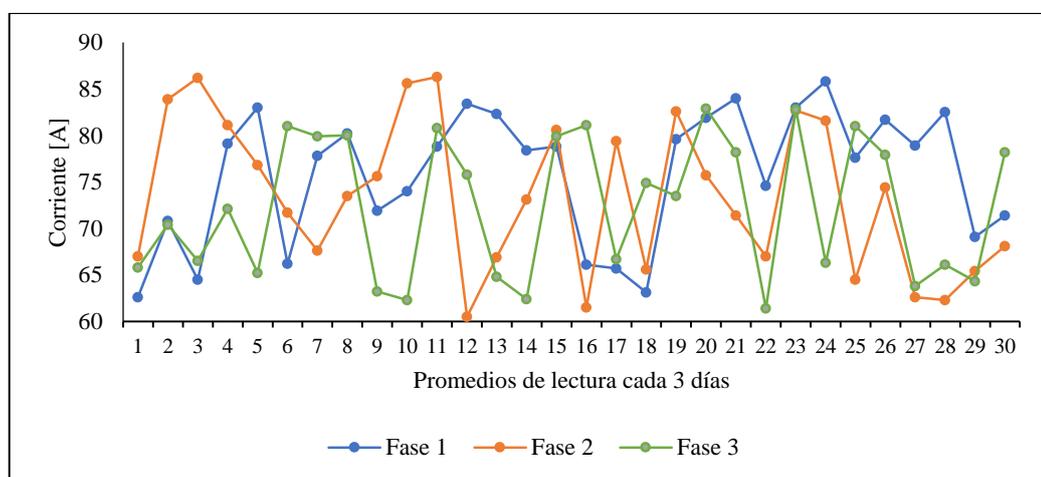
Los datos obtenidos del analizador de carga durante los días de evaluación con los respectivos parámetros se muestran a continuación:

Gráfico 1. Gráfica de voltaje de línea (V) en el proceso de cortado de madera

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En el proceso de cortado de madera, el voltaje en la fase 1 osciló entre 120.2 V y 126.0 V, siendo de 120.3 V a 125.8 V para la fase 2, y fluctuando entre 120.1 V y 125.9 V para la fase 3 (Gráfico 1). Esto demuestra que, durante el período de toma de lectura en el área de cortado, no se reflejaron valores anormales de voltaje, sin embargo, se puede mejorar su fluidez para que no se produzcan cambios bruscos, y de este modo no causar desgaste excesivo del motor, alargando su vida útil y lograr una mayor eficiencia de trabajo de la maquinaria utilizada para el corte de madera. Además, esto representa un ahorro económico al realizarse menos mantenimientos preventivos y correctivos a la cortadora.

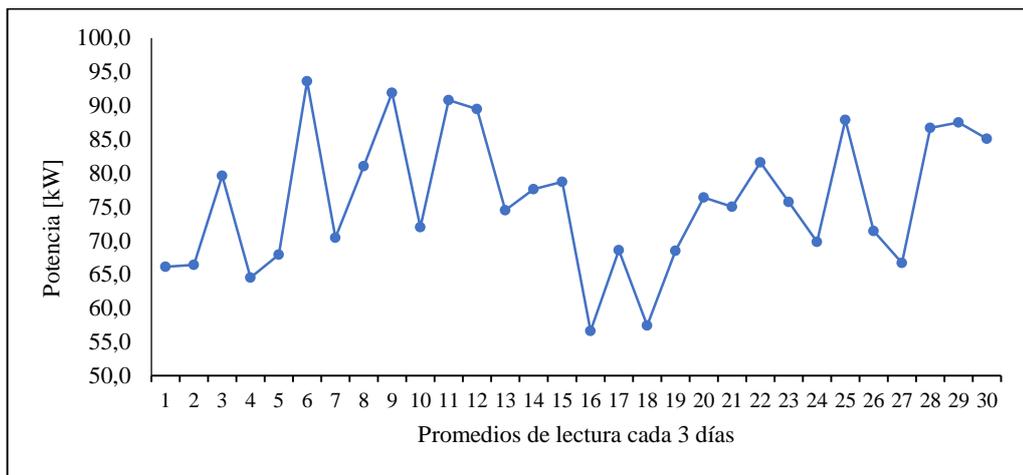
Gráfico 2. Gráfica de corriente en el proceso de cortado de madera

Fuente: Datos obtenidos de analizador carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La corriente registrada en el proceso de cortado de madera, varió entre 62.6 A y 85.8 A en la primera fase, oscilando entre 60.5 A y 86.3 A en la fase 2 y de 61.4 A hasta 82.9A para la fase 3 (Gráfico 2). Con lo anterior, se pudo apreciar que se produjeron cambios bruscos de variación de corriente, ya que, el voltaje de inversamente proporcional a la corriente, y en horas de la noche el voltaje siempre disminuye por la caída de tensión, por lo que la corriente se elevada de una manera desmedrada.

Gráfico 3. Gráfica de potencia total (kW) en el proceso de cortado de madera

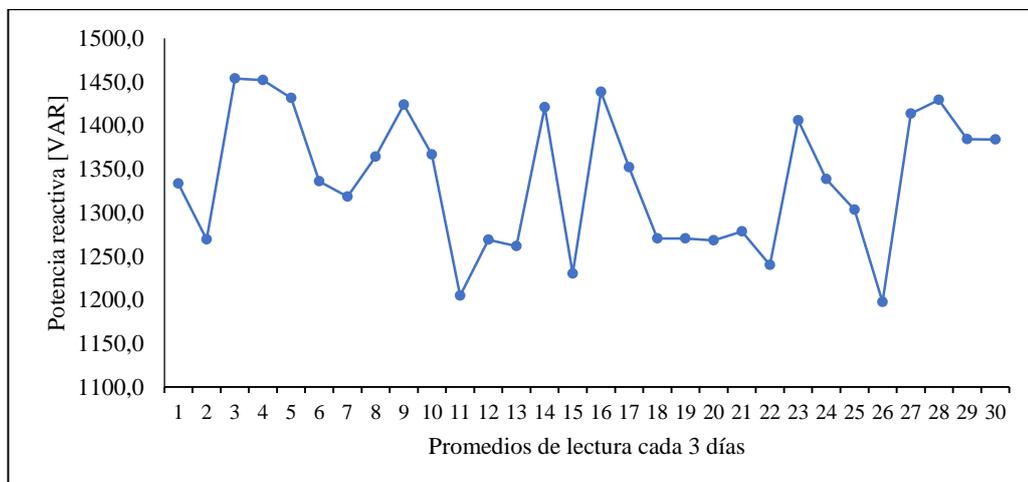


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia total en el proceso de cortado varió entre 56.6 kW y 93.6 kW por día, teniéndose un promedio diario de potencia total de 75.98 kW (Gráfico 3), siendo esto un valor factible para el funcionamiento de la cortado, ya que no se reflejan consumo ineficiente de energía.

Gráfico 4. Gráfica de potencia reactiva (VAR/DÍA) en el proceso de cortado de madera

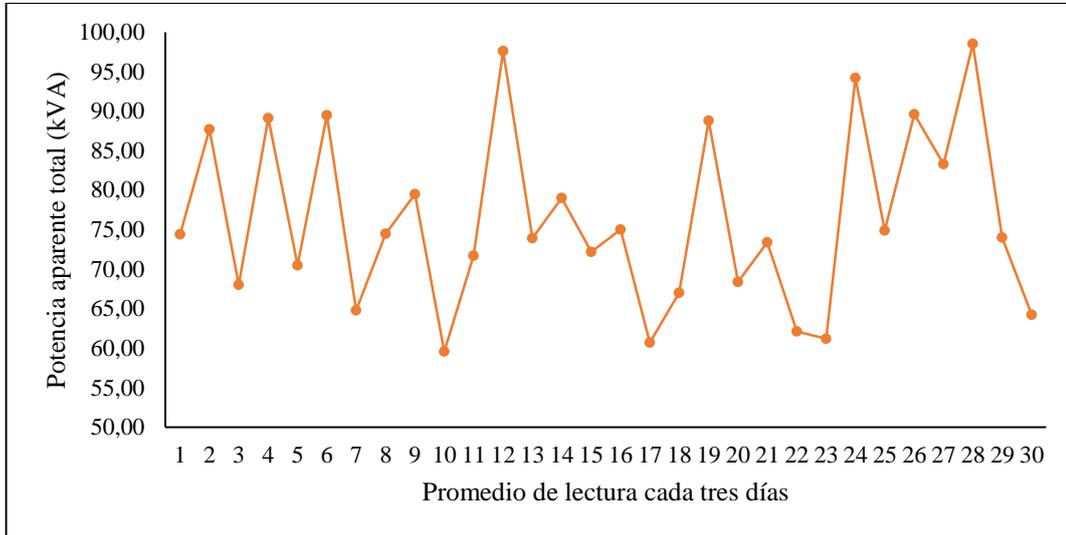


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia reactiva en el proceso de cortado de madera presentó valores entre 1197.3 VAR/día y 1453.8 VAR/día (Gráfico 4). En la toma de lectura de este parámetro se evidenció que el nivel de cargabilidad de la máquina no alcanza ni el 25% de su capacidad total.

Gráfico 5. Gráfica de potencia aparente total (kVA) en el proceso de cortado de madera

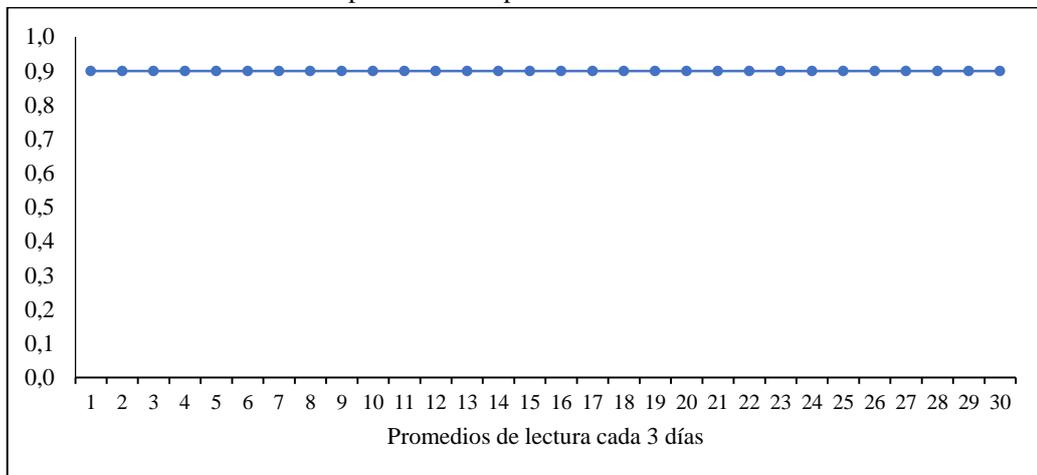


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia aparente total en el proceso de cortado osciló entre 59.57 kVA y 98.52 kVA (Gráfico 5). En la toma de lectura del proceso de cortado, se visualizó que al tenerse un factor de potencia de en el régimen costa siempre 1, señala que la red de alimentación del circuito no solo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también permite un flujo interrumpido de ella.

Gráfico 6. Gráfica de factor de potencia en el proceso de cortado de madera

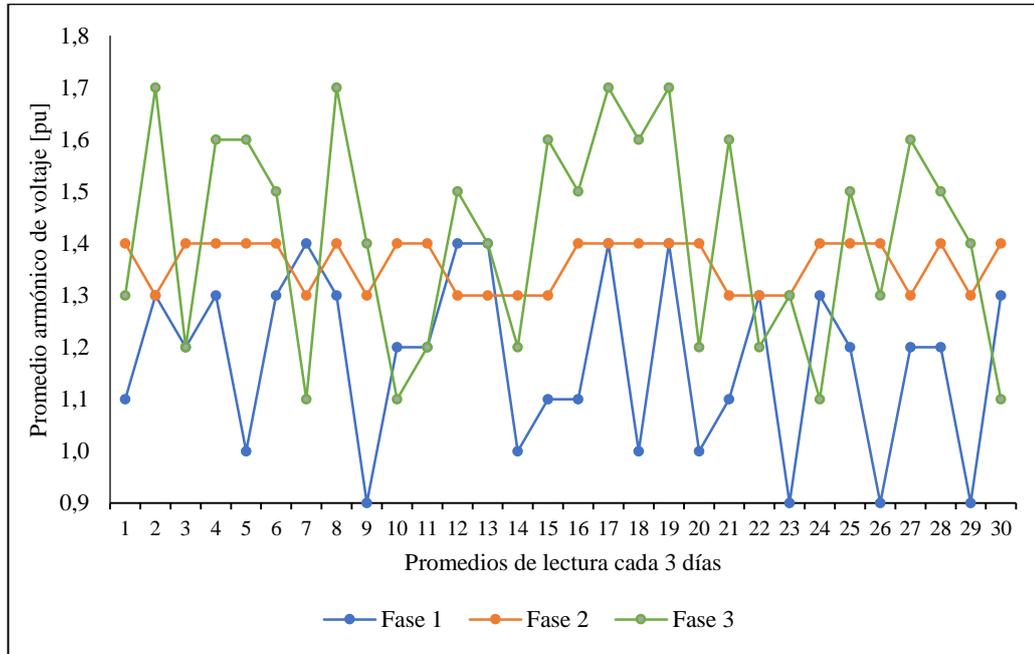


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El factor de potencia en el proceso de cortado se mantuvo en 1 (Gráfico 6), lo que demuestra que la red de alta tensión de la empresa, cumple con los estándares adecuados exigidos por el distribuidor de energía eléctrica de la zona.

Gráfico 7. Gráfica de promedio armónico en los voltajes 1, 2 y 3 del proceso de cortado de madera

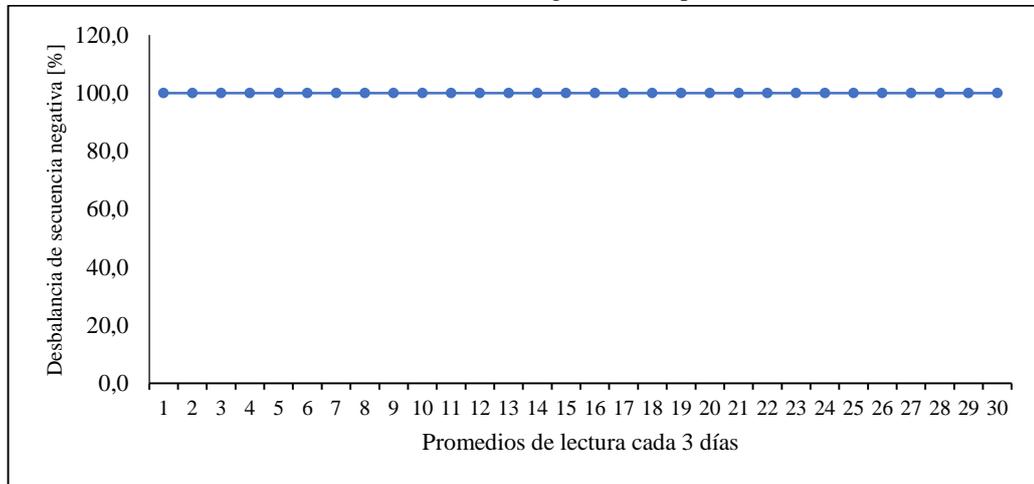


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El promedio armónico en el proceso de cortado de madera varió entre 0.9 y 1.4 para la fase 1, mientras que para la fase 2 fue de 1.3 a 1.4, siendo de 1.1 hasta 1.7 en la fase 3 (Gráfico 7), lo que demuestra que el voltaje se encuentra en óptimas condiciones, puesto que el armónico muestra una tendencia secuencial sin cambios bruscos.

Gráfico 8. Gráfica del desbalance de secuencia negativa en el proceso de cortado de madera



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

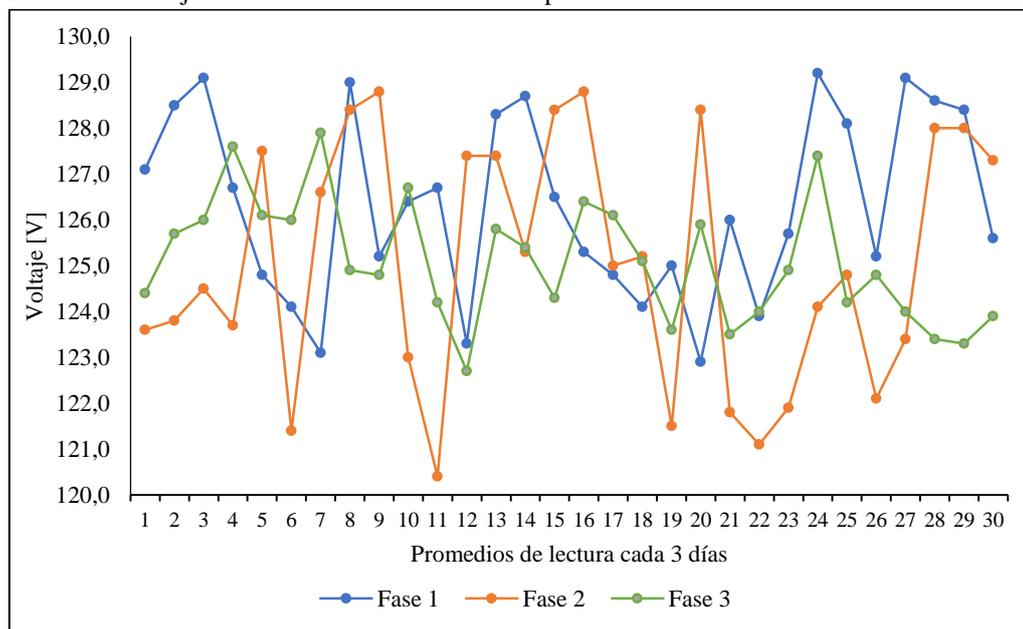
Elaboración: Solis J (2019)

El desbalance secuencial negativo se mantuvo al 100% durante todo el período de lectura (Gráfico 8), demostrando que el proceso de cortado se realiza en condiciones de funcionalidad.

Proceso de secado

Con la implementación del analizador de carga en los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2019 se obtuvo los siguientes valores de consumo energía por cada tres días en los procesos de secado de madera

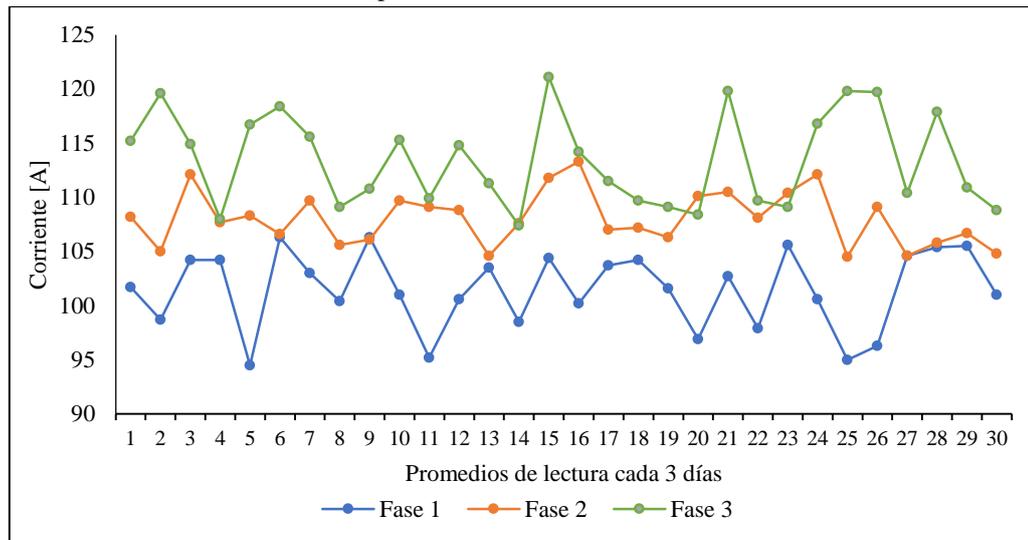
Gráfico 9. Voltaje máximo del trasformador en el proceso de secado de madera



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

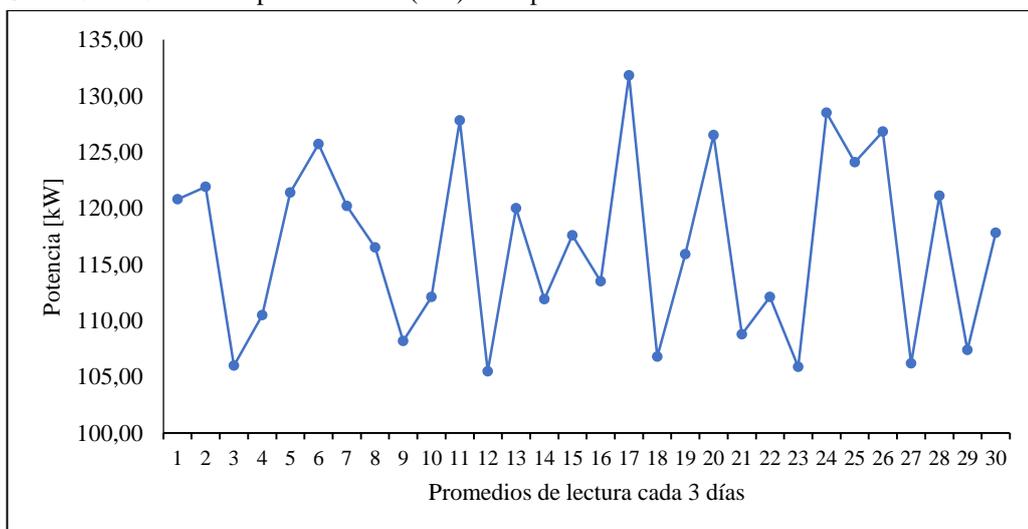
En el proceso de secado de madera, el voltaje en la fase 1 osciló entre 122,9 V y 129,0 V, siendo de 120,4 V a 128,8 V para la fase 2, y fluctuando entre 122,7 V y 127,9 V para la fase 3 (Gráfico 9). Esto demuestra que, durante el período de toma de lectura en el área de secado, se reflejaron valores anormales de voltaje, sin embargo, mediante el método de instalación de arrancadores suaves se espera obtener una mejoría en su fluidez para que no se produzcan cambios bruscos, y de este modo no causar desgaste excesivo del motor, alargando su vida útil y lograr una mayor eficiencia de trabajo de la maquinaria utilizada para el corte de madera. Además, esto representa un ahorro económico al realizarse menos mantenimientos preventivos y correctivos a la cortadora.

Gráfico 10. Corriente máxima del proceso de secado de madera

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La corriente registrada en el proceso secado de madera, varió entre 94.7 A y 106.5 A en la primera fase, oscilando entre 104.9 A y 112.6 A en la fase 2 y de 108.6 A hasta 121 A para la fase 3 (Gráfico 10). Con lo anterior, se pudo apreciar mediante la toma de lectura de la carga instalada en el proceso de secado que se produjeron cambios bruscos de variación de corriente, dichos cambios se originan gracias a que el voltaje de inversamente proporcional a la corriente, y en horas de la noche el voltaje siempre disminuye por la caída de tensión, por lo que la corriente se eleva de una manera desmedrada haciendo que la maquinaria se esfuerce y produciendo desgaste y acorte de vida útil.

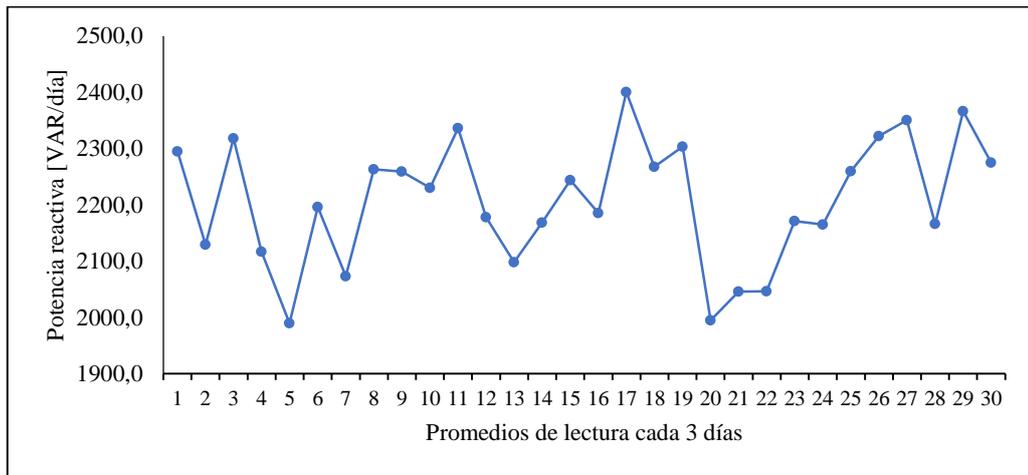
Gráfico 11. Gráfica de potencia total (kW) en el proceso de secado de madera

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia total en el proceso o mejor conocida como potencia instantánea ya que se le denomina así porque esta se puede obtener al mismo momento que se instala el registrador de carga no esperando determinado tiempo como los demás parámetros evaluados está varió entre 105.5 kW y 131.8 kW por día, teniéndose un promedio mensual de potencia total de 116.64 kW (Gráfico 11), siendo esto un valor elevado en comparación del proceso de cortado que, ya que refleja consumo ineficiente de energía.

Gráfico 12. Gráfica de potencia reactiva (VAR/día) en el proceso de secado de madera

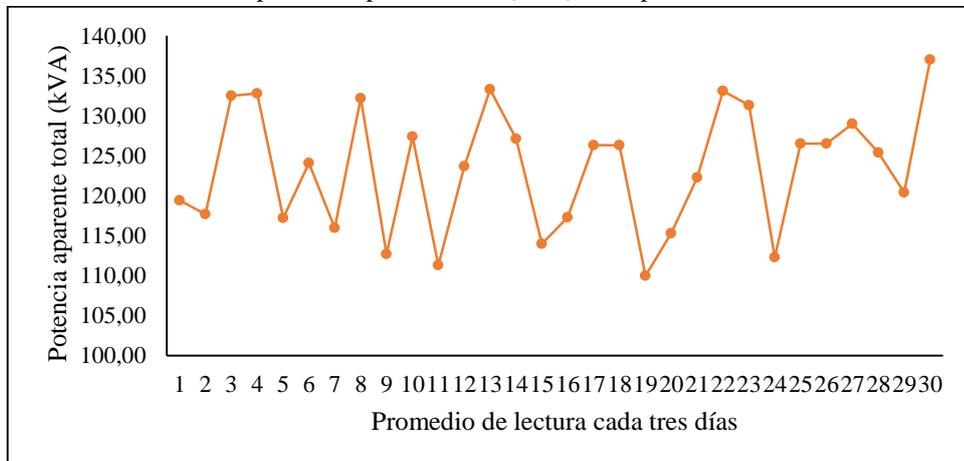


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia reactiva en el proceso de secado de madera presentó valores entre 1989.4 VAR/día y 2400.4 VAR/día (Gráfico 12). En la toma de lectura de este parámetro se evidenció que el nivel de cargabilidad de la máquina alcanza el 45% de su capacidad total siendo evidente que puede necesitar una mejora en su vida útil.

Gráfico 13. Gráfica de potencia aparente total (kVA) en el proceso de secado de madera

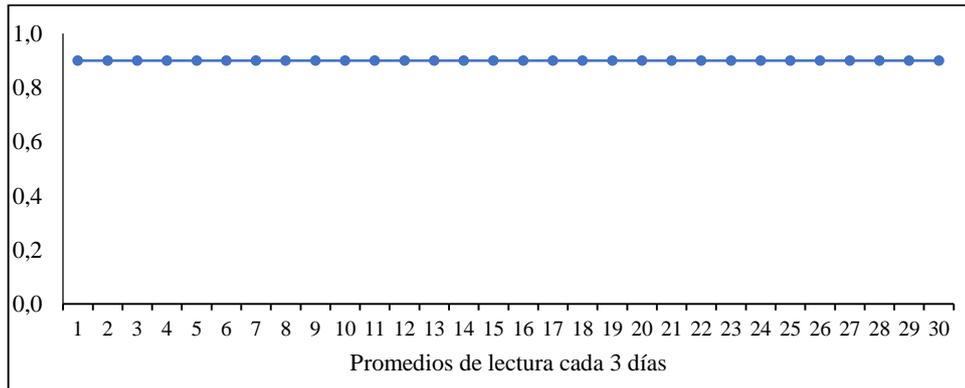


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La potencia aparente total en el proceso de secado osciló entre 110.00 kVA y 137.00 kVA (Gráfico 13). En la toma de lectura del proceso de secado, se visualizó que al tenerse un factor de potencia de en el régimen costa siempre 1, señala que la red de alimentación del circuito no solo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también permite un flujo interrumpido de ella

Gráfico 14. Gráfica de factor de potencia en el proceso de secado de madera

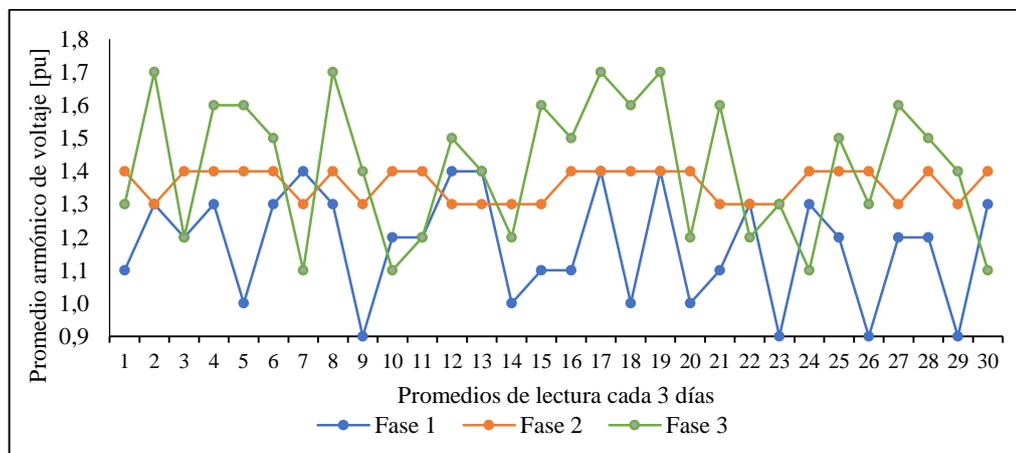


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El factor de potencia en el proceso de secado se mantuvo en 1 (Gráfico 14), lo que demuestra que la red de alta tensión de la empresa, cumple con los estándares adecuados exigidos por el distribuidor de energía eléctrica de la zona, pero se espera que mediante el método instalación de arrancadores suave este factor de potencia se reduzca a 0,9 que también es permitido por la empresa distribuidora de energía eléctrica de la zona, transformando un mayor consumo de energía necesaria para que el trabajo de la maquinaria sea mucho más útil.

Gráfico 15. Gráfica de tasa de distorsión armónica en los voltajes 1, 2 y 3 del proceso de secado de madera

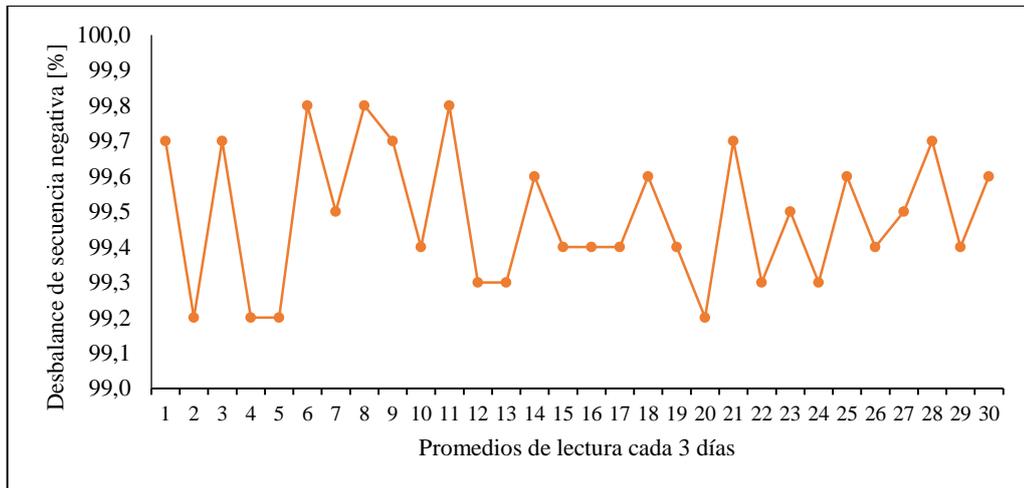


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El promedio armónico en el proceso de cortado de madera varió entre 0.9 y 1.4 para la fase 1, mientras que para la fase 2 fue de 1.3 a 1.4, siendo de 1.1 hasta 1.7 en la fase 3 (Gráfico 15), lo que demuestra que el voltaje se encuentra en óptimas condiciones, puesto que el armónico muestra una tendencia secuencial sin cambios bruscos.

Gráfico 16. Gráfica del desbalance de secuencia negativa en el proceso de secado de madera



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El desbalance secuencial negativo se mantuvo en un promedio de 99.5% durante todo el período de lectura (Gráfico 16), demostrando que el proceso de secado se realiza en condiciones normales de funcionalidad, pero pudiendo mejorar este proceso para que cumpla con el 100% de su funcionalidad.

Factores que inciden en el consumo innecesario de energía eléctrica

Comparación de consumo energético de los procesos de cortado y secado de madera

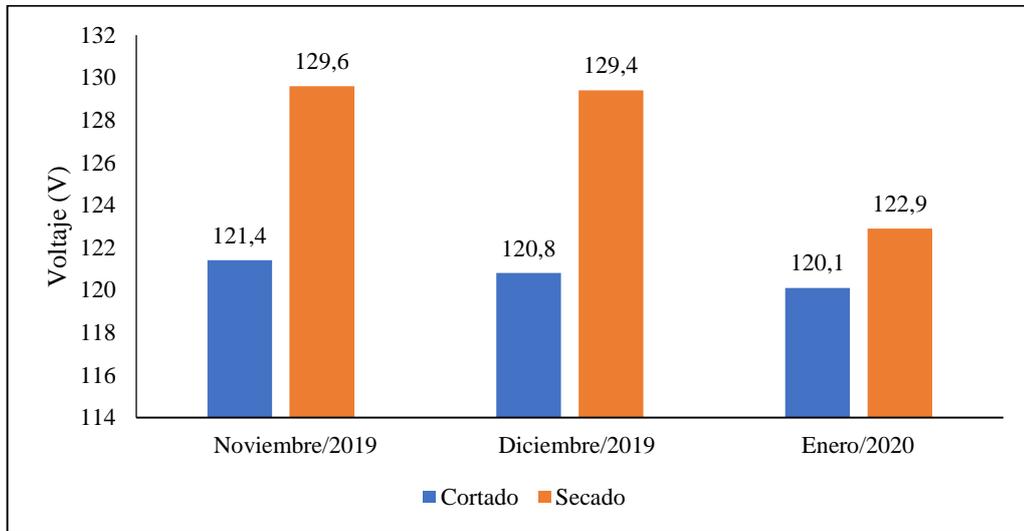
Se escogieron los promedios mensuales de noviembre del 2019, diciembre del 2019 y enero del 2020 puesto que, por las actividades de la empresa, son los meses de mayor consumo, ya que la demanda de cortado y secado de madera aumenta, denominándose de la siguiente manera:

Mes 1: noviembre/2019

Mes 2: diciembre/2019

Mes 3: enero/2020

Gráfico 17. Comparación del voltaje (V) en la fase 1 entre los procesos de cortado y secado de madera

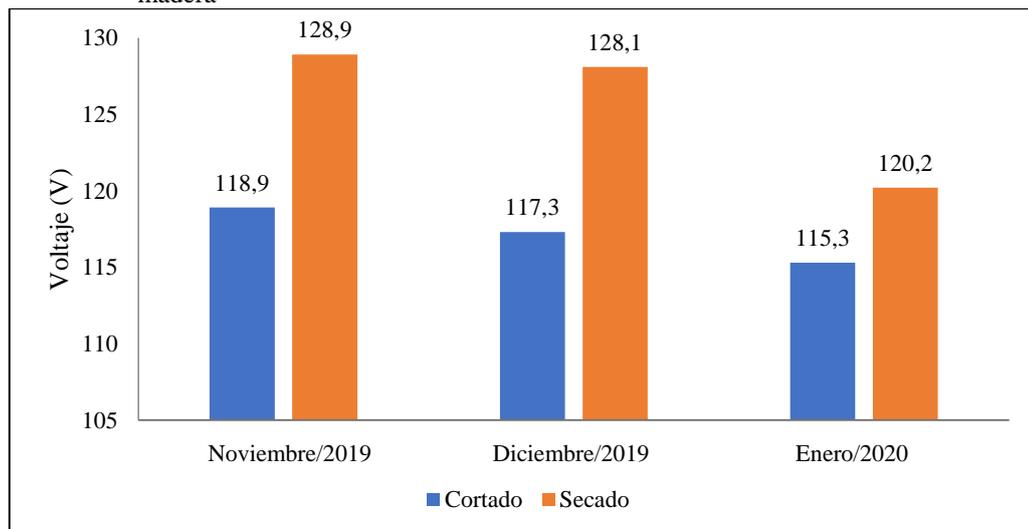


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Los resultados de la comparación del voltaje en la fase 1 en los procesos de cortado y secado demuestran que, en los tres meses de evaluación, el voltaje fue mayor para el proceso de secado, oscilando entre 122.9 y 129.66 V, mientras que en el proceso de cortado el voltaje fue menor que el otro proceso, de tal manera que los valores de voltaje en la fase 1 fluctuó entre 120.1 y 121.4 V (Gráfico 17).

Gráfico 18. Comparación del voltaje (V) en la fase 2 entre los procesos de cortado y secado de madera



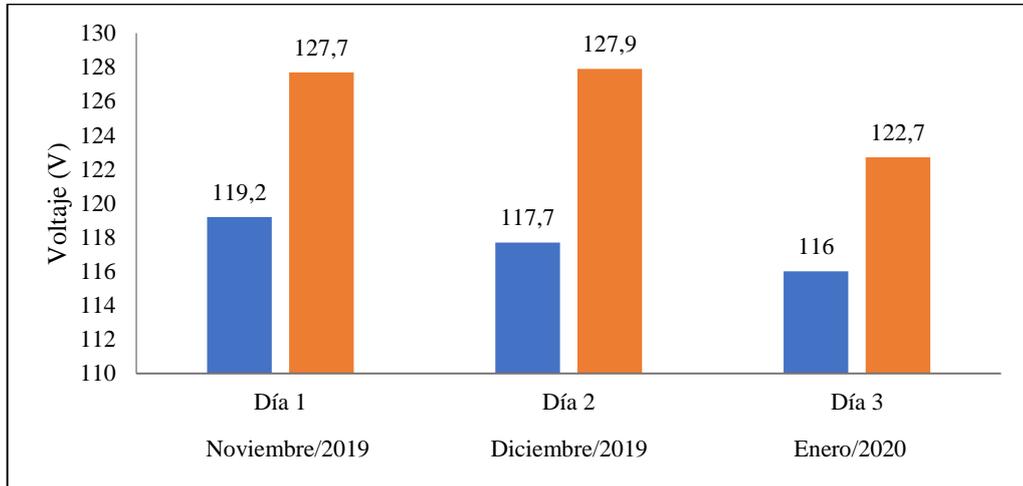
Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Para la fase 2, se observó una tendencia similar a la de la fase 1, evidenciándose que el voltaje registrado en el proceso de secado fue mayor al del cortado en los tres meses de evaluación. En

lo referente al proceso de cortado el voltaje en la fase 2 fue de 118.9, 117.3 y 115.3 V para los meses 1, 2 y 3, respectivamente. Para el proceso de secado los valores registrados fueron de 128.9, 128.1 y 120.2 V, en su orden (Gráfico 18).

Gráfico 19. Comparación del voltaje (V) en la fase 3 entre los procesos de cortado y secado de madera

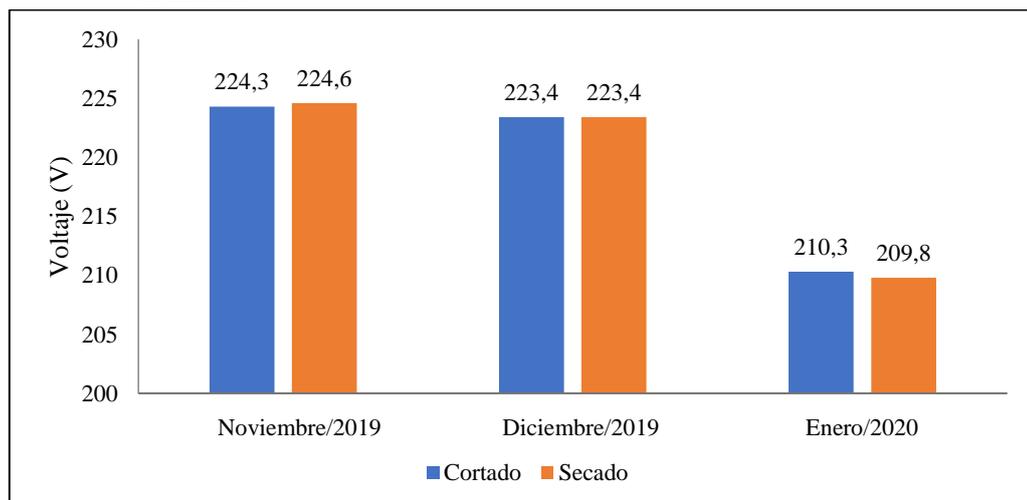


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 3, en los tres meses de evaluación se evidenció un mayor voltaje en el secado, variando entre 122.7 y 127.9 V, mientras que para el cortado el voltaje varió de 116.0 a 119.2 V (Gráfico 19).

Gráfico 20. Comparación del voltaje (V) en la fase 1-2 entre los procesos de cortado y secado de madera



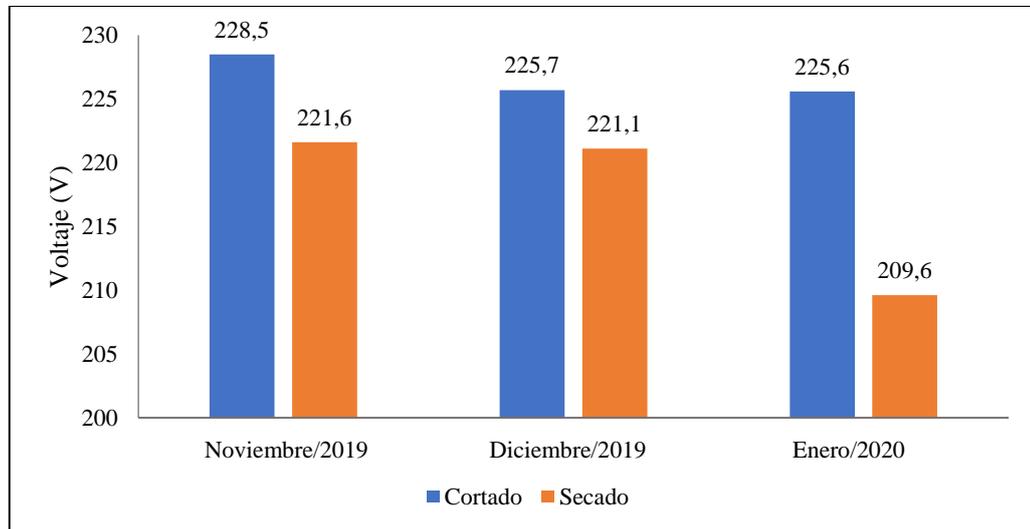
Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Tanto el cortado como el secado mostraron una disminución considerable para el tercer día de evaluación en la fase 1-2. Para el proceso de cortado, se pudo apreciar que el voltaje en la

mencionada fase osciló entre 210.3 y 224.3 V. En el proceso de secado, el voltaje en la fase 1-2 varió entre 209.8 y 224.6 (Gráfico 20).

Gráfico 21. Comparación del voltaje (V) en la fase 2-3 entre los procesos de cortado y secado de madera

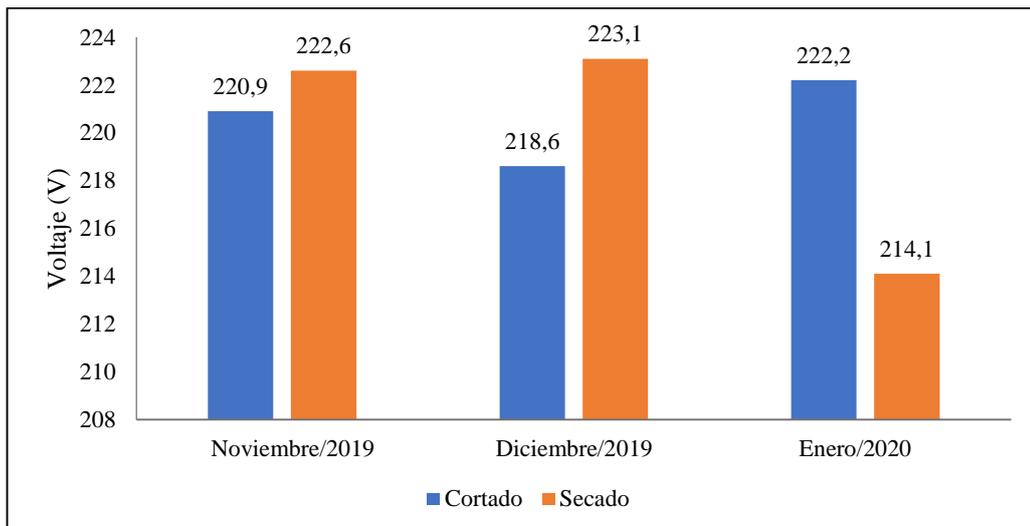


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 2-3, tanto en el proceso de cortado como en el de secado se evidenció un mayor voltaje en el secado, variando entre 122.7 y 127.9 V, mientras que para el cortado el voltaje varió de 116.0 a 119.2 V (Gráfico 21).

Gráfico 22. Comparación del voltaje (V) en la fase 3-1 entre los procesos de cortado y secado de madera.



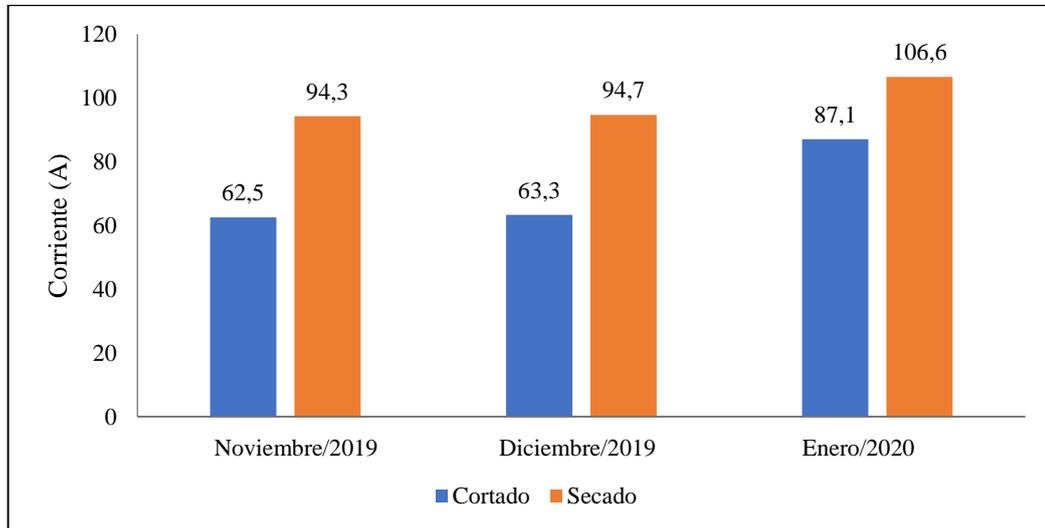
Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Para la fase 3-1, en los meses 1 y 2 se observó un mayor voltaje en el proceso de secado, mientras que para el día 3 se apreció lo contrario, siendo mayor el voltaje en el proceso de

cortado. Para el proceso de cortado el voltaje fluctuó entre 218.6 y 222.2 V, y para el proceso de secado este parámetro fluctuó entre 214.1 y 223.1 V (Gráfico 22).

Gráfico 23. Comparación de la corriente (A) en la fase 1 entre los procesos de cortado y secado de madera.

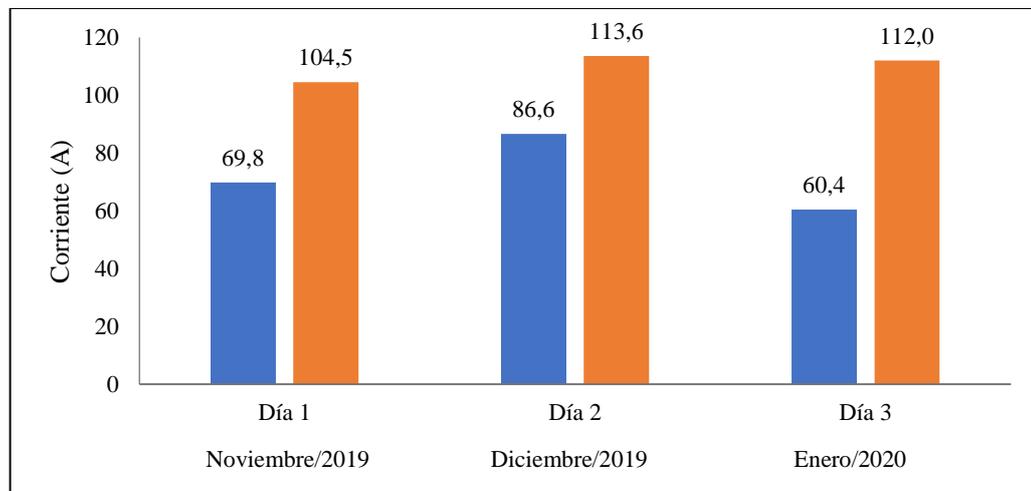


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Los resultados obtenidos en la evaluación de la corriente en la fase 1 en los procesos de cortado y secado de madera, demuestra que ésta fue mayor para el proceso de secado en los tres meses de evaluación. La corriente en la fase 1 para el proceso de cortado varió entre 62.5 y 87.1 A, mientras que para el proceso de secado este osciló entre 94.3 y 106.6 A. En ambos procesos se apreció que la corriente aumentó en orden ascendente para los meses 1, 2 y 3 (Gráfico 23).

Gráfico 24. Comparación de la corriente (A) en la fase 2 entre los procesos de cortado y secado de madera.

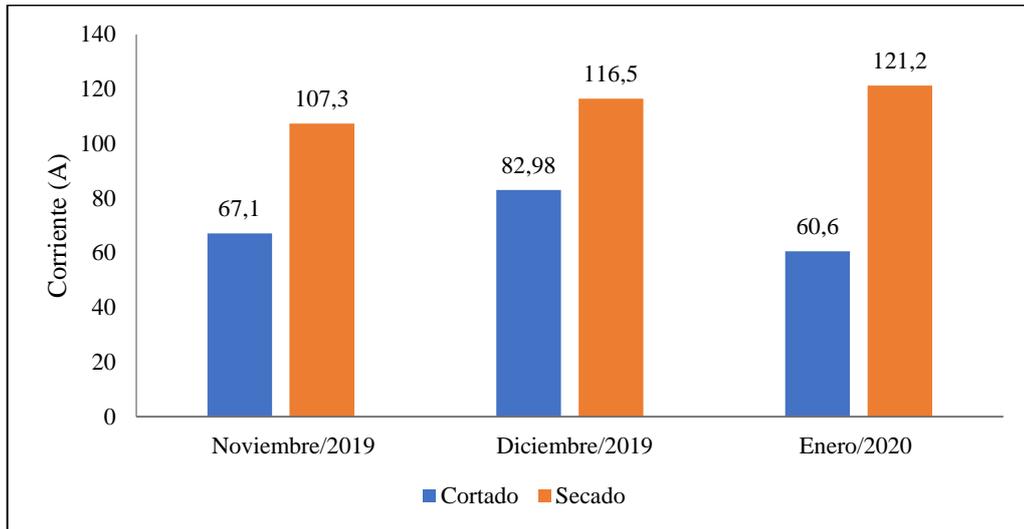


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 2, la corriente del proceso de cortado fluctuó entre 60.4 y 69.8 A, mientras que para el proceso de secado este varió entre 104.5 y 113.6 A. En los tres meses de evaluación la corriente fue mayor en el proceso de secado (Gráfico 24).

Gráfico 25. Comparación de la corriente (A) en la fase 3 entre los procesos de cortado y secado de madera.

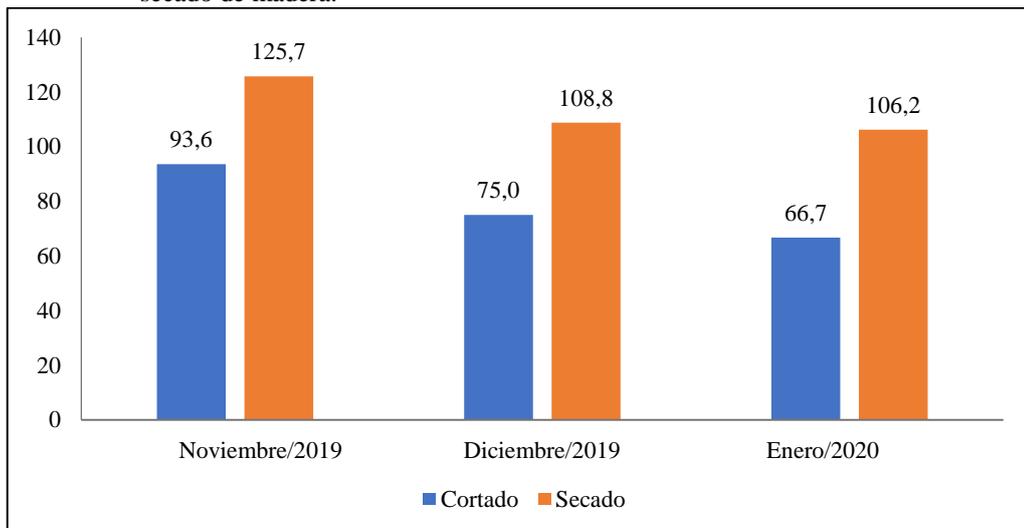


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 3, para los tres meses de evaluación, la corriente fue mayor en el proceso de secado. En el proceso de cortado la corriente osciló entre 60.6 y 67.1 A. Para el proceso de secado la corriente varió entre 1073 y 121.2 V (Gráfico 25).

Gráfico 26. Comparación del promedio de la potencia total (KW) entre los procesos de cortado y secado de madera.

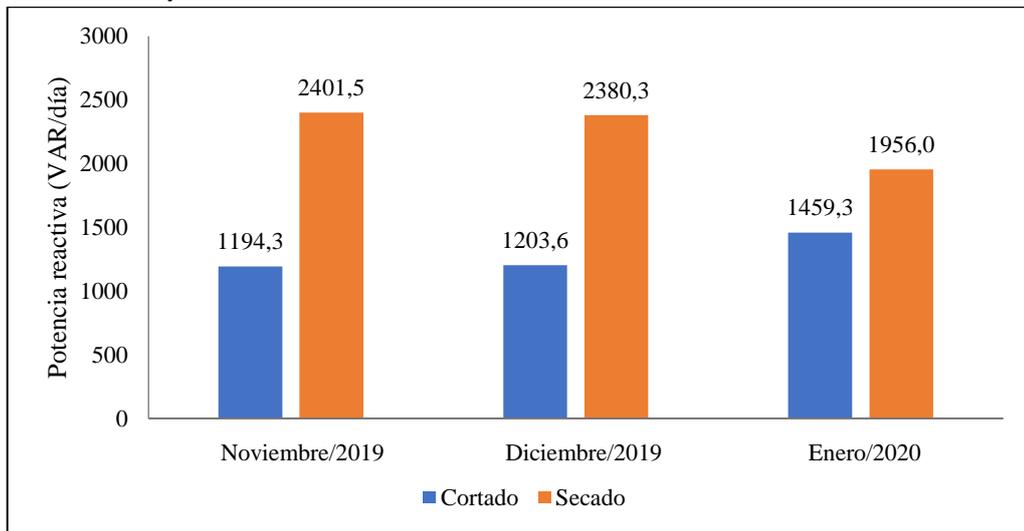


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En lo correspondiente a la potencia total de ambos procesos se observó mayor potencia total para el tercer día de evaluación, siendo mayor la potencia en el proceso de secado. Para el proceso de cortado el promedio de la potencia total fue entre 66.7 y 93.6W, mientras que para el proceso de secado de madera este varió entre 106.2 y 125.7 W (Gráfico 26).

Gráfico 27. Comparación de la potencia reactiva (VAR/día) entre los procesos de cortado y secado de madera

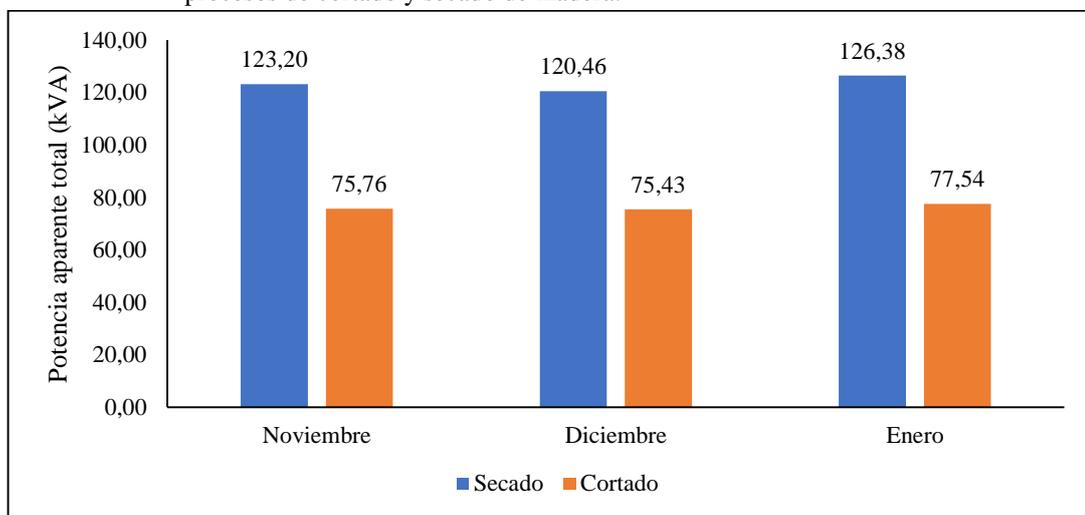


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La comparación de la potencia reactiva de los procesos de cortado y secado reflejó que en los tres meses de evaluación la potencia reactiva fue mayor en el proceso de secado. Para el proceso de cortado la potencia reactiva osciló entre 1194.3 y 1459.3 VAR/día, mientras que para el proceso de secado de madera este varió entre 1956.0 y 2401.5 VAR/día (Gráfico 27).

Gráfico 28. Comparación del promedio de la potencia aparente total (kVA) entre los procesos de cortado y secado de madera.

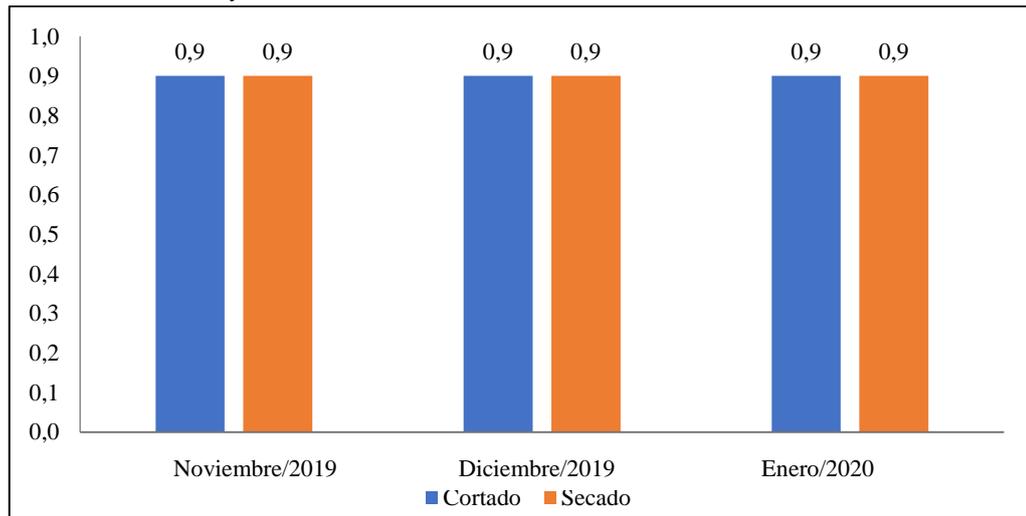


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Para el promedio de la potencia aparente total se evidenció que en los tres meses de evaluación dicha potencia fue mayor en el proceso de secado. En el proceso de cortado la potencia aparente fue de 75.76 y 77.54 kVA, siendo de 120.46 a 123.20 kVA para el proceso de secado (Gráfico 28).

Gráfico 29. Comparación del promedio del factor de potencia total entre los procesos de cortado y secado de madera.

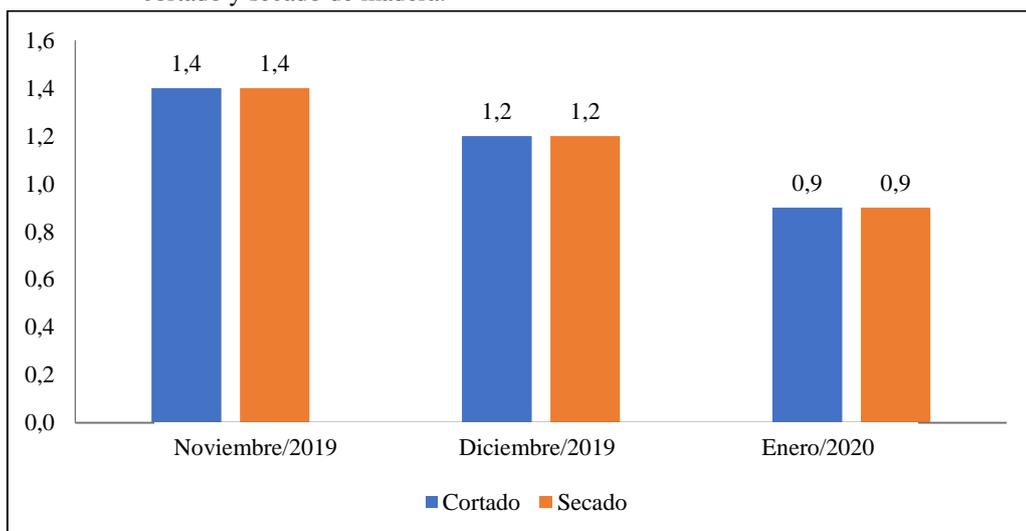


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En los tres meses de evaluación, el factor de potencia total tanto para el cortado como el secado de madera fue de 0.9 (Gráfico 29).

Gráfico 30. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.

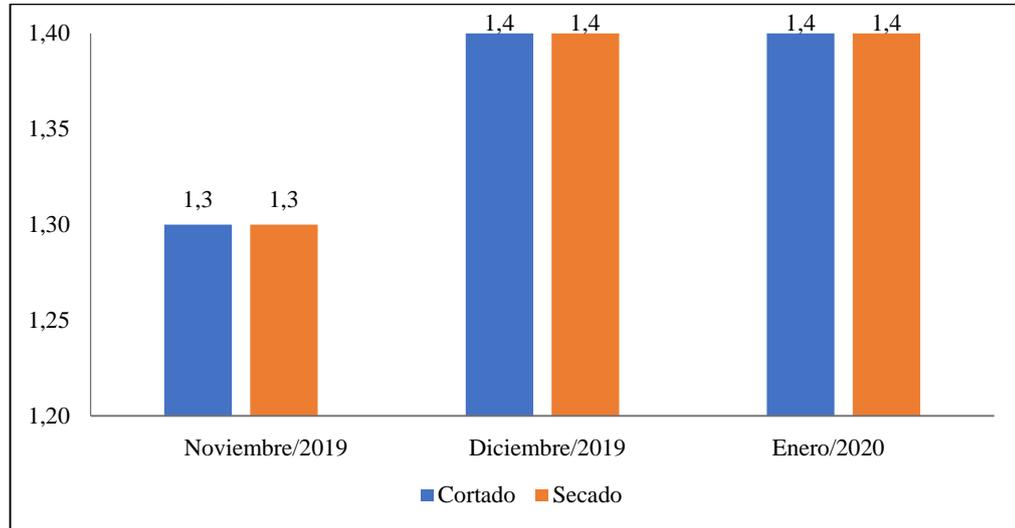


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El promedio armónico del voltaje 1 para ambos procesos osciló entre 0.9 y 1.4, observándose menor valor para el tercer día de evaluación. En cada día se observó el mismo valor para ambos procesos (Gráfico 30).

Gráfico 31. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.

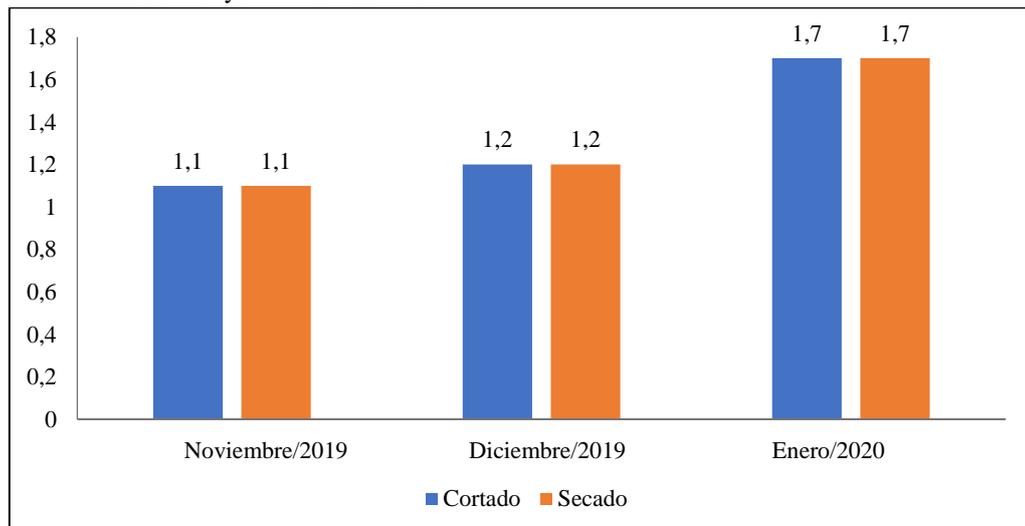


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Para el caso del voltaje 2, tanto en el cortado como en el secado, el promedio armónico fue de 1.3 en el primer día de evaluación, mientras que para los meses 2 y 3 fue de 1.4 (Gráfico 31).

Gráfico 32. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) entre los procesos de cortado y secado de madera.

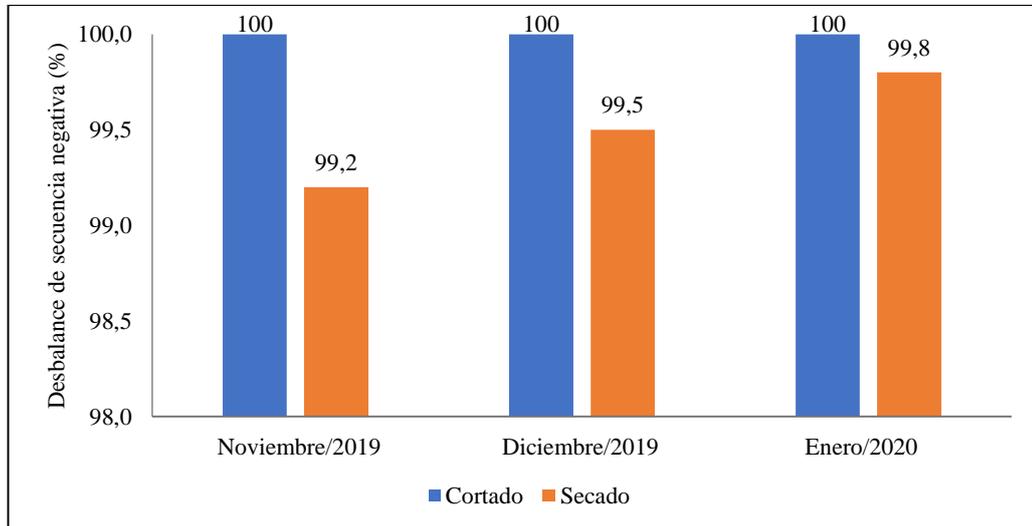


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La comparación de la tasa de distorsión armónica de la fase 3, reflejó que ambos procesos este valor osciló entre 1.1 y 1.7, siendo igual en cada día de evaluación, con valores de 1.1, 1.2 y 1.7 para los meses 1, 2 y 3, respectivamente (Gráfico 32).

Gráfico 33. Comparación del desbalance de secuencia negativa entre los procesos de cortado y secado de madera.



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

El desbalance de secuencia negativa fue de 100% en los 3 meses de evaluación para el proceso de cortado, mientras que para el proceso de secado este valor fue de 99.2, 99.5 y 99.8% para los meses 1, 2 y 3, respectivamente. El desbalance fue mayor en todos los meses en el proceso de cortado (Gráfico 33).

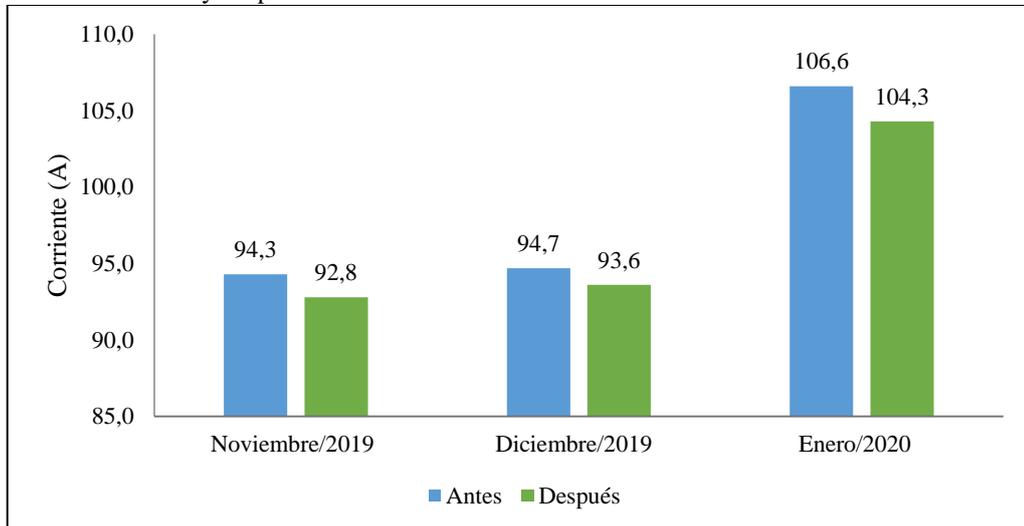
Técnicas adecuadas para disminuir el consumo energético en el proceso industrial

Se seleccionó la técnica de ahorro energético de los arrancadores suaves, ya que en el momento del encendido del secador produce caída de tensión, lo que genera reducción en los picos de corriente que afectan al transformador, ya que el voltaje es inversamente proporcional a la corriente, por lo que con los arrancadores suaves SIRIUS 3RW4024-1BB26, se puede arrancar y parar motores de forma óptima. Los arrancadores suaves electrónicos SIRIUS 3RW4024-1BB26 permiten adaptar la evolución de la corriente y del par durante el arranque a las exigencias de la aplicación de forma óptima.

Los arrancadores tienen como principal efecto que mejoran las secuencias de arranque y de parada (aceleran y desaceleran); extienden la productividad; permiten ahorro de energía/mantenimiento; y, protegen los motores. Además, limitan la corriente y el arranque, de modo que el esfuerzo mecánico y las bajas de tensión en la línea son mínimos. La instalación

de arrancadores suaves en el proceso de secado de madera, generó diferentes variaciones en los diferentes parámetros evaluados con el analizador de carga, tal como se muestra a continuación:

Gráfico 34. Comparación de la corriente (A) de la fase 1 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves

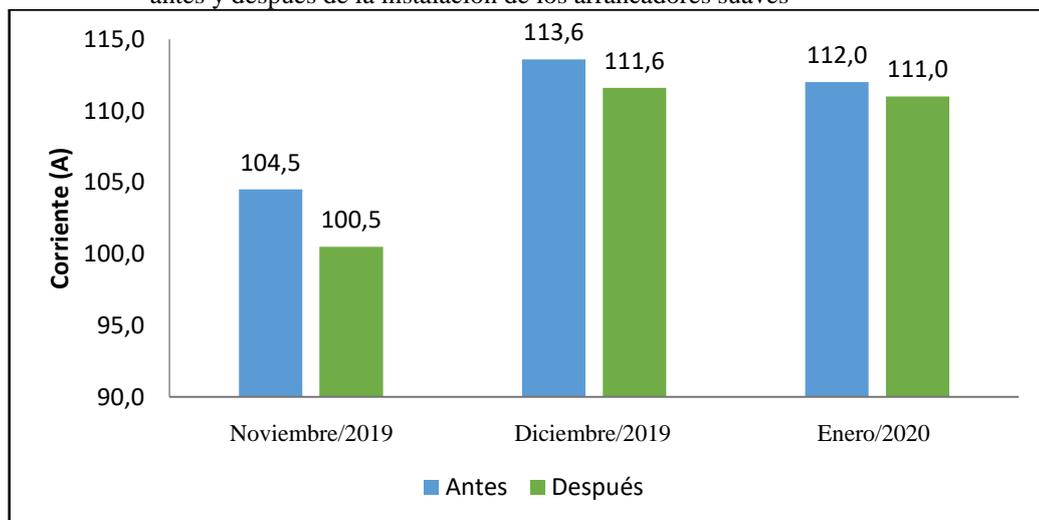


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

A través de la evaluación de la corriente en la fase 1 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, determinó que la corriente se disminuyó en los tres meses con valores de 1.5, 1.1 y 2.3 A de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 4.9 A (Gráfico 34).

Gráfico 35. Comparación de la corriente (A) de la fase 2 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves

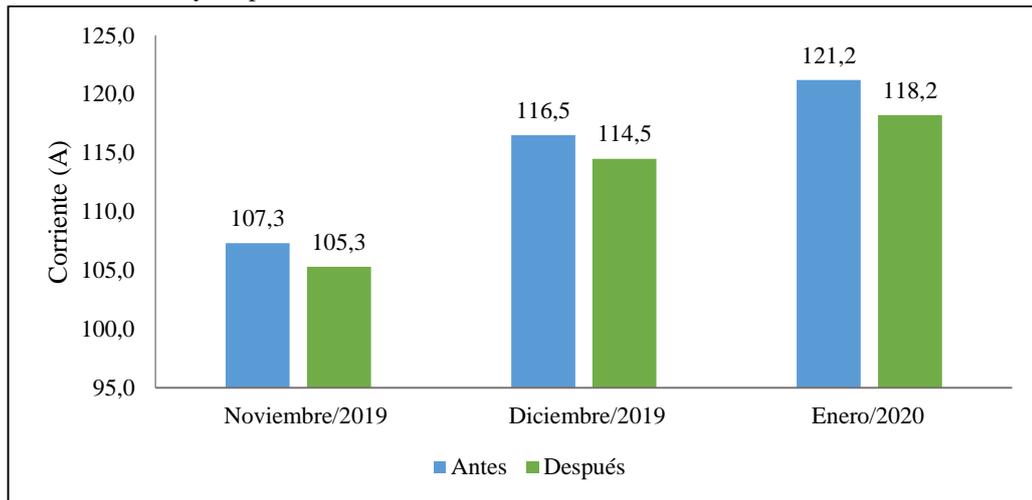


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 2 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se determinó que la corriente se disminuyó en los tres meses con valores de 1.5, 3.0 y 1.0 A de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 5.5 A (Gráfico 35).

Gráfico 36. Comparación de la corriente (A) de la fase 3 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves

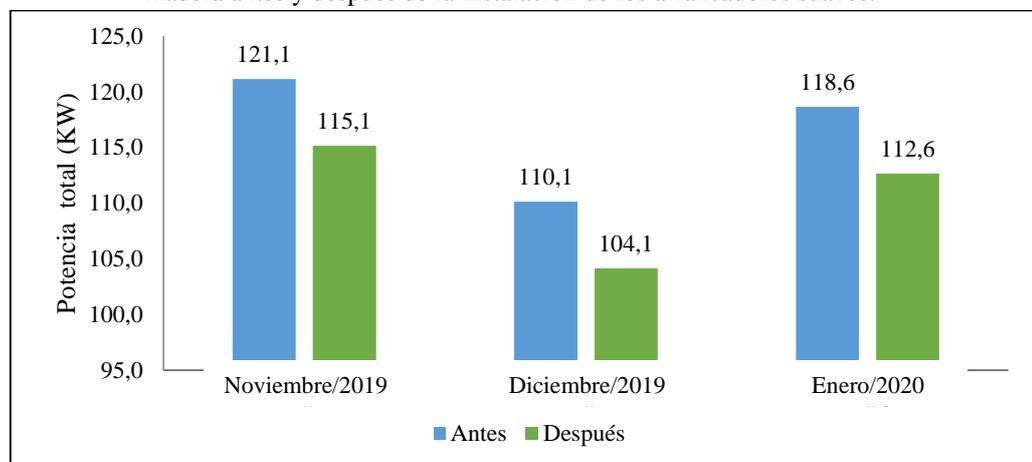


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En la fase 3 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se determinó que la corriente se disminuyó en los tres meses con valores de 2.0, 2.0 y 3.0 A de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 7.0 A (Gráfico 36).

Gráfico 37. Comparación del promedio de la potencia total (KW) en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.

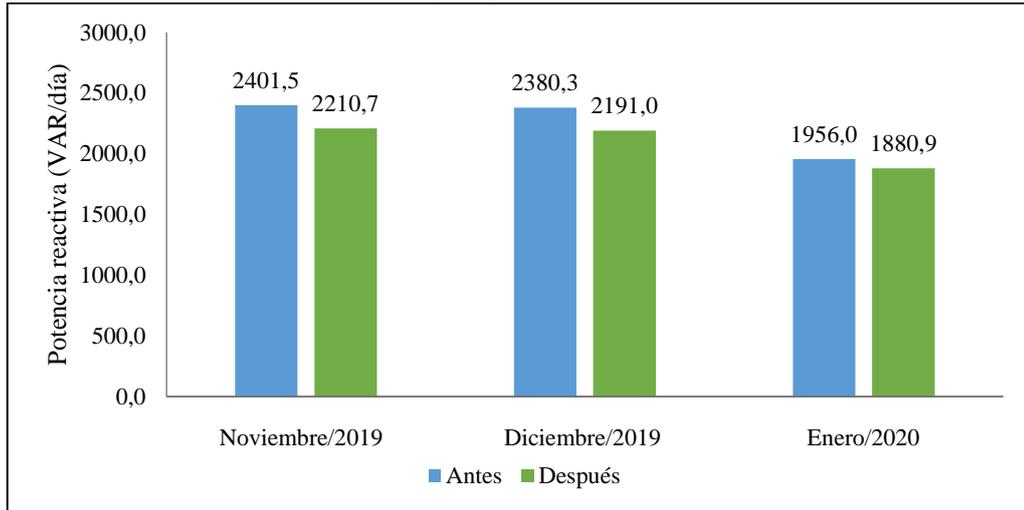


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Para la potencia total en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se determinó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 30.0, 10.0 y 140.0 W de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 180.0 W (Gráfico 37)

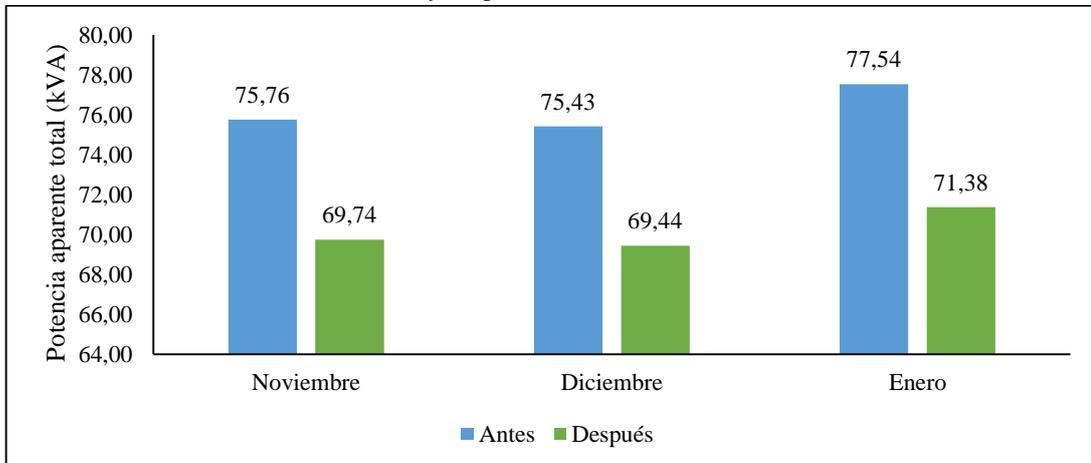
Gráfico 38. Comparación de la potencia reactiva (VAR/día) entre los procesos en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300
Elaboración: Solis J (2019)

Para la potencia reactiva en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se determinó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 190.8, 189.3 y 75.1 30 VAR/día de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 455.2 VAR/día (Gráfico 38).

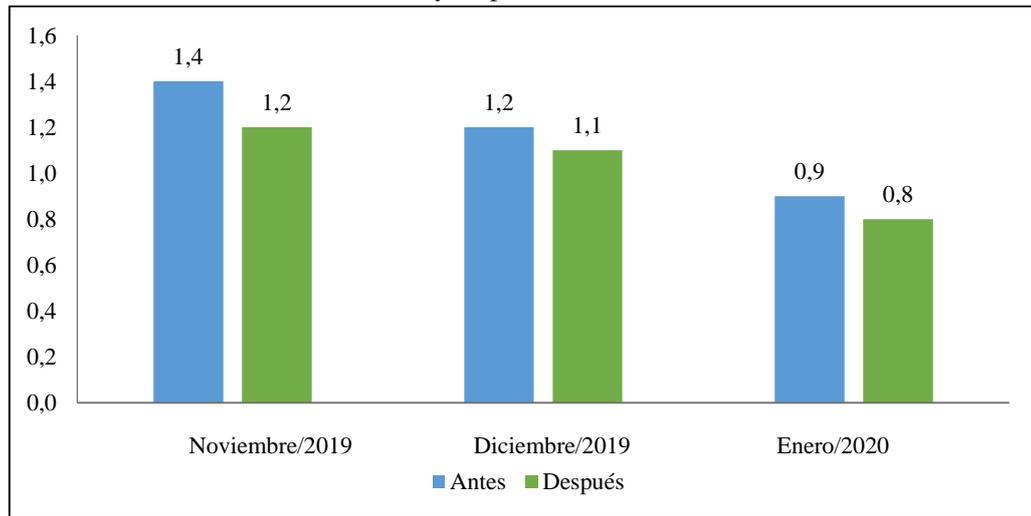
Gráfico 39. Comparación del promedio de la potencia aparente total (VA) en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300
Elaboración: Solis J (2019)

En el caso de la potencia aparente total en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se observó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 6.02, 5.99 y 6.16 kVA de ahorro para los meses 1, 2 y 3, respectivamente, generando un ahorro total de 18.17 kVa (Gráfico 39).

Gráfico 40. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 1 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.

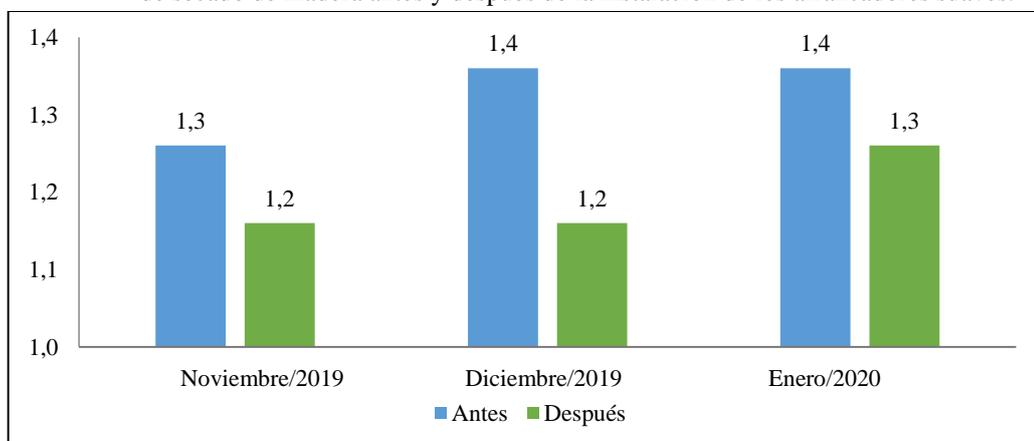


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En el caso de la tasa de distorsión armónica de la fase 1 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se observó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 0.1, 0.1 y 0.1 para los meses 1, 2 y 3 de evaluación, respectivamente (Gráfico 40)

Gráfico 41. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 2 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.

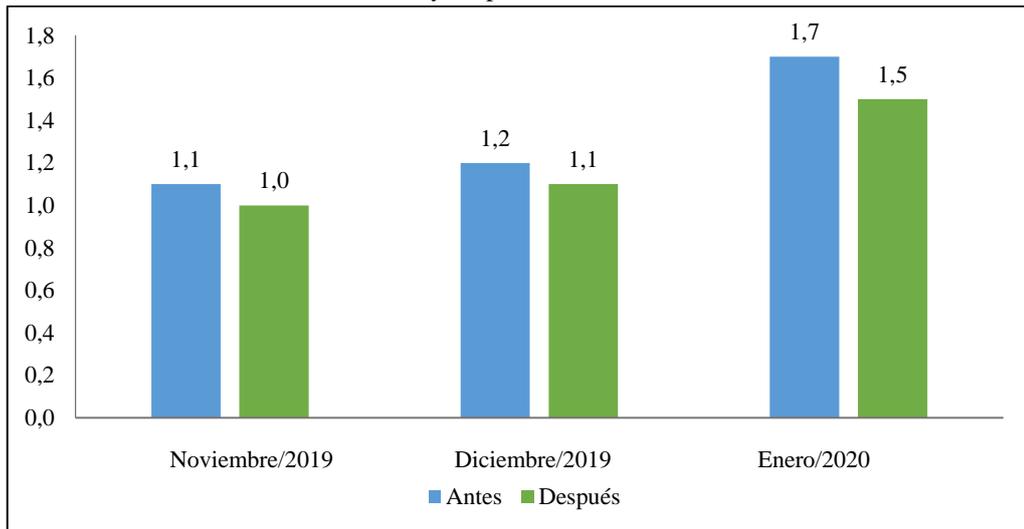


Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

En el caso de la tasa de distorsión armónica de la fase 2 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se observó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 0.1, 0.2 y 0.1 para los meses 1, 2 y 3 de evaluación, respectivamente (Gráfico 41).

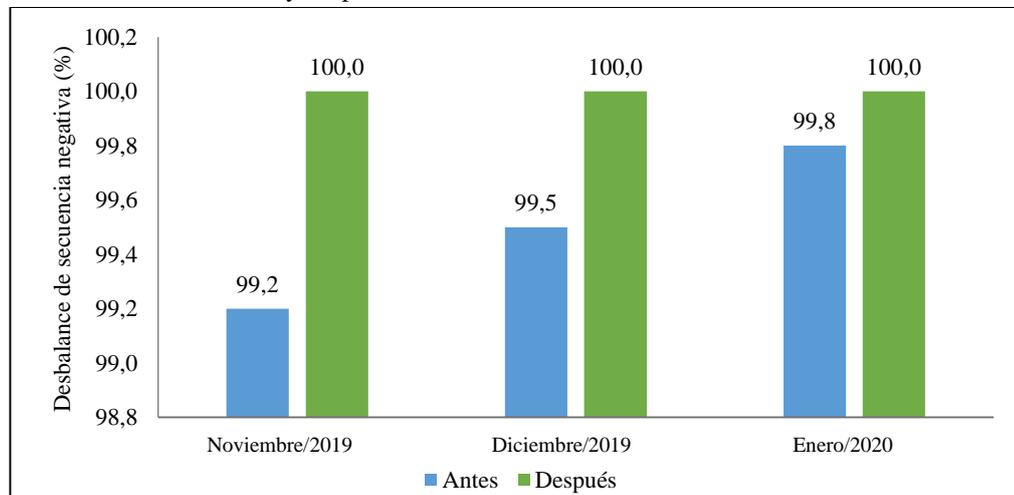
Gráfico 42. Comparación de la tasa de distorsión armónica (THD) de la fase 3 en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300
Elaboración: Solis J (2019)

En el caso de la tasa de distorsión armónica de la fase 3 en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se observó que ésta disminuyó en los tres meses con valores de 0.1, 0.1 y 0.2 para los meses 1, 2 y 3 de evaluación, respectivamente (Gráfico 42).

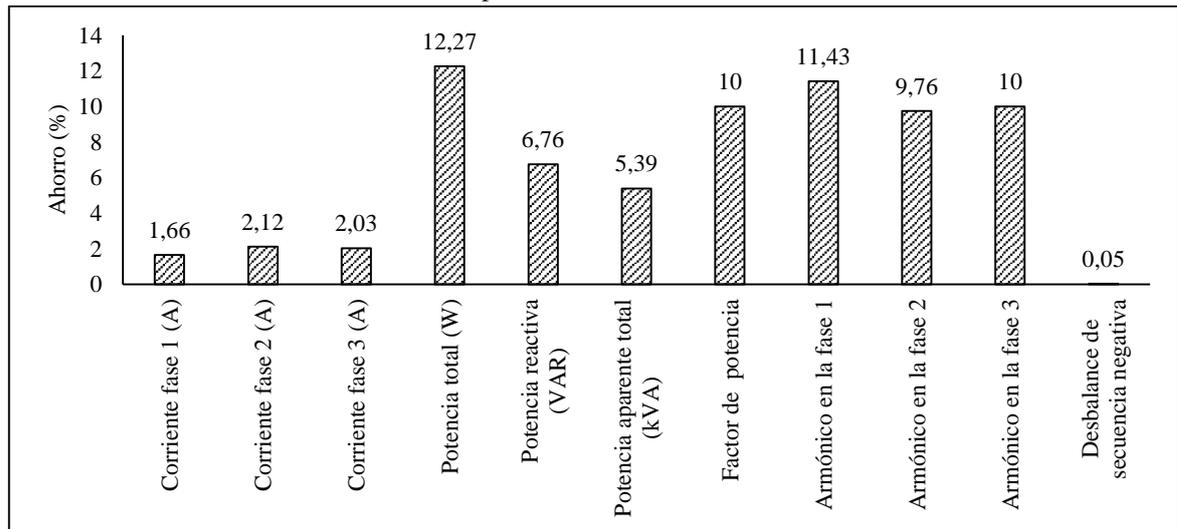
Gráfico 43. Comparación del desbalance de secuencia negativa en el proceso de secado de madera antes y después de la instalación de los arrancadores suaves.



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300
Elaboración: Solis J (2019)

Para el desbalance de secuencia negativa en el proceso de secado de madera, considerando antes y después de la instalación de los arrancadores en los tres meses de evaluación, se observó que ésta incrementó en los tres meses con valores de 0.8, 0.5 y 0.2 para los meses 1, 2 y 3 de evaluación, respectivamente (Gráfico 43).

Gráfico 44. Valores promedio de ahorro energético del antes y después de la instalación de los arrancadores suaves en el proceso de secado de madera



Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

La implementación de los arrancadores suaves, representó una disminución de 0.05 a 12.27 % usando la fórmula 4 de la página 20 en cuanto a todos los parámetros evaluados (Gráfico 44), lo que demuestra que la factibilidad en la implementación de éstos, ya que represente una disminución sustancial del consumo energético en el proceso de secado de madera en la empresa de estudio, ya que éste es el proceso que más consumo de energía representa.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

La presente investigación tiene un impacto tanto de carácter técnico como económico, siendo técnico ya que se ofrece una solución técnica utilizando arrancadores suaves, mejorando la eficiencia del motor y reduciendo el desgaste del mismo y alarga su vida útil, manteniendo consumos normales de corriente, lo que confirma el beneficio del uso de arrancadores suaves para la generación de ahorro de energía, y de carácter económico ya que al producirse un ahorro de energía, consecuentemente se produce un ahorro en los costos por concepto de consumo de energía, por lo que la inversión en arrancadores suaves, genera beneficios tanto a corto, mediano y largo plazo dentro de los procesos productivos de la empresa en estudio.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 5. Presupuesto del Proyecto de Investigación

Rubros	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Tablero	Unidad	1	7.80	7.80
Esferos	Unidad	4	0.45	1.80
Impresiones b/n	Unidad	420	0.05	21.00
Impresiones color	Unidad	105	0.35	36.75
Pendrives 16 GB	Unidad	2	10.5	21.00
Discos	CD-R	5	0.5	2.50
Herramientas eléctricas (Alquiler)	Días	30	10	300.00
Transporte	Pasajes	20	1.25	25.00
Arrancadores suaves	Unidad	3	600.00	1800.00
Analizador de carga (Alquiler)	Días	3	100	300.00
Anillados	Unidad	5	1.25	6.25
Empastados	Unidad	2	14	28.00
Total				2550.10

Elaboración: Solis J (2019)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En base al análisis e interpretación de los resultados se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El proceso de secado es la etapa del proceso productivo de la empresa que representa mayor consumo energético, puesto que se visualizó mediante la toma de lectura de todos los parámetros que tiene usos ineficientes y desmedrados de consumo energético, ya que, el horno funciona con un motor de 10 Hp y 6 resistencias de 0.6 KW, por lo que se optó por la técnica de instalación de arrancadores suave para que haya un menor desgaste de maquinaria facilitando el arranque del motor y así la vida útil de este se prolongue.
- El consumo de energía promedio en el proceso de cortado de madera por día es de 75.98 kWh/día, mientras que el del proceso de secado es de 116.64 kW/día, representando un costo total de \$ 843.38 y \$ 1294.66 respectivamente, al mes por consumo de energía considerando el régimen Costa, en un tiempo de 30 días laborales.
- Mediante el energizado gradual de los equipos de potencia, se controla el encendido inicial de cada máquina eléctrica o motor, para evitar encendidos simultáneos que provoquen caídas severas de tensión y haya mayor consumo de corriente de los arranques.
- A su vez se controla la cantidad de veces que una máquina se prende y se apaga por lo que mejora la calidad de la energía y se produce un ahorro de energía que se desperdicia en los arranques. Se instala también arrancadores suaves como una técnica para el arranque suave de motores.
- Al instalarse los arrancadores suaves para el proceso de secado, se logró visualizar la mejora del arranque y parada de los motores que trabajan en este proceso, obteniendo un perfil del voltaje que tiene menos picos bajos, lo que generó una optimización de recursos y por ende de la productividad en un 0.5% ya que estaba en 95.5% y se alcanzó el 100% demostrando que la técnica de instalación de arrancadores suaves funciona adecuadamente por estar la maquinaria trabajando, alargando la vida útil de las maquinarias y obteniendo el ahorro del recurso energético.
- Después de la investigación del consumo energético en los procesos y el uso de arrancadores suaves se tiene en cuenta que es posible implementar otra técnica de ahorro

energético y mejora de la calidad de la energía eléctrica en dicha empresa, la cual consiste en instalar un banco de condensadores para poder inyectar reactivos a la red para compensar el consumo de potencia reactiva y de esta forma mejorar el factor de potencia y evitar posibles penalización.

Recomendaciones

- Verificar periódicamente el estado de las instalaciones eléctricas, y proveer los correspondientes mantenimientos a éstas para evitar consumos innecesarios, y problemas potenciales en torno a dichas instalaciones.
- Promover el uso de arrancadores suaves en ambos procesos de la empresa ya que produce un ahorro energético, lo que a la vez supone un ahorro en términos económicos.
- Establecer los encendidos de las pequeñas máquinas en un orden adecuado y determinar su tiempo idóneo de trabajo.
- La carga de mayor potencia serán encendidas al final.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Nacional de Industriales (ANDI). (2014). Sistemas de gestión de la energía. Obtenido de http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2014/11/2-SISTEMAS-DE-GESTION-DE-LA-ENERGIA_sn.pdf.
- Barreto, R., & Fernández, E. (2010). Diagnóstico energético en la planta de producción de cerámica de la Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 58 p.
- Bartolomé, D., Posado, R., Bodas, R., Taberero, M., García, J., & Olmedo, S. (2013). Caracterización del consumo eléctrico en las granjas de vacuno lechero de Castilla y León. Archivos de Zootecnia 62(239): 447-455.
- Blanco, N. (2016). ¿Cuántos tipos de energía existen? Obtenido de <https://www.energia16.com/cuantos-tipos-de-energia-existen/>.
- Borja, E. (2017). La electricidad frente al combustible. Obtenido de combustible.
- Calderón, A. (2016). Secadora de madera. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza-Argentina. 23 p.
- Cañizares, G., Rivero, M., Pérez, R., & González, E. (2014). La gestión energética y su impacto en el sector industrial de la provincia de Villa Clara, Cuba. Tecnología Química 34(1): 11-23.
- Carvajal, R. (2018). Diseño y construcción de una máquina cortadora plasma CNC en la empresa mecánica industrial “MOYA HNOS”. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 142 p.
- Castillo, R. (2014). ¿Qué es la energía eléctrica? Obtenido de <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-electrica-381>.
- Contreras, R. (2017). Análisis del uso de un secador solar para madera en la ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. 120 p.

- ECAMEC. (2016). ECA-300 Verificador portátil de medidores trifásicos. Obtenido de https://www.avantec.cl/includes/dwn/subir_web/documentos/Catalogo_ECA300.pdf.
- Factor Energía. (2019). ¿Qué es la eficiencia energética? Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/>.
- Fiestas, B. (2011). Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura. Tesis de Master en Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Universidad de Piura. Piura, Perú. 122 p.
- IDAE. (2010). Auditorías energéticas en instalaciones ganaderas. Parte 1: Manual para la realización de auditorías energéticas en instalaciones ganaderas. Serie: Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, España. 83 p.
- ISMD. (2017). Eficiencia energética. Obtenido de <http://ismd.com.co/eficiencia-energetica/>.
- Laguna, I. (2014). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo energético en el Campus Rodríguez Lara – ESPE extensión Latacunga. Escuela Superior Politécnica del Ejército. Latacunga-Ecuador. 145 p.
- Lince, V., & Arroyave, A. (2016). Diseño de un horno para el secado de madera aserrada en zonas cálidas. UNIVERSIDAD EIA. Envigado-Colombia. 207 p.
- López, F., & Trejo, J. (2014). Diseño y construcción de un sistema de bombeo con óptimo consumo eléctrico e hídrico para Hilsea Investments, finca Florycampo. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 161 p .
- Martínez, L. (2012). Manual de Eficiencia Energética Residencial y Comercial. AES El Salvador. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. 89 p.
- Murgia, L., Caria, M., & Pazzona, A. (2008). Energy use and management in dairy farms. In: Innovation technology to empower safety, health and welfare in agriculture and agro-food systems. International Conference. University of Sassari. Ragusa, Italy. 7 p.

- Pazmiño, C., & Romero, D. (2013). Diseño e implementación de un prototipo para monitoreo y control remoto mediante gprs, de tableros de medidores comerciales de la empresa eléctrica Riobamba S.A. Escuela Superior Politécnica del Ejército. Latacunga-Ecuador. 286 p.
- Percy, F., Gómez, J., Sousa, V., Ceballos, J., & Quispe, E. (2017). Recomendaciones sobre el uso de arrancadores suaves para ahorrar energía en motores asincrónicos con cargas parciales. *Revista Espacios* 38(51): 1-10.
- PREMAC. (2019). Secador de madera PREMAC. Obtenido de <https://www.premac.co/producto/hornos-para-secado-de-madera-hornos-para-secado-de-madera#anclaform>.
- Quitiaquez, J. (2017). Estrategias didácticas en la enseñanza – aprendizaje de instalaciones eléctricas básicas aplicadas a los alumnos de décimo de educación básica de la institución educativa Rey Sabio Salomón del sector La Comuna de Quito D.M en el año lectivo 2016-2017. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 134 p.
- Sánchez, A. (2018). Análisis térmico para evaluar eficiencia en un calderín pirotubular de 2 BHP del laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 104 p.
- Upton, J., Murphy, M., French, P., & Dillon, P. (2010). Dairy farm energy consumption. In: *Dairying: Entering a decade of opportunity*. Teagasc National Dairy Conference 2010. Teagasc, Agriculture and Food Development Authority. Ballymiscaw, United Kingdom. 87-97.
- WEG. (2015). SSW-07 y SSW-08. Obtenido de <https://www.agrosistemas.com.ec/images/agro-sistemas/02-cliente/04-archivos/WEG-Arrancadores-Suaves-SSW07-CAT.pdf>.

16. ANEXOS

Anexo 1. Valores promedio de ahorro energético del antes y después de la instalación de los arrancadores suaves

Parámetros	Antes	Después	Ahorro	Porcentaje de ahorro
Corriente fase 1 (A)	98.5	96.9	1.6	1.66
Corriente fase 2 (A)	110.0	107.7	2.3	2.12
Corriente fase 3 (A)	115.0	112.7	2.3	2.03
Potencia total (W)	116.6	110.6	6.0	5.15
Potencia reactiva (VAR/día)	2245.9	2094.2	151.7	6.76
Potencia aparente total (VA)	2297.7	2173.8	123.9	5.39
Factor de potencia	0.9	0.9	0.0	0
Armónico en la fase 1	1.2	1.0	0.1	11.43
Armónico en la fase 2	1.4	1.2	0.1	9.76
Armónico en la fase 3	1.3	1.2	0.1	10
Desbalance de secuencia negativa	99.5	100.0	0.5	0.5

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 2. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de noviembre del 2019 en el proceso de cortado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/11/2019	120.2	122.2	125.1	62.6	67.0	65.8	66.1	1333.4	1528.0	0.9	1.1	1.4	1.3	100
2/11/2019	122.1	123.4	122.5	70.8	83.9	70.4	66.4	1269.3	1695.7	0.9	1.3	1.3	1.7	100
3/11/2019	121.1	120.8	125.6	64.5	86.2	66.5	79.6	1453.8	1124.7	0.9	1.2	1.4	1.2	100
4/11/2019	124.9	121.9	121.2	79.1	81.1	72.1	64.5	1452.2	1385.5	0.9	1.3	1.4	1.6	100
5/11/2019	122.0	120.5	121.4	83.0	76.8	65.2	67.9	1431.5	1701.7	0.9	1	1.4	1.6	100
6/11/2019	124.0	120.3	123.7	66.2	71.7	81.0	93.6	1335.8	1412.8	0.9	1.3	1.4	1.5	100
7/11/2019	125.9	123.4	120.3	77.8	67.6	79.9	70.4	1318.4	1490.1	0.9	1.4	1.3	1.1	100
8/11/2019	120.5	120.4	120.2	80.2	73.5	80.0	81.0	1364.1	1624.6	0.9	1.3	1.4	1.7	100
9/11/2019	120.3	124.5	120.4	71.9	75.6	63.2	91.9	1424.0	1829.9	0.9	0.9	1.3	1.4	100
10/11/2019	123.6	121.8	120.7	74.0	85.6	62.3	72.0	1366.8	1223.7	0.9	1.2	1.4	1.1	100
11/11/2019	124.2	121.3	121.2	78.8	86.3	80.8	90.8	1204.7	1317.1	0.9	1.2	1.4	1.2	100
12/11/2019	121.5	124.5	125.9	83.4	60.5	75.8	89.5	1268.9	1655.6	0.9	1.4	1.3	1.5	100
13/11/2019	122.2	124.6	123.3	82.3	66.9	64.8	74.5	1261.5	1385.5	0.9	1.4	1.3	1.4	100
14/11/2019	125.5	125.8	122.8	78.4	73.1	62.4	77.6	1420.9	1352.6	0.9	1	1.3	1.2	100
15/11/2019	122.6	122.7	122.0	78.8	80.6	79.9	78.7	1230.1	1168.6	0.9	1.1	1.3	1.6	100
16/11/2019	123.7	124.1	124.9	66.1	61.5	81.1	56.6	1438.6	1316.1	0.9	1.1	1.4	1.5	100
17/11/2019	123.6	123.5	122.2	65.7	79.4	66.7	68.6	1352.1	1529.7	0.9	1.4	1.4	1.7	100
18/11/2019	121.4	125.2	122.0	63.1	65.6	74.9	57.4	1270.2	1389.3	0.9	1	1.4	1.6	100
19/11/2019	124.2	125.5	124.8	79.6	82.6	73.5	68.5	1270.3	1819.6	0.9	1.4	1.4	1.7	100
20/11/2019	125.4	124.8	125.0	81.9	75.7	82.9	76.4	1268.1	1678.5	0.9	1	1.4	1.2	100
21/11/2019	120.5	125.6	120.4	84.0	71.4	78.2	75.0	1278.2	1233.7	0.9	1.1	1.3	1.6	100
22/11/2019	121.9	125.0	124.2	74.6	67.0	61.4	81.6	1239.8	1264.7	0.9	1.3	1.3	1.2	100
23/11/2019	121.7	125.1	123.3	83.0	82.7	82.8	75.7	1405.9	1490.0	0.9	0.9	1.3	1.3	100
24/11/2019	121.8	122.7	122.4	85.8	81.6	66.3	69.8	1338.4	1762.4	0.9	1.3	1.4	1.1	100
25/11/2019	122.1	125.6	125.1	77.6	64.5	81.0	87.9	1303.4	1479.0	0.9	1.2	1.4	1.5	100
26/11/2019	125.9	124.8	121.8	81.7	74.4	77.9	71.4	1197.3	1417.4	0.9	0.9	1.4	1.3	100
27/11/2019	120.9	125.7	121.5	78.9	62.6	63.8	66.7	1413.7	1695.6	0.9	1.2	1.3	1.6	100
28/11/2019	126.0	123.7	120.3	82.5	62.3	66.1	86.7	1429.3	1571.3	0.9	1.2	1.4	1.5	100
29/11/2019	122.3	121.7	124.9	69.1	65.4	64.3	87.5	1384.3	1686.1	0.9	0.9	1.3	1.4	100
30/11/2019	120.9	122.9	122.4	71.4	68.1	78.2	85.1	1384.0	1212.6	0.9	1.3	1.4	1.1	100

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 3. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de diciembre del 2019 en el proceso de cortado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/12/2019	125.9	124.4	124.3	78.7	78.3	70.6	77.2	1430.7	1682.1	0.9	1.2	1.4	1.3	100.0
2/12/2019	123.9	120.7	122.4	69.9	70.0	73.4	60.5	1311.7	1137.6	0.9	1.2	1.3	1.6	100.0
3/12/2019	121.1	125.2	121.9	79.7	62.7	80.2	56.8	1322.9	1802.7	0.9	1.1	1.3	1.6	100.0
4/12/2019	123.7	125.8	123.8	64.4	67.1	66.3	83.1	1281.6	1158.5	0.9	1.4	1.3	1.3	100.0
5/12/2019	120.4	123.9	125.9	67.2	67.7	64.0	68.3	1419.6	1589.9	0.9	1.3	1.3	1.6	100.0
6/12/2019	125.8	122.8	120.4	64.4	61.4	74.9	81.0	1246.7	1196.1	0.9	1.3	1.4	1.3	100.0
7/12/2019	120.8	120.5	122.5	65.8	70.9	78.2	81.8	1225.3	1551.6	0.9	1.4	1.4	1.2	100.0
8/12/2019	125.8	123.8	125.2	65.8	65.2	80.5	79.1	1251.2	1267.7	0.9	1.4	1.3	1.2	100.0
9/12/2019	121.5	123.7	122.8	80.8	81.6	80.2	62.4	1385.7	1379.9	0.9	1.0	1.3	1.2	100.0
10/12/2019	124.6	124.3	123.2	65.6	71.9	77.4	87.5	1446.0	1311.3	0.9	1.0	1.3	1.7	100.0
11/12/2019	122.4	124.9	120.6	81.6	69.8	73.4	59.9	1436.1	1510.9	0.9	1.3	1.3	1.2	100.0
12/12/2019	122.7	122.7	124.9	68.3	82.0	78.8	85.0	1336.1	1363.3	0.9	0.9	1.4	1.5	100.0
13/12/2019	125.8	121.5	123.7	68.7	65.8	78.7	78.5	1314.5	1564.9	0.9	1.2	1.3	1.2	100.0
14/12/2019	123.7	120.9	120.3	83.9	71.8	64.0	64.8	1332.8	1203.8	0.9	1.2	1.4	1.6	100.0
15/12/2019	120.7	120.3	124.7	77.9	76.6	82.0	83.5	1446.1	1598.2	0.9	1.0	1.4	1.2	100.0
16/12/2019	125.7	125.0	123.7	83.4	82.6	80.8	58.9	1375.5	1528.3	0.9	1.4	1.4	1.4	100.0
17/12/2019	121.9	125.5	120.3	81.0	66.4	75.1	92.5	1446.2	1593.2	0.9	1.2	1.4	1.7	100.0
18/12/2019	122.9	120.4	121.1	79.0	77.3	82.4	78.2	1426.8	1498.3	0.9	0.9	1.4	1.7	100.0
19/12/2019	123.2	123.9	125.6	67.3	73.3	76.1	79.6	1327.4	1139.4	0.9	0.9	1.4	1.2	100.0
20/12/2019	122.7	124.3	121.8	74.0	73.8	72.7	90.0	1216.4	1669.0	0.9	1.1	1.3	1.5	100.0
21/12/2019	121.4	124.1	123.6	76.7	72.5	63.5	67.0	1211.5	1684.9	0.9	0.9	1.4	1.5	100.0
22/12/2019	125.3	121.6	124.7	65.0	84.6	69.9	60.0	1210.7	1295.6	0.9	1.0	1.4	1.3	100.0
23/12/2019	122.4	121.4	122.9	77.8	75.2	76.7	57.9	1393.2	1164.2	0.9	1.1	1.3	1.6	100.0
24/12/2019	121.9	121.3	123.8	64.3	68.9	70.7	68.5	1451.7	1625.2	0.9	1.1	1.3	1.3	100.0
25/12/2019	125.3	122.1	124.9	65.1	76.4	78.4	58.8	1400.0	1686.9	0.9	1.3	1.3	1.4	100.0
26/12/2019	125.0	121.1	120.4	79.4	83.5	81.9	81.9	1209.3	1413.7	0.9	1.3	1.4	1.5	100.0
27/12/2019	120.4	122.1	121.7	65.4	82.9	80.2	87.5	1199.3	1499.7	0.9	1.4	1.3	1.7	100.0
28/12/2019	122.9	123.4	123.7	78.6	80.7	69.1	63.8	1308.4	1233.5	0.9	1.4	1.3	1.7	100.0
29/12/2019	124.4	122.5	124.3	63.2	70.9	67.8	57.6	1441.8	1735.6	0.9	1.3	1.3	1.4	100.0
30/12/2019	123.8	125.4	124.6	73.0	75.3	68.5	79.3	1206.8	1475.6	0.9	1.1	1.3	1.5	100.0
31/12/2019	122.6	123.8	125.9	70.9	78.9	79.6	91.8	1411.9	1664.6	0.9	1.2	1.4	1.5	100.0

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 4. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de enero 2020 en el proceso de cortado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/1/2020	120.6	122.0	120.5	68.4	61.8	79.2	84.3	1453.1	1417.5	0.9	1.1	1.3	1.5	100.0
2/1/2020	121.3	125.3	121.0	70.3	66.9	67.9	63.7	1261.7	1178.6	0.9	1.3	1.3	1.1	100.0
3/1/2020	120.2	120.3	123.4	71.4	70.1	78.3	63.3	1445.0	1598.2	0.9	1.4	1.3	1.6	100.0
4/1/2020	123.5	121.2	123.5	65.6	84.7	70.5	93.2	1197.7	1219.4	0.9	1.0	1.4	1.5	100.0
5/1/2020	121.7	121.3	123.6	66.2	66.5	75.4	71.0	1377.2	1489.3	0.9	1.1	1.3	1.2	100.0
6/1/2020	124.2	122.3	124.4	65.0	86.2	79.3	87.0	1234.1	1131.6	0.9	1.3	1.3	1.2	100.0
7/1/2020	123.4	124.5	121.7	79.8	82.0	82.0	90.8	1257.1	1436.5	0.9	1.1	1.4	1.6	100.0
8/1/2020	123.5	120.9	120.8	69.6	80.9	81.2	63.7	1438.5	1679.6	0.9	1.1	1.4	1.6	100.0
9/1/2020	124.1	121.2	122.6	63.3	72.8	62.5	87.5	1218.7	1415.8	0.9	0.9	1.4	1.1	100.0
10/1/2020	124.1	123.8	124.4	68.4	76.0	82.7	65.1	1420.5	1226.5	0.9	1.3	1.4	1.5	100.0
11/1/2020	123.3	120.5	123.4	82.9	79.1	75.4	83.7	1348.1	1387.6	0.9	1.0	1.4	1.7	100.0
12/1/2020	121.3	125.7	120.4	85.8	84.5	80.3	93.6	1365.1	1324.1	0.9	1.1	1.4	1.6	100.0
13/1/2020	122.1	121.3	125.6	79.3	68.5	74.4	77.4	1391.5	1762.1	0.9	1.4	1.3	1.4	100.0
14/1/2020	124.6	125.5	123.8	69.4	61.3	82.2	57.1	1270.0	1688.4	0.9	1.0	1.3	1.2	100.0
15/1/2020	124.3	120.5	124.2	81.9	66.2	73.1	80.8	1212.1	1676.6	0.9	1.1	1.3	1.2	100.0
16/1/2020	124.5	120.5	121.8	83.4	74.4	66.2	87.2	1412.4	1624.8	0.9	1.1	1.3	1.4	100.0
17/1/2020	122.1	125.0	121.1	84.3	64.4	61.6	86.3	1429.9	1166.2	0.9	1.2	1.3	1.4	100.0
18/1/2020	121.7	120.5	123.3	75.7	72.3	78.7	75.4	1228.6	1264.4	0.9	1.3	1.3	1.2	100.0
19/1/2020	122.3	121.3	123.4	69.0	76.7	69.0	67.8	1212.2	1603.5	0.9	1.2	1.4	1.4	100.0
20/1/2020	121.7	122.1	125.4	62.9	71.8	82.1	63.1	1200.0	1436.0	0.9	1.3	1.4	1.5	100.0
21/1/2020	126.0	124.6	124.4	84.3	64.0	79.8	76.0	1423.9	1261.9	0.9	1.4	1.4	1.6	100.0
22/1/2020	124.7	124.0	123.4	75.6	68.8	82.0	73.5	1395.5	1323.9	0.9	0.9	1.3	1.5	100.0
23/1/2020	125.1	124.4	123.9	82.1	80.7	77.1	79.8	1201.2	1343.4	0.9	0.9	1.3	1.6	100.0
24/1/2020	123.3	123.9	122.1	72.7	79.0	80.0	70.1	1311.7	1504.4	0.9	1.3	1.3	1.1	100.0
25/1/2020	121.7	125.5	121.9	79.5	70.5	80.6	86.6	1373.5	1567.9	0.9	1.4	1.3	1.4	100.0
26/1/2020	122.0	122.5	123.9	68.4	75.6	79.6	83.4	1308.2	1152.6	0.9	1.0	1.4	1.7	100.0
27/1/2020	126.0	123.0	124.8	64.9	77.5	65.6	61.9	1296.1	1480.2	0.9	1.4	1.3	1.5	100.0
28/1/2020	122.0	123.1	122.6	68.4	78.3	82.8	71.1	1201.8	1787.8	0.9	0.9	1.3	1.7	100.0
29/1/2020	120.5	121.9	124.5	80.5	80.2	73.4	76.0	1449.4	1248.3	0.9	1.0	1.3	1.4	100.0
30/1/2020	125.5	124.6	123.4	75.4	77.6	62.1	91.9	1361.0	1730.3	0.9	1.0	1.4	1.6	100.0
31/1/2020	124.9	123.9	124.6	71.3	66.3	82.3	59.4	1403.6	1561.0	0.9	0.9	1.3	1.6	100.0

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 5. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de noviembre del 2019 en el proceso de secado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/11/2019	127.1	123.6	124.4	98.4	109.2	115.8	120.8	2294.7	2154.3	0.9	1.1	1.4	1.3	99.7
2/11/2019	128.5	123.8	125.7	98.7	110.3	115.3	121.9	2128.9	2479.0	0.9	1.3	1.3	1.7	99.2
3/11/2019	129.1	124.5	126.0	103.5	110.4	112.5	106.0	2318.3	2307.8	0.9	1.2	1.4	1.2	99.7
4/11/2019	126.7	123.7	127.6	100.2	113.4	119.3	110.5	2116.8	2307.6	0.9	1.3	1.4	1.6	99.2
5/11/2019	124.8	127.5	126.1	106.4	105.3	111.0	121.4	1989.3	2427.5	0.9	1	1.4	1.6	99.2
6/11/2019	124.1	121.4	126.0	102.9	106.3	116.6	125.7	2196.0	2182.9	0.9	1.3	1.4	1.5	99.8
7/11/2019	123.1	126.6	127.9	97.0	113.4	115.1	120.2	2072.8	2154.2	0.9	1.4	1.3	1.1	99.5
8/11/2019	129.0	128.4	124.9	102.0	107.2	115.1	116.5	2263.3	2235.4	0.9	1.3	1.4	1.7	99.8
9/11/2019	125.2	128.8	124.8	105.4	108.3	112.5	108.2	2259.1	2455.9	0.9	0.9	1.3	1.4	99.7
10/11/2019	126.4	123.0	126.7	97.3	106.3	107.3	112.1	2230.4	2498.7	0.9	1.2	1.4	1.1	99.4
11/11/2019	126.7	120.4	124.2	97.3	106.9	120.6	127.8	2336.4	2451.7	0.9	1.2	1.4	1.2	99.8
12/11/2019	123.3	127.4	122.7	103.4	110.6	115.8	105.5	2177.8	2279.0	0.9	1.4	1.3	1.5	99.3
13/11/2019	128.3	127.4	125.8	103.5	110.6	118.4	120.0	2097.9	2454.0	0.9	1.4	1.3	1.4	99.3
14/11/2019	128.7	125.3	125.4	99.8	110.1	108.8	111.9	2168.4	2243.7	0.9	1	1.3	1.2	99.6
15/11/2019	126.5	128.4	124.3	103.9	110.3	109.3	117.6	2244.1	2086.4	0.9	1.1	1.3	1.6	99.4
16/11/2019	125.3	128.8	126.4	99.4	111.7	107.6	113.5	2185.1	1985.3	0.9	1.1	1.4	1.5	99.4
17/11/2019	124.8	125.0	126.1	106.0	105.4	112.6	131.8	2400.4	2301.2	0.9	1.4	1.4	1.7	99.4
18/11/2019	124.1	125.2	125.1	95.3	109.3	114.9	106.8	2267.5	2492.5	0.9	1	1.4	1.6	99.6
19/11/2019	125.0	121.5	123.6	105.8	108.5	112.9	115.9	2303.6	2028.5	0.9	1.4	1.4	1.7	99.4
20/11/2019	122.9	128.4	125.9	94.8	110.9	107.5	126.5	1994.4	2135.4	0.9	1	1.4	1.2	99.2
21/11/2019	126.0	121.8	123.5	105.0	106.6	108.8	108.8	2045.5	2163.2	0.9	1.1	1.3	1.6	99.7
22/11/2019	123.9	121.1	124.0	104.4	105.7	108.5	112.1	2046.1	2017.1	0.9	1.3	1.3	1.2	99.3
23/11/2019	125.7	121.9	124.9	102.6	110.9	109.0	105.9	2171.3	2088.3	0.9	0.9	1.3	1.3	99.5
24/11/2019	129.2	124.1	127.4	99.8	109.2	110.6	128.5	2164.8	2053.8	0.9	1.3	1.4	1.1	99.3
25/11/2019	128.1	124.8	124.2	102.0	108.4	112.2	124.1	2259.7	2127.9	0.9	1.2	1.4	1.5	99.6
26/11/2019	125.2	122.1	124.8	94.6	110.2	109.5	126.8	2322.3	2011.1	0.9	0.9	1.4	1.3	99.4
27/11/2019	129.1	123.4	124.0	97.0	107.0	116.0	106.2	2350.7	2240.9	0.9	1.2	1.3	1.6	99.5
28/11/2019	128.6	128.0	123.4	96.9	110.2	108.1	121.1	2166.2	2110.1	0.9	1.2	1.4	1.5	99.7
29/11/2019	128.4	128.0	123.3	104.3	109.5	113.6	107.4	2366.4	2390.0	0.9	0.9	1.3	1.4	99.4
30/11/2019	125.6	127.3	123.9	95.2	110.6	115.9	117.8	2274.9	2047.8	0.9	1.3	1.4	1.1	99.6

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 6. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de diciembre del 2019 en el proceso de secado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/12/2019	126.9	122.8	125.1	97.4	106.6	112.0	127.4	2014.9	2355.8	0.9	1.1	1.3	1.6	99.2
2/12/2019	123.2	122.9	125.7	104.6	106.3	112.2	112.7	2154.4	2190.5	0.9	1.1	1.3	1.7	99.7
3/12/2019	124.4	126.7	127.6	104.6	105.5	117.2	109.1	2327.8	2308.7	0.9	1.2	1.3	1.2	99.2
4/12/2019	124.5	128.8	126.6	95.7	108.5	116.4	124.3	2109.5	2197.7	0.9	1.0	1.3	1.4	99.2
5/12/2019	129.0	125.2	125.9	99.2	110.4	115.0	119.6	2239.3	2232.0	0.9	1.4	1.4	1.6	99.3
6/12/2019	124.5	124.1	125.5	98.7	107.3	112.7	128.5	2090.9	2448.9	0.9	1.3	1.4	1.2	99.7
7/12/2019	124.9	126.8	127.5	95.0	106.8	113.6	129.7	2291.0	2163.9	0.9	1.1	1.4	1.4	99.3
8/12/2019	126.9	126.1	126.8	94.8	106.9	111.2	116.7	2243.7	2044.1	0.9	1.4	1.4	1.7	99.2
9/12/2019	125.4	128.6	127.7	100.9	107.8	108.8	131.2	2083.4	2148.4	0.9	1.3	1.3	1.7	99.4
10/12/2019	123.6	127.9	123.5	102.2	106.8	109.5	129.2	2081.8	2048.0	0.9	0.9	1.4	1.7	99.6
11/12/2019	125.5	124.2	126.5	102.5	105.7	110.5	109.7	2161.0	2291.6	0.9	1.4	1.4	1.7	99.5
12/12/2019	127.4	124.9	127.9	96.8	106.5	108.9	125.5	2031.5	2190.3	0.9	1.4	1.3	1.6	99.7
13/12/2019	122.9	127.7	125.0	105.0	107.7	112.0	105.5	2317.7	2419.3	0.9	1.3	1.3	1.6	99.8
14/12/2019	127.8	124.0	124.3	95.4	107.9	116.3	116.4	2126.8	2318.7	0.9	0.9	1.4	1.4	99.6
15/12/2019	125.2	122.6	124.8	95.7	105.8	107.4	123.8	2248.0	2394.8	0.9	1.3	1.4	1.6	99.5
16/12/2019	124.0	123.8	126.3	96.7	109.4	118.3	128.9	2276.5	2022.5	0.9	1.1	1.3	1.2	99.4
17/12/2019	128.8	127.6	126.2	95.8	110.1	118.5	112.1	2312.2	2384.0	0.9	1.4	1.4	1.5	99.7
18/12/2019	123.3	127.3	127.8	100.0	109.3	114.3	119.7	2025.7	2117.5	0.9	1.4	1.4	1.6	99.5
19/12/2019	124.5	122.5	127.5	105.9	109.3	112.8	116.4	2159.5	2250.0	0.9	1.0	1.4	1.3	99.8
20/12/2019	122.9	124.5	126.1	95.4	110.2	116.4	112.3	2354.3	2233.9	0.9	1.2	1.3	1.7	99.4
21/12/2019	123.4	121.4	125.5	100.3	105.3	116.1	130.6	2283.2	2174.0	0.9	1.1	1.4	1.3	99.3
22/12/2019	127.9	126.7	126.1	96.5	112.6	108.6	118.6	2064.5	2083.0	0.9	0.9	1.4	1.3	99.7
23/12/2019	127.0	123.5	124.9	105.5	106.7	117.6	112.5	2367.0	2227.9	0.9	1.1	1.4	1.1	99.5
24/12/2019	126.5	126.1	123.5	103.2	106.4	120.3	113.1	2367.1	2356.6	0.9	0.9	1.4	1.3	99.4
25/12/2019	127.9	127.1	122.8	102.3	109.2	119.8	113.6	2139.1	2397.4	0.9	1.0	1.4	1.7	99.3
26/12/2019	127.7	122.0	126.4	98.5	110.6	111.9	114.3	2011.4	2459.6	0.9	1.1	1.3	1.1	99.3
27/12/2019	126.1	121.4	126.5	101.8	112.0	116.7	124.4	2103.0	2196.1	0.9	0.9	1.3	1.2	99.2
28/12/2019	123.1	124.0	125.2	99.6	107.2	115.4	123.3	2087.4	2019.9	0.9	1.1	1.4	1.2	99.6
29/12/2019	128.9	124.4	124.6	100.4	111.8	115.7	105.7	2248.5	2321.6	0.9	0.9	1.3	1.4	99.4
30/12/2019	126.0	124.7	124.3	104.0	105.7	114.7	112.2	2372.5	2147.1	0.9	1.3	1.4	1.7	99.4
31/12/2019	125.9	124.1	126.1	105.5	109.0	107.6	131.4	2090.8	2371.3	0.9	1.2	1.4	1.5	99.7

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 7. Datos registrados con el analizador de carga en el mes de enero del 2020 en el proceso de secado

Fecha	Voltaje 1 [V]	Voltaje 2 [V]	Voltaje 3 [V]	Corriente 1 [A]	Corriente 2 [A]	Corriente 3 [A]	Potencia total [KW]	Potencia reactiva [VAR]	Potencia aparente [VA]	Factor de potencia	Tasa de distorsión armónica Fase 1 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 2 [%]	Tasa de distorsión armónica Fase 3 [%]	Desbalance de secuencia negativa [%]
1/1/2020	124.5	128.0	122.9	100.4	106.2	108.5	110.0	2322.3	2164.2	0.9	1.1	1.4	1.1	99.3
2/1/2020	123.0	128.5	125.6	99.4	109.8	109.3	107.6	2023.5	2350.4	0.9	1.2	1.3	1.1	99.2
3/1/2020	126.5	122.6	125.1	99.0	111.0	116.5	130.0	2130.2	2223.1	0.9	1.2	1.3	1.6	99.2
4/1/2020	124.7	125.9	126.7	98.8	106.3	111.7	111.0	2288.1	2300.3	0.9	1.2	1.3	1.5	99.8
5/1/2020	128.2	120.6	125.0	98.1	112.3	114.2	112.7	2392.7	2382.4	0.9	1.3	1.3	1.5	99.2
6/1/2020	126.3	127.5	124.5	94.9	106.4	110.2	126.5	2045.9	2185.4	0.9	1.3	1.3	1.2	99.6
7/1/2020	127.5	125.4	124.6	95.5	112.1	107.5	127.0	2289.1	2290.1	0.9	1.1	1.3	1.3	99.5
8/1/2020	123.7	127.7	125.0	103.0	111.0	112.6	113.3	2306.0	2292.3	0.9	1.2	1.3	1.1	99.4
9/1/2020	125.4	121.2	126.6	100.3	110.0	115.2	121.0	2023.1	2358.4	0.9	1.4	1.3	1.1	99.4
10/1/2020	127.1	121.6	127.2	98.3	106.1	117.4	107.2	2163.6	2386.8	0.9	1.2	1.3	1.3	99.6
11/1/2020	128.4	121.1	122.7	102.1	111.8	107.5	115.9	2216.0	2477.0	0.9	1.2	1.4	1.6	99.4
12/1/2020	126.6	127.3	123.7	96.4	108.7	116.2	108.1	2123.6	2217.4	0.9	1.0	1.3	1.7	99.6
13/1/2020	124.9	124.9	126.6	101.3	110.4	119.8	118.3	2107.3	2217.2	0.9	1.0	1.4	1.5	99.4
14/1/2020	125.4	124.1	126.2	105.5	110.4	114.8	124.4	2068.0	2442.7	0.9	1.3	1.3	1.5	99.3
15/1/2020	125.1	124.8	127.9	106.3	111.0	108.2	108.3	2197.2	2004.8	0.9	1.4	1.3	1.4	99.2
16/1/2020	125.6	127.6	127.7	101.4	108.1	117.2	128.0	2279.7	2134.5	0.9	1.3	1.4	1.2	99.2
17/1/2020	128.5	126.6	125.9	95.0	105.3	110.9	112.0	2155.6	2391.2	0.9	0.9	1.4	1.3	99.3
18/1/2020	128.1	123.9	126.3	99.6	109.1	115.0	129.0	2242.8	2249.3	0.9	1.3	1.3	1.3	99.8
19/1/2020	123.4	122.7	126.0	96.4	106.0	107.3	113.0	2269.4	2372.4	0.9	1.1	1.3	1.4	99.5
20/1/2020	128.1	122.6	126.1	94.7	111.6	115.0	112.0	1994.5	2252.9	0.9	1.3	1.3	1.4	99.4
21/1/2020	127.6	124.6	123.8	99.2	111.4	118.1	115.0	2353.9	2339.6	0.9	1.2	1.3	1.2	99.8
22/1/2020	124.5	128.7	123.6	99.6	107.3	118.3	124.5	1994.8	2109.5	0.9	1.4	1.4	1.4	99.8
23/1/2020	124.9	125.7	122.8	106.4	106.1	115.1	126.5	2225.9	2151.5	0.9	1.2	1.3	1.6	99.2
24/1/2020	127.5	127.9	124.4	106.3	111.5	118.2	125.2	2171.0	2250.0	0.9	1.3	1.3	1.4	99.3
25/1/2020	124.7	123.5	125.1	106.3	112.0	112.8	113.8	2182.3	2130.2	0.9	1.3	1.4	1.6	99.5
26/1/2020	126.9	127.6	123.5	106.4	107.0	109.3	130.3	2256.4	2014.4	0.9	1.4	1.3	1.7	99.2
27/1/2020	123.5	124.2	127.3	101.5	110.0	110.7	123.4	2299.9	2152.7	0.9	1.2	1.3	1.3	99.2
28/1/2020	128.4	121.0	127.7	101.2	107.9	119.1	107.2	2162.9	2108.7	0.9	1.1	1.4	1.1	99.4
29/1/2020	126.2	124.7	124.7	102.8	110.7	115.0	117.2	2302.9	2445.2	0.9	1.2	1.4	1.7	99.8
30/1/2020	127.1	121.8	126.5	99.6	111.3	114.8	109.1	2311.4	2110.5	0.9	1.2	1.4	1.5	99.5
31/1/2020	123.6	127.6	127.0	103.8	110.0	110.3	114.0	2034.7	2489.3	0.9	1.4	1.3	1.7	99.6

Fuente: Datos obtenidos del analizador de carga ECA-300

Elaboración: SolisJ(2019)

Anexo 8. Especificaciones técnicas del analizador de carga ECA-300

SOFTWARE

Compatible Windows® 98/ME/NT/2000/XP/Vista. El ECA-300 se suministra con el programa SISTEMA ECAMEC que contiene el Módulo LECTOR-ECA con la Interfase de comunicación para la transferencia del registro a la PC o Notebook, y el Módulo REPORTE-ECA para generar los Reportes de Medición. El programa genera 2 tipos de reportes: Reporte individual de la medición y Reporte general con todas las mediciones en un Tabla que facilita el análisis estadístico. Todos los reportes son exportables a cualquier utilitario Windows.

PARÁMETROS DE MEDICIÓN

VARIABLES	RANGO	EXACTITUD
Tensión (Volts RMS)	0 a 330Vac 0 a 600Vac (**)	<0,3% de la medida
Corriente (Amp RMS)	0 a >3000 A según rango de TI	<0,5% c/TI-0 <1% c/TI-Flex
Energía y potencia Activa	según rango de Tensión y de TI	<0,2% Intrínseco <0,5% c/TI-0 <1% c/TI-Flex según IEC 61036
Potencia Reactiva y Aparente	según rango de Tensión y de TI	<0,4% Intrínseco <1% c/TI-0 <2% c/TI-Flex
Factor de Potencia	-1 a +1	<1% c/TI-0 <2% c/TI-Flex
Cos φ	-1 a +1	<1% c/TI-0 <2% c/TI-Flex
Frecuencia	45 a 65 Hz	+/- 0,1 Hz

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Canales de entrada	3 tensión + 3 corriente
Resolución de medición	24 bit
Frecuencia de muestreo	5kHz
Frecuencia de trabajo	50 Hz o 60 Hz
Reloj (RTC)	Estabilidad: 20ppm
Teclado	18 Teclas tipo Tack Switch de 18x18 MM. Membrana de poli carbonato
Capacidad de Memoria	>250 intervenciones c/A verificaciones. Memoria No volátil
Display	LCD matriz de puntos (128x64) con back-light
Puerto de Comunicación	USB
Dimensiones	175x235x70MM
Peso	1,4 kg. (2,2 Kg con Cables y Accesorios)
Protección	IP64 según EN 60529
Humedad Relativa	10 a 98 %. Con saturación. Equipo tropicalizado
Alimentación	Batería recargable Ni-Metal
Autonomía de Alimentación	8 horas. Aprox. 100 verificaciones
Temperatura de trabajo	-10 a 55°C
Software	Windows® 98/ME/NT/2000/XP/Vista compatible

ACCESORIOS INCLUIDOS

- 3 Transductor de Corriente: mod. TI-Flex o mod. TI-Q
- 4 Cables de Conexión de tensión ultraflexibles de 1,5 mts.
- 4 Pinzas de Conexión tipo Cocodrilo protegidas y normalizadas.
- 1 Interfase de Comunicación
- 1 Bolso de protección y transporte
- 1 Fuente switching para Carga de batería
- 1 Cabezal de Lectura Automática modelo CZL3

DOCUMENTACIÓN QUE ACOMPAÑA AL ECA-300

- Certificado de Calibración.
- CD con Software y Manual de Uso

ACCESORIOS OPCIONALES DISPONIBLES

- Transductor de Corriente mod. TI-Flex de 120 o 240 MM de ventana.
- Transductor de Corriente mod. TI-Q y TI-Q2 (doble rango)
- Cabezal de Lectura Automática CLP100
- Pulsador remoto modelo P100
- Simulador de Carga modelo Ym-10
- Pinzas de Conexión tipo Cocodrilo con pinchacable
- Conector pincha cable con brida ajustable

TRANSDUCTORES DE CORRIENTE

	TI-Q	TI-Flex
Rangos Fondo de Escala	30/60/120 Amp	200/ 400/ 1000 y 3500 Amp
Dimension de ventana	18MM. Opcional: 35MM	120MM. Opcional: 240MM

NORMAS Y SOLICITACIONES

Fabricación	ISO9001
Seguridad	IEC 61010-1 600 V CAT III, 300 V CAT IV
Rigidez dieléctrica	IEC 255-4 2kV-50Hz
Impulso de Alta tensión	IEC 255-4 5kV-5/20uSeg
Inmunidad electromagnética	IEC255-4. 2.5kV/1MHz
Clase de medición de energía	IEC 61036
Temperatura (Frio y Calor)	IEC68
Vibración	MIL STD 810
Condiciones de Referencia	Temp:23°C, Humedad:30%. Um=220V±10%, 50/60Hz±0.1Hz. Configuración estrella

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO



Martín J. Haedo 3992 (1602) Florida, Buenos Aires • Argentina • Tel./Fax: (5411) 4761-9415/0528 ó (5411) 4760-6653
http:// www.ecamec.com • e-mail: ventas@ecamec.com.ar

Anexo 9. Especificaciones técnicas de la cortadora de madera SAILFAR F1325X

Modelo	F1325x
Área XY (milímetro)	1300 x 2500
Área de Z (milímetro)	200
Estructura del capítulo	Soldado con autógena con los tubos cuadrados de acero
Guía XY	Impulsión de estante y del piñón, del engranaje y maneras lineares de la guía
Guía de Z	Impulsión del tornillo de la bola o impulsión del engranaje
X, Y, Z que coloca exactitud de nuevo	±0.05mm
Tipo de impulsión	motor de pasos del Micro-paso
Resolución	0.025m m
Sistema operativo	Manija o Ncstudio de DSP
Velocidad máxima	35.000 mm/Min
Velocidad máxima del corte	25.000 mm/Min
Eje	3,0 KILOVATIOS
Interfaz del ordenador	USB 2,0
Memoria Flash	los 256M
Software	Ucancam, Type3, Artcam (opcional)
Código de comando	HPGL, código de G
Collares	3.175mm/6mm/12.7m m
Poder	El AC220V±10%/50~60Hz/3Phase

Fuente: ECAMEC (2016)

Anexo 10. Especificaciones de potencia asignada de los arrancadores suaves

Intensidad asignada y potencia asignada con $U_e = 400 \text{ V}/460 \text{ V}$ y $T_U = 40 \text{ °C}/50 \text{ °C}$			
24	le = 12,5 A/11 A	Pe = 5,5 kW/7,5 hp	Tamaño S0
26	le = 25 A/23 A	Pe = 11 kW/15 hp	
27	le = 32 A/29 A	Pe = 15 kW/20 hp	
28	le = 38 A/34 A	Pe = 18,5 kW/25 hp	
36	le = 45 A/42 A	Pe = 22 kW/30 hp	Tamaño S2
37	le = 63 A/58 A	Pe = 30 kW/40 hp	
38	le = 72 A/62 A	Pe = 37 kW/40 hp	
46	le = 80 A/73 A	Pe = 45 kW/50 hp	Tamaño S3
47	le = 106 A/98 A	Pe = 55 kW/75 hp	
55	le = 132 A/117 A	Pe = 75 kW/75 hp	Tamaño S6
56	le = 160 A/145 A	Pe = 90 kW/100 hp	
73	le = 230 A/205 A	Pe = 132 kW/150 hp	Tamaño S12
74	le = 280 A/248 A	Pe = 160 kW/200 hp	
75	le = 350 A/315 A	Pe = 200 kW/250 hp	
76	le = 432 A/385 A	Pe = 250 kW/300 hp	

Fuente: ECAMEC (2016)

Anexo 11. Instalación del analizador de carga



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 12. Prueba de funcionamiento del analizador de carga



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 13. Toma de lectura con el analizador de carga



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 14. Instalación de los arrancadores suaves



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 15. Verificación de los arrancadores suaves instalados



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 16. Prueba de funcionamiento



Elaboración: Solis J (2019)

Anexo 17.Hoja de vida del estudiante

CURRICULUM VITAE



INFORMACION PERSONAL

Nombres y Apellidos: Jonathan Ronny Solis Toscano

Cédula de Identidad: 120647511-1

Lugar y fecha de nacimiento: QUEVEDO, 05 de Septiembre de |1996

Edad: 22 años 7 meses

Estado Civil: Soltero

Tipo de Sangre: RH A+

Domicilio: Quevedo/Parroquia San Camilo/Sector Pro mejoras Calle 2da y Argentina

Teléfonos: 0993980611

Correo electrónico: sjonathan-1996@hotmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

Primer Nivel: Escuela fiscal de Niños “Manuel De Jesús Calle”

Segundo Nivel: Instituto Tecnológico Superior Siete de Octubre

Tercer Nivel:

Cursando el 10mo semestre de Ingeniería Electromecánica en la
Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

TITULOS

- **Bachiller Técnico industrial** - especialización en electricidad, Instalación, Mantenimiento y máquinas eléctricas

IDIOMAS

- Español (nativo)

EXPERIENCIA LABORAL

- Empresa Eléctrica Pública Estratégica corporación nacional de electricidad Cnel-ep

Del 04 de septiembre del 2015 a la Actualidad

Experiencia: 3 años 7 meses

Cargo: Técnico 2 en mantenimiento de redes de distribución

CURSOS DE CAPACITACIÓN

- **Cursos de torno y fresa**

Dictado: CENTRO DE FORMACIÓN ARTESANAL “CENTRO TÉCNICO QUEVEDO”

Lugar y fecha: Quevedo 29 de Julio del 2016

Tiempo: 64 horas

- **Seminario:** Segunda conferencia científica internacional de energías renovables y eficiencia energética – UTC LA MANÁ 2016
Dictado: Universidad Técnica de Cotopaxi- Extensión La Mana
Lugar y fecha: La Maná 12, 13, 18 y 19 de Noviembre del 2016
Tiempo: 40 horas
- **I congreso nacional de electricidad y energías renovables coneer 2017**
Dictado: Centro de Estudios Multidisciplinarios “EL LIBERTADOR” con el aval académico de la Universidad Estatal de Bolívar
Lugar y fecha: Riobamba 26, 27 y 28 de Abril del 2017
Tiempo: 40 horas
- **II congreso internacional de electromecánica y eléctrica**
Dictado: Universidad Técnica de Cotopaxi
Lugar y fecha: Latacunga 12, 13 y 14 de Julio del 2017
Tiempo: 40 horas
- **Curso de seguridad industrial y prevención de riesgos eléctricos**
Dictado: E.E.A.S.A. Empresa Eléctrica de Ambato
Lugar y fecha: Ambato 04,05,06 de Agosto del 2016
Tiempo: 30 horas
- **Seminario intensivo de oratoria, técnicas de expresión y procedimiento parlamentario.**
Dictado: E.E.A.S.A. Empresa Eléctrica de Ambato
Lugar y fecha: Ambato 04, 05,06 de Agosto del 2016
Tiempo: 30 horas
- **Curso:** Iniciación Técnico I y Seguridad Integrada para la Industria Eléctrica
Dictado: ASISTEC(Asistencia Técnica Empresarial)
Lugar y fecha: Guayaquil 10 de Noviembre del 2015
Duración: 30horas
- **Curso:** Cooperativismo
Dictado: cooperativa de ahorro y crédito futuro Lamanense
Lugar y fecha: La Maná 23 de Noviembre del 2016
Duración: 10 horas
- **Suficiencia en inglés nivel B1**
Dictado: Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Lugar y fecha: La Maná Abril del 2018 a de Febrero del 2019
Duración: 400 horas
- **Suficiencia en inglés nivel B1**
Dictado: Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Lugar y fecha: La Maná Abril del 2018 de Febrero del 2019
Duración: 400 horas

Anexo 18. Hoja de vida del docente tutor**CURRICULUM VITAE**

APELLIDOS: HidalgoOsorio
NOMBRES: WilliamArmando
CEDULA DE IDENTIDAD: 050265788-5
ESTADO CIVIL: Casado
EDAD: 34 años
DOMICILIO: Latacunga - Cotopaxi
TELEFONO: 032725413 –0980209857
EMAIL PERSONAL: abuewily@hotmail.com
PROFESIÓN: Ingeniero Electromecánico
 Magister en Gestión de Energías

**ESTUDIOS REALIZADOS**

- Escuela Experimental “Antonio a Jácome”- Pujilí Educación Primaria.
- Instituto Tecnológico Superior “Ramón Barba Naranjo”- Latacunga
Título: Bachiller Técnico Industrial Especialidad: Mecánica Automotriz
- Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga Carrera: Ciencias Administrativas
Humanísticas y del hombre Especialidad: inglés Certificado Suficiencia en inglés
- Universidad Técnica de Cotopaxi - Latacunga Carrera: Ciencias De la
Ingeniería y Aplicadas Especialidad: Ingeniería Electromecánica Titulado
- Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga: Maestría en Gestión de Energías
Titulado.

PUBLICACIONES

- EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA, PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA GENERACIÓN DE GAS METANO (CH₄).
Ciencia Digital, **ISSN: 2602-8085**, Vol. 2, N°2, p. 8-18, Abril - Junio, 2018
<http://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital/index.php/CienciaDigital/article/view/114/105>
- INCIDENCIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CON EL USO DE B-LEARNING.
Ciencia Digital, **ISSN: 2602-8085**, Vol. 2, N°3, p. 1-18, Julio - Septiembre, 2018
<http://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital/index.php/CienciaDigital/article/view/163/143>
- DESECHOS ORGÁNICOS QUE GENERAN GAS A TRAVÉS DE UN BIODIGESTOR DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA PARROQUIA GUASAGANDA DE LA CIUDAD DE LA MANÁ

Ciencia Digital, ISSN: 2602-8085, Vol. 3, N°2,6 p. 190-205, abril -junio, 2019

<http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/558/1330>

➤ INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA EN TÚNELES DE VIENTO SUBSÓNICOS PARA EVALUAR PERFILES AERODINÁMICOS

Ciencia Digital, ISSN: 2602-8085, Vol. 3, N°3 p. 98-118, julio - septiembre, 2019

<http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/615/1481>

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

- Evaluación del potencial energético de la biomasa, para el aprovechamiento de la generación de gas metano (CH₄), en la granja avícola Cynthia Elizabeth de la ciudad de Pujilí en el año 2016., Propuesta de diseño de un biodigestor