



Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería Electrónica

Fecha: 9 de abril de 2021

Autores: David Delgado y Nicolas Mayorquin

Nombre del Proyecto de Grado: Propuesta Mejoramiento del Desempeño Energético de la Empresa de Artes Gráficas Toro Corredor Peope.

Directores: Manuel Vicente Valencia Díaz y Alejandro Paz Parra

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

Manuel V. Valencia

Manuel Vicente Valencia Díaz

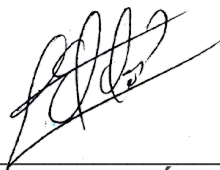
Alejandro Paz Parra

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero Electrónico.



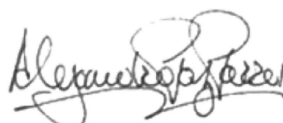
HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería



ING. LUIS E. TOBÓN LLANO
Director Carrera Ingeniería Electrónica.



ING. MANUEL VICENTE VALENCIA DÍAZ
Director Trabajo



ING. ALEJANDRO PAZ PARRA
Codirector Trabajo



Ing. Carlos Andrés Giraldo Castañeda
Jurado 1



ING. Alexander Martínez Álvarez
Jurado 2

Santiago de Cali, 5 de abril de 2021


Señor

Nicolas Mayorquin Polanco

Buen día,

A partir del proceso realizado para la construcción de la "Propuesta de Mejoramiento del Desempeño Energético de la Empresa de Artes Gráficas Toro Corredor Peope". Toro Corredor está al tanto de los resultados obtenidos y da aprobación del valor que tiene este trabajo para futuros planes en Sistemas de Gestión.

Atentamente,



Paul Mayorquin

Director General de Procesos

Toro Corredor PEOPE

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias.
Ingeniería Electrónica
Proyecto de Grado.

Propuesta Mejoramiento del Desempeño Energético de la Empresa de Artes Gráficas Toro Corredor Peope.

David Delgado Gutiérrez

Nicolás Mayorquin Polanco

Director: Manuel Vicente Valencia Díaz

Codirector: Alejandro Paz Parra

5 de abril de 2021



Santiago de Cali, 5 de abril de 2021.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Dr. Luis E. Tobón Llano

Director Carrera de Ingeniería Electrónica.

Cali.

Cordial saludo.

Por medio de la presente nos permitimos informar que los estudiantes de Ingeniería Electrónica David Delgado Gutierrez (cod: 0220897) y Nicolás Mayorquin Polanco (cod: 5273941) trabajan bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado: Propuesta mejoramiento del desempeño energético de la empresa de artes gráficas Toro Corredor Peope.

Después de revisar el documento resultante de este trabajo se evidencia el cumplimiento de los objetivos propuestos en el anteproyecto correspondiente, y por esta razón el trabajo de grado está listo para ser sustentado.

Atentamente,

Manuel V. Valencia

Ing. Manuel Vicente Valencia Díaz

Alejandro Paz Parra

Ing. Alejandro Paz Parra

Santiago de Cali, 5 de abril de 2021.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Dr. Luis E. Tobón Llano

Director Carrera de Ingeniería Electrónica.

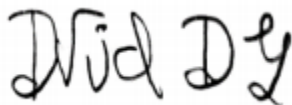
Cali.

Cordial saludo.

Nos permitimos presentar a su consideración el proyecto de grado titulado Propuesta mejoramiento del desempeño energético de la empresa de artes gráficas Toro Corredor Peope., con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero Electrónico.

Al firmar aquí, damos fe que entendemos y conocemos las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias aprobadas el 26 de Noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,



David Delgado Gutierrez
Código: 0220897



Nicolás Mayorquin Polanco
Código: 5273941

Índice general

1	Introducción	12
1.1	Planteamiento del Problema	13
1.2	Justificación	15
2	Objetivos y restricciones	16
2.1	Objetivo general.....	16
2.2	Objetivos Específicos.....	16
2.3	Delimitaciones y Alcances.....	17
3	Marco Teórico	22
3.1	Antecedentes.....	22
3.2	Requisitos para la implementación de los sistemas de gestión de la energía	23
3.3	Técnicas para evaluar la viabilidad de los proyectos:	26
4	Desarrollo del Proyecto.....	30
4.1	Plan de Recolección de datos.....	30
4.2	Medición del sistema actual	32
4.3	Análisis de causas	39
4.4	Indicadores de desempeño:	44
4.5	Desarrollo del diseño de la solución	49
4.5.1	Estandarización del proceso productivo	49
4.5.2	Manual de procedimiento	49
4.6	Validación del diseño propuesto	51
4.6.1	Estudio de tiempos	51
4.6.2	Análisis ambiental	59
4.6.3	Análisis Económico.....	60
5	Conclusiones	61
6	Trabajos Futuros.....	62
	Bibliografía	63
	Anexos.....	65

Índice de figuras

Fig. 1 Distribución de máquinas dentro del área de producción.....	17
Fig. 2 Impresora hp digital látex.....	18
Fig. 3 Guillotina.....	18
Fig. 4 Troqueladora de calor.....	19
Fig. 5 Impresora litográfica de 4 colores.....	19
Fig. 6 Estructura de la Norma ISO-50001.....	24
Fig. 7 Estudio Técnico.....	27
Fig. 8 Estudio Financiero.....	29
Fig. 9 Ejemplo de acometidas eléctricas de las máquinas.....	30
Fig. 10 Monitor de energía Allen-Bradley.....	31
Fig. 11 Conexión del equipo Allen-Bradley en la acometida eléctrica.....	31
Fig. 12 Resultados de la medición con el monitor de energía Allen-Bradley.....	32
Fig. 13 Ejemplo producto Cenefa.....	32
Fig. 14 Ejemplo producto Ristra.....	33
Fig. 15 horas de trabajo por producto (periodo marzo - agosto 2019).....	34
Fig. 16 Flujograma del proceso de producción de ristras y cenefas.....	35
Fig. 17 total horas de trabajo por proceso en el periodo mayo - diciembre 2019.....	36
Fig. 18 Diagrama de Pareto del consumo energético de los equipos presentes en el proceso productivo.....	38
Fig. 19 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de troquelado.....	39
Fig. 20 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de troquelado.....	40
Fig. 21 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de impresión litográfica.....	40
Fig. 22 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de impresión litográfica.....	41
Fig. 23 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de Corte en la Guillotina.....	42
Fig. 24 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de Corte en la Guillotina.....	43
Fig. 25 Numero de ordenes de ristras y cenefas al mes.....	44
Fig. 26 Ejemplo valor total de consumo eléctrico en la factura de energía.....	45
Fig. 27 Suplementos recomendados por ILO.....	54
Fig. 28 Comparación indicador de desempeño método actual vs método propuesto.....	58

Índice de tablas

TABLA I Listado de máquinas con algunas de sus características energéticas	14
TABLA II Horas de trabajo máquina por producto y cantidad de productos fabricados	34
TABLA III Horas de trabajo utilizadas en cada proceso al mes	36
TABLA IV Caracterización del consumo eléctrico de los equipos	37
TABLA V Ejemplo de consumo eléctrico por maquinas.....	45
TABLA VI Ejemplo cantidad de producto por lotes	46
TABLA VII Mediciones preliminares proceso de Troquelado	52
TABLA VIII Mediciones preliminares proceso de impresión litográfica.....	53
TABLA IX Muestras registradas del tiempo normal proceso de troquelado método actual	55
TABLA X Resultados tiempo estándar proceso de troquelado método actual	55
TABLA XI Muestras registradas del tiempo normal proceso de impresión litográfica método act.	55
TABLA XII Resultados tiempo estándar proceso de impresión litográfica método actual	56
TABLA XIII Comparación consumo eléctrico método actual vs método propuesto para el proceso de troquelado	57
TABLA XIV Comparación consumo eléctrico método actual vs método propuesto para el proceso de impresión litográfica.....	57
TABLA XV Calculo de Emisiones anuales de CO ₂	59
TABLA XVI Cálculo de los ahorros proyectados por propuestas	60

Resumen

Toro Corredor Peope es una empresa del sector industrial (ubicada en el barrio Porvenir de la ciudad de Cali), la cual se dedica a la exhibición de marcas para otras empresas nacionales o multinacionales. Actualmente cuenta con alrededor de 50 empleados y con 10 máquinas dedicadas a la producción, por tal motivo es una compañía considerada como PYME.

Durante el año 2019 la empresa presentó problemas relacionados con el consumo eléctrico de la planta de producción teniendo que pagar multas por una mala utilización de la energía. Dentro de la empresa no se realiza un control en el tiempo sobre los consumos energéticos, esto debido a que se desconocía el desempeño energético de los equipos utilizados para la producción. El desarrollo de este proyecto le permitió a la empresa obtener información valiosa sobre los consumos específicos de cada máquina y a partir de la creación de indicadores energéticos aplicables a la empresa se puede realizar un control y seguimiento sobre los consumos energéticos en la planta.

Con base a un análisis detallado sobre los consumos presentados en la empresa, se diseñó un sistema basado en la estandarización de los procesos de troquelado e impresión litográfica con el propósito de disminuir el tiempo de producción necesario por unidad, se obtuvo una reducción en los tiempos de producción por unidad de 23% para el proceso de troquelado y 34% para el proceso de impresión litográfica, esta disminución en tiempos de producción podría significar una disminución del 18% en el indicador de consumo específico (kW-h/área impresa) lo que llevaría a obtener un ahorro mensual de \$560000 pesos.

Introducción

El reciente cambio y desarrollo que se ha venido presentando a nivel energético en todo el mundo es un tema que ha generado muchísimas transiciones, tanto para el ahorro como para el cuidado ambiental, este trabajo esta propuesto abarcar los temas que impactan a nivel energético una empresa como consecuencia de los factores mencionados anteriormente, por tanto se desarrollará una metodología de planificación energética aplicando la norma NTC-ISO 50001 en la empresa Toro Corredor Peope con el cual se pretende caracterizarla eléctricamente y analizar su eficiencia en términos de demanda, para consecuentemente determinar proyectos que contribuyan al mejoramiento de esta en términos de Uso Racional de la Energía (URE).

Para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía existe una guía que propone hacer el seguimiento a partir de etapas y pasos, con el fin de que con el mínimo de recursos y el menor riesgo de inversión se logren alcanzar objetivos planteados en términos de uso racional de la energía y continuar haciendo mejoras. La NTC-ISO 50001 es la guía que servirá como documento base para realizar la planificación energética a partir de su metodología ya planteada.

Para aprovechar de manera óptima los recursos de la empresa se debe partir de que el modelo de gestión integral tiene tres etapas fundamentales: decisión estratégica, instalación y operación. desarrollarán actividades específicas de estas etapas; en la fase de decisión estratégica se realizará la identificación global del estado actual de la empresa de artes gráficas Toro Corredor Peope.

Caracterizar esta empresa de artes gráficas es de suma importancia, dado que permitirá conocer su comportamiento en términos energéticos y realizar análisis de intervenciones futuras sobre el mismo. Por lo cual, un modelo digital de distribución energética, que represente el comportamiento dinámico real de sus cargas, es transcendental en este proyecto, porque permite predecir el comportamiento de distribución para diferentes situaciones y así, con las predicciones analizadas, es posible entregar finalmente un plan maestro de proyectos con miras a optimizar el URE.

1.1 Planteamiento del Problema

La eficiencia energética se puede definir como la capacidad de un equipo, instalación o proceso para realizar su función con el menor consumo energético posible.[1] Hoy en día existe una gran preocupación acerca cómo lograr un desarrollo sostenible y responder a tres grandes retos: el económico, el energético y medio ambiental.[2]

El ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal alternativa desde el ámbito energético para responder a estos tres desafíos. El ahorro de energía permite ahorrar recursos económicos, pospone el agotamiento de los cada vez más escasos recursos fósiles y, por último, aporta a la reducción de las emisiones de CO_2 .

Colombia es uno de los países que tiene un camino por recorrer en el tema de eficiencia energética, la razón de esto es que la matriz energética del país presenta pérdidas del 52 %, cifras que se traducen en valores cercanos a los 4.700 millones de dólares al año, en costos estimados de energía desperdiciada [3], sumado a lo anterior el sector industrial representa 29,3% de la demanda energética actual, lo que lo posiciona como el segundo consumidor energético, detrás del sector transporte, según cifras suministradas por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME [3].

Toro Corredor Peope es una empresa del sector industrial que se dedica a la exhibición de marcas para multinacionales, es decir es una compañía especializada en el desarrollo de soluciones de sistemas de exhibición para la visualización y recordación de marcas que requieren exposición en los diferentes canales de ventas.

Esta empresa es una PYME que cuenta con 57 empleados, como cliente toro corredor es una empresa que cuenta con 10 máquinas para sus procesos de producción y está caracterizada en consumo energético de uso industrial, además que su centro de distribución trabaja con 200 amperes, 240 voltios de corriente alterna y 3 fases, tomando como referencia las facturas de los servicios de energía, la empresa cuenta con, un promedio de consumo mensual de 6709,85 KWh, lo que representa un costo energético promedio de \$ 3.478.378,25; además, presenta una potencia total mensual reactiva promedio de 34625,77 KVR.

Cantidad	Equipos	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (Kw)
1	Impresora litográfica de 4 colores	430-500	90-77(116-99)	45
1	Troqueladora de calor	220	16	4
1	Troqueladora de calor	200-230	14-13/6.5	N/A
1	Barnizadora mano color	225	45	N/A
1	Impresora HP digital latex	200-240	16	2.5
1	Impresora anapura de rigidos	220	30	N/A
1	guillotina	N/A	N/A	N/A
1	Cortadora Zund	N/A	N/A	N/A
1	Caladora de madera	220	N/A	N/A
1	Compresor	220	28.6	7.5

TABLA I Listado de máquinas con algunas de sus características energéticas

La TABLA I representa los valores conocidos de operación de las máquinas. Al no conocer algunos valores de operación se debe medir ya que es necesario tanto para este trabajo como para la empresa conocer estos valores.

El problema que se presenta actualmente en la empresa es que no existe ninguna clase de información sobre el consumo eléctrico de los equipos utilizados para producir sus diferentes artículos, por lo tanto, se desconoce cuál es porcentaje del consumo de las máquinas encargadas de la producción sobre el consumo total de la compañía.

En esta ocasión se busca reducir el desperdicio de la energía eléctrica, lo cual no solo tendría un impacto positivo en la economía de la empresa, sino que también representaría una contribución para mejorar la crisis energética que se está presentando en Colombia.

Es posible diagnosticar el estado del consumo energético actual de la empresa Toro Corredor y analizar cómo se puede mejorar el desempeño energético, mediante el uso de la metodología planteada por la norma ISO 50001.

1.2 Justificación

La situación energética y ambiental que vive la humanidad hace imperativo la toma de decisiones que aseguren tanto el uso racional de los recursos energéticos del planeta, como el desarrollo de nuevas generaciones, por lo tanto, una decisión fundamental es realizar acciones para reducir el consumo energético en los procesos industriales y de servicios a gran escala. Esto permitirá reducir el peso que la energía tiene en los costos de producción y operativos, asimismo ayudará a la conservación del medio ambiente. Existen cinco políticas llamadas Trilema energético de la WEC, que facilitan la obtención de un sistema energético bajo en emisiones de carbono. Una de ellas está relacionada con la gestión de la demanda y el mejoramiento de la eficiencia energética en todos los sectores; es en este punto donde el trabajo de grado toma importancia y contribuye al acuerdo París para el cuidado del medio ambiente.

Este trabajo se plantea teniendo en cuenta las necesidades que tiene la empresa Toro Corredor Peope y todo el sector industrial de artes gráficas debido a que no existen indicadores de desempeño energético específico que caracteriza los productos en relación del gasto energético, al hacer estos indicadores se podrá mejorar los pronósticos de ganancias permitiendo hacer cálculos de la producción para hacer mejores presupuestos. Así mismo se busca reducir los costos energéticos y adquirir mayor competitividad de acuerdo con la línea base energética que parte como punto de comparación entre un estado actual y un estado deseado (registro histórico vs registro actual).[5]

Para lograr todo lo propuesto es importante tener una infraestructura eléctrica que permita realizar la gestión sobre la misma y que sea posible tener mayor control y aprovechamientos de los recursos con los que cuenta; por eso la importancia de tener un modelo de análisis y de gestión integral de la energía que refleje el desempeño de la empresa Toro Corredor Peope de artes gráficas.

La consecuencia de todo lo anterior traerá consigo el desarrollo, registro y mantenimiento de los factores claves para tomar medidas correctivas o de mejora en la línea de producción. Además de cumplir con estándares y normativas para la certificación, registro y auto declaración de consumo energético. Implementando la norma NTC-ISO-50001 se puede lograr una reducción en el consumo energético de la empresa a través de ahorros, además se puede obtener en la eficiencia energética de los motores de los equipos [6].

Objetivos y restricciones

2.1 Objetivo general

Crear una propuesta para reducir el consumo energético en el área de producción de la empresa de arte gráfica Toro Corredor Peope, mediante la aplicación de la norma NTC-ISO 50001.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales factores que inciden en el desempeño energético de la empresa Toro Corredor Peope, de acuerdo con la metodología de la norma NTC-ISO 50001.
- Analizar cómo se distribuye y se utiliza la energía eléctrica en el área de producción.
- Evaluar el desempeño energético actual de la maquinaria utilizada en el área de producción.
- Generar un conjunto de indicadores de desempeño energéticos (IDEs) que permitirán planear y hacer seguimiento del consumo energético de la compañía.
- Proponer y diseñar alternativas para analizar el desempeño energético a partir de los indicadores que sirva como punto de partida a la empresa para implementar un sistema de gestión de energía (SGE).
- Proponer un plan maestro de proyectos con alternativas de reducción del consumo energético para alcanzar metas de uso eficiente y racional de la energía en el área de producción.

2.3 Delimitaciones y Alcances

El presente proyecto tiene como propósito adaptar la metodología propuesta en la Guía para la implementación de Sistemas de Gestión integral de la energía de la UPME a las necesidades de gestión de la energía de la empresa Toro Corredor, aplicando la norma NTC-ISO 50001, para lograr lo propuesto se desarrollarán las siguientes actividades:

1. En una primera instancia se realizará el diagnóstico del consumo energético de la empresa, en el cual se identificarán puntos potenciales en los que se pueden realizar ahorros de energía por medio de sistemas de gestión de energía, a su vez se identificaran tendencias en el consumo energético que puedan afectar la eficiencia en el área de producción del TORO CORREDOR.

En un primer acercamiento al área de producción de la empresa se realizó un diagnóstico de recorrido preliminar en donde se identificaron las diferentes maquinas utilizadas para la producción con su respectiva ubicación, es decir, la distribución de las maquinas dentro de la zona de producción. Esta distribución se puede ver en el siguiente diagrama:

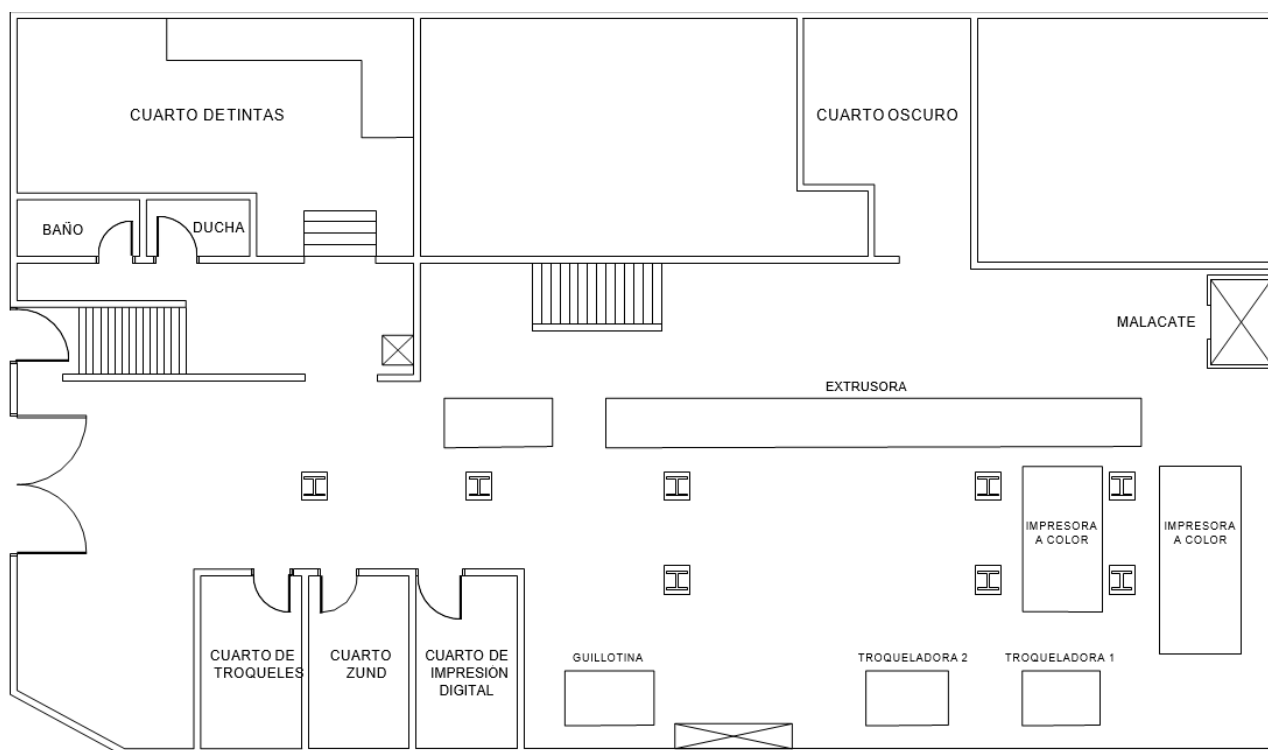


Fig. 1 Distribución de máquinas dentro del área de producción.

Por medio de un sondeo a los operarios encargados de utilizar las máquinas, se identificó que la máquina que más tiempo se utiliza es la Impresora litográfica de cuatro colores, la cual según los operarios es utilizada en promedio un tiempo de 6 horas al día, otras máquinas como impresoras digitales, troqueladoras o la guillotina son utilizadas con menor frecuencia, ya que el uso de estas depende del tipo de pedido que se esté produciendo en el momento, por lo que en promedio las horas de uso son inferiores a las 6 horas, algunas de las máquinas presentes en el área de producción se pueden encontrar a continuación en las siguientes imágenes.

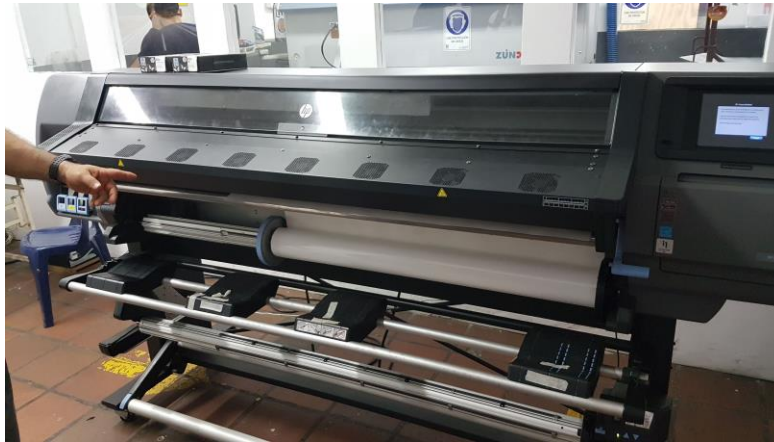


Fig. 2 Impresora hp digital látex.

Utilizada principalmente para pedidos que requieren de calidad extra y únicamente cuando se requieren lotes pequeños de menos de 100 unidades.



Fig. 3 Guillotina

La guillotina es utilizada para cortar la materia prima a un tamaño adecuado para ser utilizadas en los procesos de troquelado e impresión.



Fig. 4 Troqueladora de calor

La troqueladora es utilizada para darle forma al material y de esta manera cumplir con el diseño que se requiera por parte del cliente, cada molde (troquel) utilizado en la máquina. La troqueladora tiende a variar respecto a cada pedido por lo que no se tiene un dato exacto de utilización de la máquina.



Fig. 5 Impresora litográfica de 4 colores.

La Impresora litográfica de cuatro colores la cual según los operarios es la más utilizada es la encargada de imprimir los diferentes elementos publicitarios que sean requeridos por los clientes.

2. Con la información recolectada se identificarán las áreas y equipos claves que tienen una mayor incidencia en el desempeño energético de la empresa. En este caso no se incluirán actividades correspondientes al compromiso de la alta gerencia, debido a que esta depende exclusivamente de la empresa.
3. Posteriormente se crearán indicadores de desempeño específicos para la planta de producción de la empresa, los cuales son valores cuantitativos que pretenden medir y aportar información sobre el desempeño energético, en este caso al tratarse de una empresa dedicada a producir artículos variados dependiendo de las necesidades de cada cliente, no es posible generar un indicador que abarque la cantidad de producto fabricado ya que los productos elaborados van a ser distintos el uno del otro, por tal motivo se debe buscar la forma de crear indicadores de desempeño que traten con características en común de los productos como peso o volumen, por lo cual se debe analizar bien la producción y de esta forma poder generar indicadores que se puedan aplicar en el contexto de una empresa de artes gráficas, dicho lo anterior unos posibles indicadores de desempeño energético pueden ser:
 - Consumo eléctrico (KW-h) / peso total de los productos fabricados (Kg).
 - Consumo eléctrico (KW-h) / volumen total de los productos fabricados (m³).

A si mismo se podría separar los indicadores por sectores como:

- Consumo de la línea de corte / peso de la cantidad de materia prima
- Consumo de la línea de impresiones / peso de la cantidad de productos impresos

Como consecuencia esto permitirá discriminar los productos y caracterizar por clases los productos que tengan relación con su peso o volumen. A su vez, se definirá la línea base de consumo global y detallado por cada área de la planta de producción como por ejemplo área de corte o área de impresiones.

4. Además, se creará el diagrama de Pareto energético que mostrarán los consumos energéticos de las áreas de la empresa en un diagrama de barras, empezando por las áreas con mayor consumo y mostrando en el mismo gráfico una línea con la frecuencia relativa acumulada. este gráfico de Pareto permitirá identificar que, generalmente, unas pocas áreas de la empresa concentran la mayoría de los consumos. El diagrama de Pareto de Consumos también puede organizarse por equipos o según otras divisiones que la organización establezca en función de sus actividades productivas.

5. Se evaluarán técnica, financiera y ambientalmente los proyectos propuestos que permitan utilizar de manera óptima y racional la energía de la planta de producción, por lo tanto, se trata de identificar variables que permitan hacer un uso racional y eficiente de la energía que se consume.
6. Debido a que se requiere dar seguimiento a los indicadores de desempeño energético se diseñara y se implementara una herramienta de software, la cual podría ser utilizada por la empresa para conocer el estado de estos indicadores. El encargado de utilizar esta herramienta en la empresa deberá digitar los datos de consumo energético y los datos de producción para que se le muestre en pantalla los valores cuantitativos de estos indicadores, y a su vez se indique si estos valores están dentro del rango recomendado, de esta manera la empresa podría realizar un análisis del desempeño energético a partir de los indicadores.
7. No se realizará la implementación completa de un SGIE, ya que no se incluirán las actividades que corresponden la actualización y validación del SGIE, la preparación del personal, la elaboración de documentación del SGIE, ni la auditoría interna.

Con base a las actividades anteriormente planteadas se definieron los siguientes entregables como parte del desarrollo del proyecto:

- Diagnóstico energético de la empresa.
- Plan maestro de proyectos el cual va a contener todas las alternativas propuestas para reducir el consumo energético.
- Una herramienta de software que permita realizar el análisis de los indicadores de desempeño energético.

Marco Teórico

3.1 Antecedentes

Existen estudios realizados en base a la norma ISO 50001 en compañías tanto del sector público como privado, dedicadas a diferentes actividades económicas, lo cual es un reflejo de que la norma ISO 50001 es aplicable en múltiples contextos.

- En España, en la Universidad Santiago de Compostela se realizó un estudio acerca de la integración de los sistemas de gestión en el cual se explica la necesidad de que en los modelos empresariales actuales se cuente con sistemas de gestión que permitan controlar de forma sistemática las actividades y procesos de la empresa, con la participación e implicación de todos sus trabajadores, con el objetivo de lograr los resultados satisfactorios [4].
- En Colombia en un trabajo conjunto de la Universidad Autónoma de occidente y la Universidad del Atlántico se presentó el desarrollo del modelo de gestión energética colombiano, las experiencias y resultados de su aplicación y las perspectivas de desarrollo de la gestión energética en Colombia. El modelo se denomina Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE) y su aplicación permite implementar en la empresa el Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), el modelo de gestión fue desarrollado entre los años 2005 y 2007.[5]
- En un estudio de la Universidad Autónoma de occidente titulado Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía se presentó la metodología y los resultados de la implementación del SGIE en una industria de producción de cemento por vía húmeda, según el estudio se obtuvo un incremento de la eficiencia energética asociado a una reducción del consumo de electricidad de 4,6 %, logrados sin inversión por compra de nuevos equipos. Es decir, solo con la innovación de los procesos a través de tecnologías de gestión aplicada, además de la adopción de una cultura de manejo de la energía en forma eficiente y de mejoramiento continuo [6].
- En la tesis de maestría de Luz Nidia Quintero en la universidad javeriana Cali se realizó un estudio en la estación de Bombeo Navarro de las Empresas municipales de Cali EMCALI, en el cual pudo identificarse que dicha estación no cuenta con un programa de Sistema de Gestión Integral de Energía tal y como las normas de Calidad ISO lo establecen.

3.2 Requisitos para la implementación de los sistemas de gestión de la energía

Los requisitos de un sistema de gestión de la energía están especificados en la norma internacional ISO 50001, la cual fue publicada con el propósito de facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía y así contribuir con el correcto uso racional de este recurso.

A partir de los requisitos expuestos en la norma sobre el sistema de gestión de la energía, las compañías pueden desarrollar e implementar sus políticas energéticas, y en base a su política establecer objetivos, metas, y planes de acción que se consideren necesarios para cumplir con los requisitos tanto legales como los de la norma ISO 50001, teniendo en cuenta la información relacionada con el uso significativo de la energía. [7]

El reto de las organizaciones está en implementar estos sistemas de gestión de energía dentro de sus procesos debido a que permite reducir costos y a su vez, al implementar estos sistemas se tiene un impacto positivo en aspectos ambientales y energéticos pilares importantes para lograr un verdadero desarrollo sostenible y lograr aumentar la competitividad en el mercado actual.

La norma plantea el método de mejora continua que es el enfoque PHVA. El primer concepto es planificar, en esta etapa se busca establecer una línea base realizando una revisión energética, los indicadores energéticos, plan de acción y metas de acuerdo con los propósitos energéticos de la compañía.

El siguiente concepto es hacer; la norma hace referencia a que en este paso se debe implementar el plan de acción diseñado previamente en la anterior etapa.

Luego se procede al concepto de verificar; en esta etapa se busca realizar seguimiento y control sobre las mediciones que se consideren claves, para establecer si las acciones que se llevaron a cabo están siendo efectivas, y se están cumpliendo las metas propuestas. Por último, se cuenta con el concepto de actuar, esta etapa está ligada fuertemente con el concepto de mejoramiento continuo ya que consiste en actuar en forma continua para mejorar el SGE y el desempeño energético. [7]

A continuación, se muestra un diagrama donde se ve reflejada la estructura de la norma ISO 50001 con un enfoque del ciclo PHVA

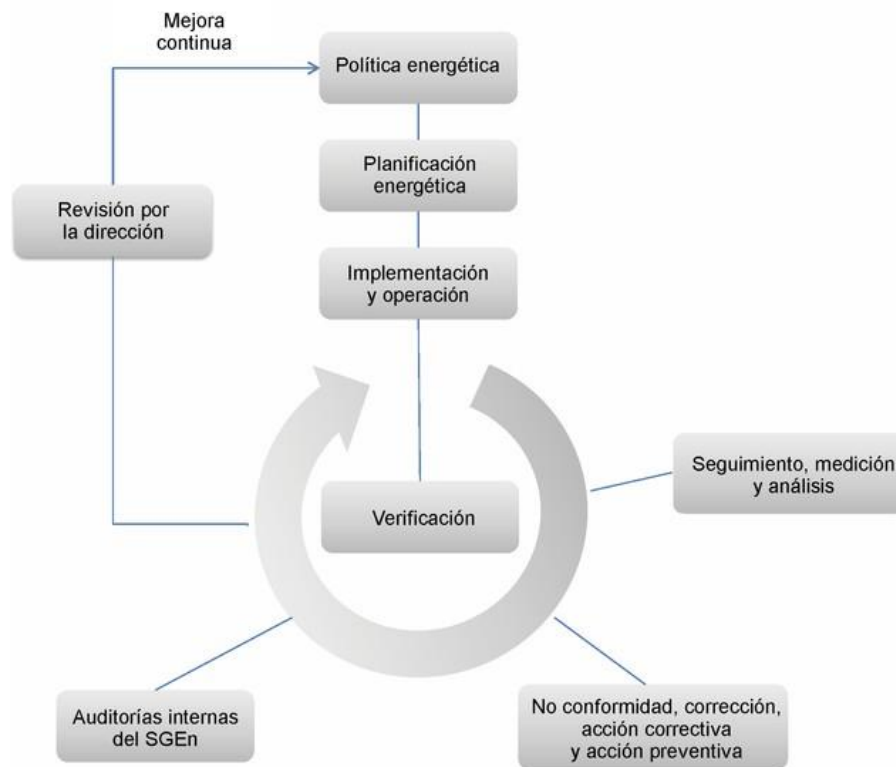


Fig. 6 Estructura de la Norma ISO-50001 [7]

Política energética: La norma indica el proceso de creación de una política energética eficaz que incluye la definición de las aportaciones a la planificación, la realización de una revisión energética (análisis del consumo de energía, identificación de áreas de consumo significativo e identificación de oportunidades para mejorar el rendimiento energético) y la definición de resultados de la planificación (IDEs, metas y objetivos).[8]

Revisión energética: La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. Se documenta la metodología y los criterios utilizados para efectuar la revisión energética. Para desarrollarla revisión energética, la norma indica que la organización debe:

1. Analizar el uso y el consumo de energía según los datos de medición y de otra índole.
2. Basándose en el análisis del uso y el consumo de energía, identificar las áreas de uso significativo de energía.
3. Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el rendimiento energético. [8]

Establecimiento de la línea base: Según la norma una organización debe definir un nivel energético de referencia (línea base) empleando la información de la revisión energética inicial, teniendo en cuenta un periodo de datos adecuado al uso y el consumo de energía de la organización, así mismo, los cambios en el rendimiento energético se miden respecto al nivel energético de referencia.

Definición de los indicadores de desempeño energético (IDEs): Una organización tiene que identificar unos IDEs apropiados para la monitorización y la medición de su rendimiento energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEs se registra y revisa de forma habitual y se compara con el nivel energético de referencia.

Implementación y operación: En la norma se recomienda que la organización emplee planes de acción y otros resultados del proceso de planificación para la implementación y las operaciones.

1. Es necesario definir indicadores de desempeño energético, objetivos y metas de energía que sean medibles y cuenten con calendarios de cumplimiento.
2. Todas las personas que trabajen en este proyecto deben estar debidamente formadas y concienciadas.
3. Deben mantenerse registros apropiados.
4. Todas las personas que trabajen en nombre de la organización deben ser conscientes de la importancia de esta norma, de sus funciones y de las ventajas y repercusiones.[8]

Seguimiento, medición y análisis: Según la norma una empresa tiene que definir y revisar periódicamente sus necesidades de medición. Es necesario monitorizar, medir y analizar, a intervalos programados, las características clave de sus operaciones que determinen el rendimiento energético. Como mínimo, entre las características clave se incluyen las siguientes: [8]

1. Usos significativos de la energía y otros resultados de la revisión energética
2. Variables relevantes relacionadas con usos significativos de la energía
3. Los Indicadores de Desempeño Energético (IDEs)
4. La eficacia de los planes de acción para alcanzar las metas y los objetivos

Auditorías internas: Se espera que la organización realice auditorías internas a intervalos programados para garantizar que el SGE:

1. Se ajusta a las disposiciones previstas para la gestión energética, incluidos los requisitos de la presente norma internacional.
2. Se ajusta a los objetivos y metas sobre energía que se han definido.
3. Se implementa y mantiene de forma eficaz, y mejora el rendimiento energético.

No conformidades, corrección, acciones correctivas y preventivas: La organización debe solucionar cualquier incumplimiento real y potencial realizando correcciones y adoptando acciones preventivas.

Revisión por la Dirección: Según la norma se deben realizar revisiones por la dirección a intervalos programados, en donde se revise el SGE de la organización para garantizar su idoneidad y eficacia. Los resultados de la revisión de la dirección deben incluir las decisiones o acciones relacionadas con los cambios en el rendimiento energético, la política energética, los IDEs y otros cambios en los objetivos o en la asignación de recursos. [8]

3.3 Técnicas para evaluar la viabilidad de los proyectos:

Un estudio de factibilidad es un análisis de la alternativa estudiada en donde se abordan en general todos los aspectos ya sean económicos, técnicos, sociales y administrativos con la mayor profundidad y enfocados a la opción más recomendable. De acuerdo a lo anterior se recomienda que para la aprobación de cualquier proyecto es preciso estudiar un mínimo de tres factibilidades que condicionaran el éxito o fracaso de una inversión: la factibilidad técnica, económica y ambiental.[9]

Factibilidad técnica:

La factibilidad técnica es cuando se analiza si es posible física o materialmente hacer un proyecto. Adicional se puede llegar a evaluar la capacidad técnica y motivación del personal involucrado. En este tipo de factibilidad se evalúa si el negocio puede ponerse en marcha y mantenerse, mostrando evidencias de que se ha planeado cuidadosamente, contemplado los problemas que involucra mantenerlo en funcionamiento.[10]

Su propósito es determinar las condiciones técnicas de realización del proyecto, en este estudio se incluyen los aspectos de tamaño, localización e ingeniería; El estudio técnico está dividido en 2 pilares fundamentales que son el estudio básico y el estudio complementario. En el estudio básico se identifica el tamaño del proyecto, se analiza tanto los procesos administrativos como productivos y su localización mientras en el estudio complementario se visualiza el calendario de actividades y la obra física [10], lo anterior se sintetiza en la Fig. 7:



Fig. 7 Estudio Técnico [10]

Factibilidad financiera:

La factibilidad financiera es donde se determina la rentabilidad de la inversión de la empresa.

En este tipo de factibilidad se puede visualizar numéricamente todos los aspectos desarrollados en el plan de negocios. Como aspecto importante se debe generar un listado con todos los ingresos y egresos de fondos que se espera que produzca el proyecto y ordenarlos en forma cronológica en donde se conozca la vigencia del proyecto, su inicio y final de fondos a invertir. [10]

El estudio financiero se caracteriza por demostrar y evidenciar que la compañía cuenta con recursos suficientes para llevar a cabo el proyecto de inversión y que este a su vez sea sostenible y rentable. Dentro del estudio financiero se debe contemplar el cumplimiento de las siguientes partes para que sea efectivo:

- a) Presupuesto e identificación de todos los recursos financieros necesarios y disponibles para el desarrollo del proyecto en su totalidad.
- b) La determinación y evaluación de los flujos presupuestados como lo son los ingresos, egresos, el conocer el periodo de recuperación de la inversión, además de valorar e identificar las condiciones de riesgo e incertidumbre existentes.
- c) El plan de financiación en dado caso que la compañía lo requiera al no tener todos recursos necesarios para el proyecto.
- d) Desarrollar un análisis de sensibilidad con el fin de visualizar las ventajas y desventajas económicas que tiene el proyecto para asegurar al máximo su rentabilidad. [10]

En este estudio financiero las Técnicas más usadas para evaluar la factibilidad económica son:

- Reembolso
- Valor Presente Neto
- Índice de Rentabilidad
- Tasa Interna de Retorno

A continuación, en la fig. 8 se muestra condensado las partes del estudio financiero:



Fig. 8 Estudio Financiero [10]

Factibilidad ambiental:

La factibilidad ambiental es cuando se analiza e identifica en la planeación de un proyecto todos los efectos ambientales del sitio, las regulaciones, condiciones, restricciones y oportunidades que puede alterar o sufrir el proyecto en una zona determinada.

También este tipo de factibilidad se enfatiza en ejecutar un análisis de tipo social como área de influencia y población; sin olvidar los aspectos legales y normativos ambientales y de uso de suelo, planes regionales y locales de desarrollo, entre otros, Estos estudios permiten determinar si el proyecto que se pretende desarrollar es factible o no, si requiere modificaciones o adecuaciones o si definitivamente no puede llevarse a cabo en el sitio. [10].

Desarrollo del Proyecto

4.1 Plan de Recolección de datos

Con el fin de realizar la caracterización del consumo energético actual de la planta, se llevó a cabo un análisis y seguimiento de los procesos con los que cuenta la empresa Toro Corredor. Este análisis permite una comprensión del esquema productivo, de tal forma que se puedan determinar los datos de consumo de energía y producción de cada etapa del proceso.

En una primera instancia realizó el diagnóstico del consumo energético de la empresa, en el cual se identificarán puntos potenciales en los que se pueden realizar ahorros de energía, a su vez se identificaran tendencias en el consumo energético que puedan afectar la eficiencia en el área de producción del Toro Corredor.

Una vez obtenido el inventario de las máquinas utilizadas en la producción, se procedió a identificar el punto de acometida eléctrica de las máquinas, el cual es el punto más apropiado para realizar las mediciones de las características eléctricas de los equipos, debido a que es el punto en donde suministra la energía que utilizan estas máquinas para poder operar. En la Fig. 9 se evidencia el punto de las acometidas eléctricas en el cual se realizaron las mediciones de las variables de voltaje (V), corriente (A) y potencia activa (kW) de cada uno de los equipos.



Fig. 9 Ejemplo de acometidas eléctricas de las máquinas

Las mediciones se realizaron por medio de un monitor de energía Allen-Bradley, el cual es un equipo capaz de medir diferentes variables eléctricas y permite mediciones de tres fases en simultaneo, ya que se pueden conectar tres sensores de voltaje y tres sensores de corriente al mismo tiempo y por lo tanto facilita las mediciones de máquinas que utilizan motores trifásicos, en este caso son 7 máquinas que poseen motores de tres fases. A su vez este equipo cuenta con una memoria interna para poder guardar las mediciones realizadas y posteriormente extraer esa información hacia una computadora para facilitar el análisis de los resultados obtenidos[11]. En la Fig. 10 se muestra el monitor de energía utilizado.



Fig. 10 Monitor de energía Allen-Bradley

Las mediciones de campo con el equipo se realizaron durante 2 días, asegurándose que las máquinas estuvieran activas realizando su operación para así obtener los datos de los equipos encendidos. El monitor de energía se conectó en las acometidas eléctricas de las máquinas como se muestra en la Fig. 11, las mediciones en cada equipo se realizaron durante un periodo de dos horas, de esta forma tener el tiempo suficiente para medir el comportamiento de las variables y descartar que tengan una variación significativa en los valores medidos. En la Fig. 12 se puede ver un ejemplo de los resultados obtenidos de una medición con el monitor Allen-Bradley.

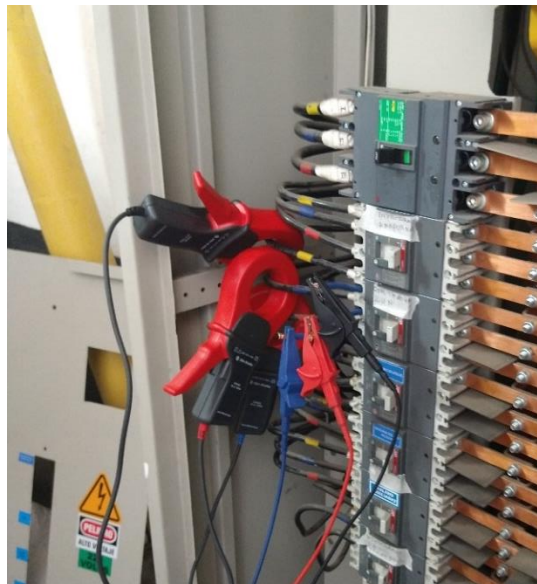


Fig. 11 Conexión del equipo Allen-Bradley en la acometida eléctrica

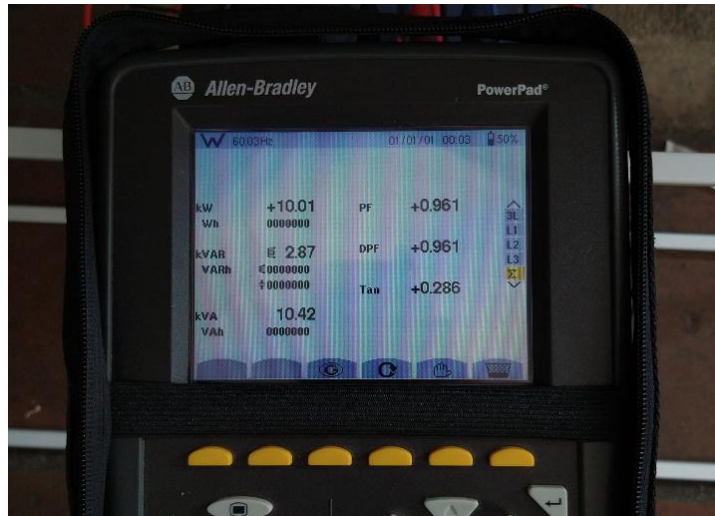


Fig. 12 Resultados de la medición con el monitor de energía Allen-Bradley

En este caso en la Fig. 12 solo se muestra el resultado de la variable potencia activa (kW) en una de las máquinas, pero así mismo, el monitor de energía pueda arrojar los resultados de las variables de voltaje y corriente.

4.2 Medición del sistema actual

Productos Principales:

Al tratarse de una empresa de artes gráficas, Toro Corredor está permanentemente ofreciendo productos personalizados que se ajusten a las necesidades específicas de cada cliente. Sin embargo, la empresa cuenta con dos productos principales los cuales ocupan la mayoría del tiempo de producción total. Estos productos principales son: Las Ristras y las Cenefas, en la Fig. 13 y en la Fig. 14 se puede ver ejemplos de estos productos.



Fig. 13 Ejemplo producto Cenefa [12]



Fig. 14 Ejemplo producto Ristra [12]

En la tabla II se muestra las horas correspondientes de trabajo destinadas a cada producto durante un periodo de 8 meses, exactamente durante los meses de mayo hasta diciembre de 2019, además se muestra la cantidad que se fabricaron de ristras y cenefas durante este periodo. Con base a los datos de la Tabla II se construyó el grafico mostrado en la Fig. 11 en el cual se evidencia que el mayor porcentaje de horas de trabajo están dedicados a fabricar las ristras y las cenefas. En el periodo de mayo hasta diciembre de 2019 el 64% del tiempo de producción fue dedicado a producir ristras, el 29% a producir cenefas, mientras que los otros productos ocupan solamente el 7% del tiempo de producción. Por tal motivo los procesos en los que se va a enfocar el análisis del consumo eléctrico de las máquinas son al proceso de producción de ristras y cenefas, esto con el fin de facilitar el análisis de los datos y delimitar el alcance del proyecto a los procesos que tengan una mayor participación en la producción.

Mes	Producto	Horas Trabajo Máquina	Cantidad
MAYO	Ristras	378	45624
	Cenefas	171	20162
	Otros Productos	41	N/A
JUNIO	Ristras	388	47243
	Cenefas	176	18985
	Otros Productos	42	N/A
JULIO	Ristras	372	41945
	Cenefas	169	21781
	Otros Productos	41	N/A
AGOSTO	Ristras	365	46196
	Cenefas	166	17803
	Otros Productos	40	N/A
SEPTIEMBRE	Ristras	351	66397
	Cenefas	159	34899
	Otros Productos	38	N/A
OCTUBRE	Ristras	359	58115

Mes	Producto	Horas Trabajo Máquina	Cantidad
	Cenefas	163	23807
	Otros Productos	39	N/A
NOVIEMBRE	Ristras	230	34256
	Cenefas	104	14698
	Otros Productos	25	N/A
DICIEMBRE	Ristras	336	62870
	Cenefas	152	28456
	Otros Productos	37	N/A
TOTAL	Ristras	2779	384930
	Cenefas	1259	175349
	Otros Productos	304	N/A

TABLA II Horas de trabajo máquina por producto y cantidad de productos fabricados
Fuente: Programación de la producción de la empresa Toro Corredor

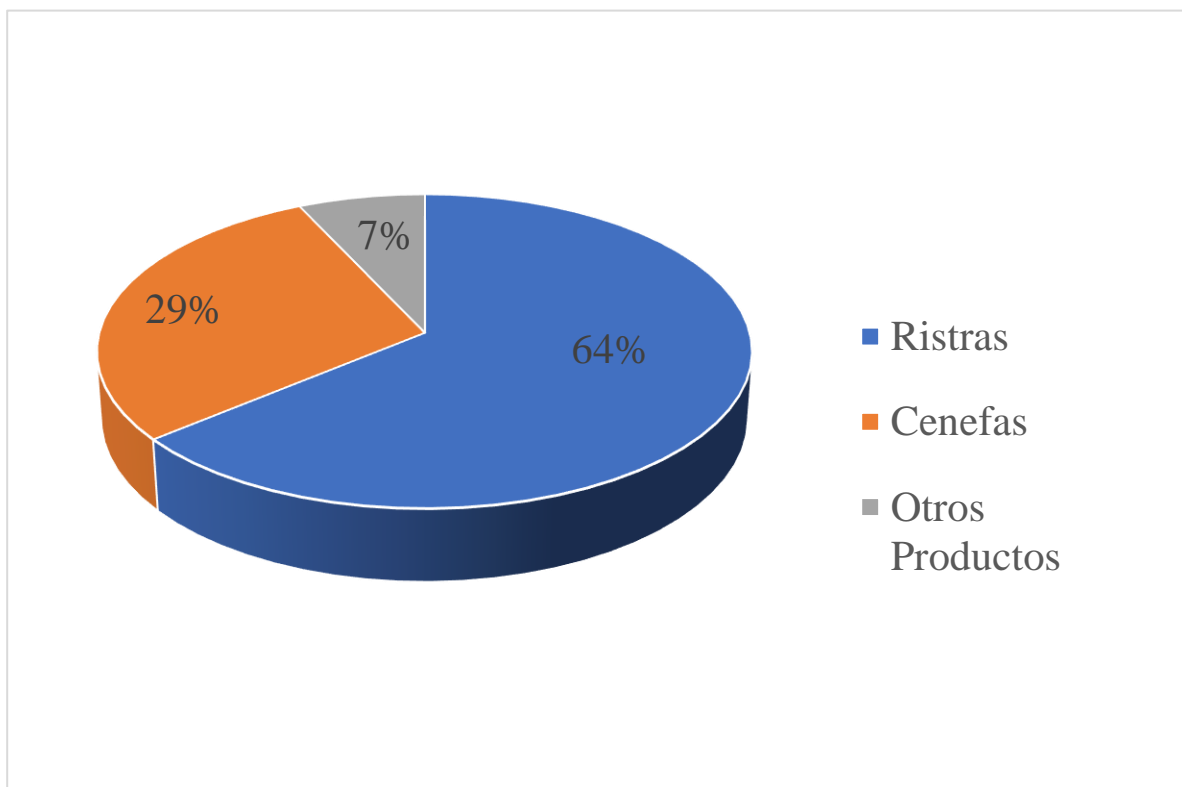


Fig. 15 horas de trabajo por producto (periodo marzo - agosto 2019)

Para producir los principales productos se llevan a cabo dos procedimientos, los cuales se diferencian principalmente en el uso de impresión litográfica o impresión digital, con el fin de comprender la descripción del proceso, se elaboró un diagrama de flujo del sistema actual que comprende desde el proceso de recepción orden de Producción hasta el despacho del producto terminado. Estos procedimientos se describen a continuación en la Fig. 16.

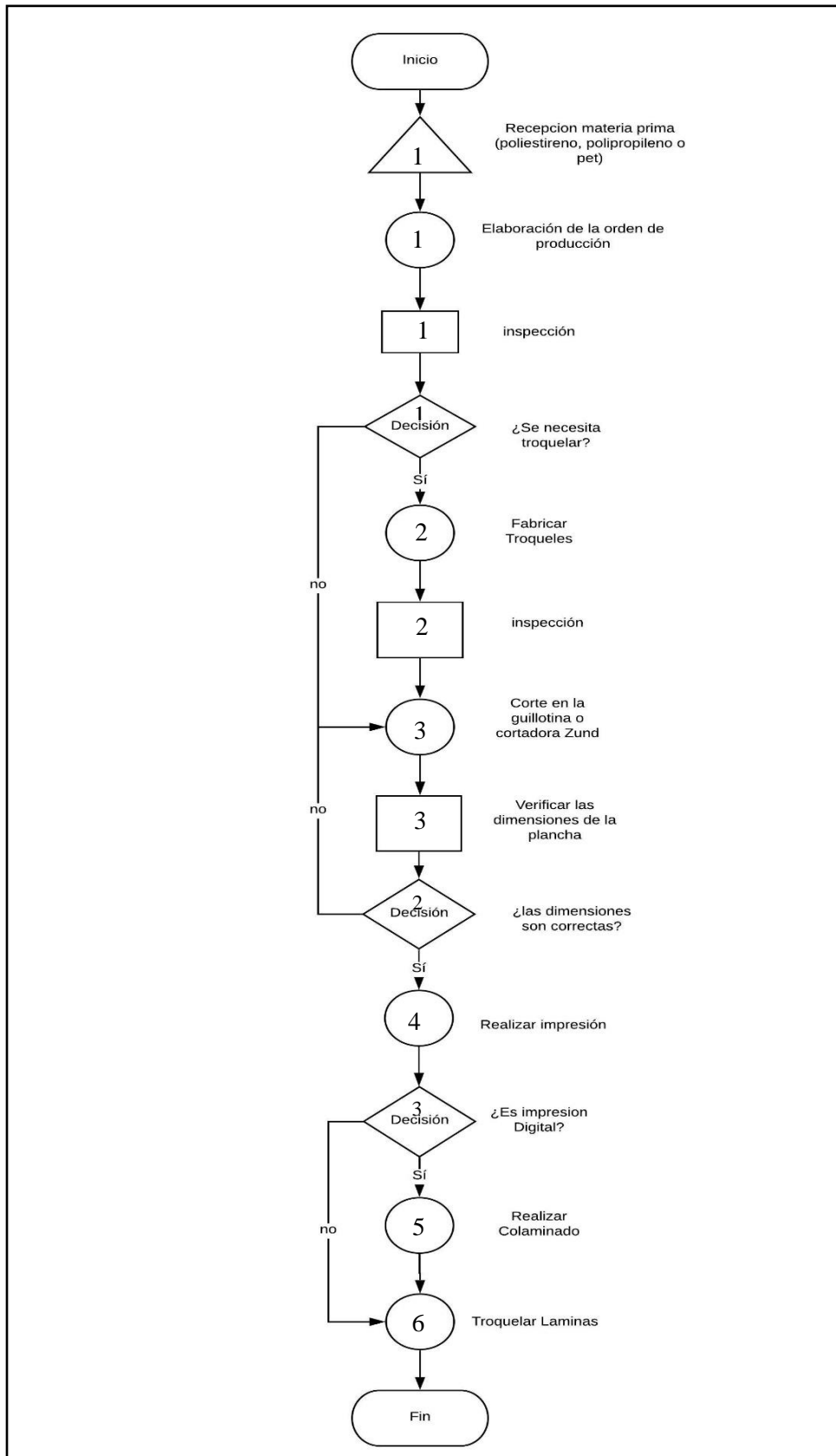


Fig. 16 Flujograma del proceso de producción de ristas y cenefas

Con el propósito de comprender mejor el proceso de producción de cenefas y ristras se recolectó información de la programación de producción de la empresa. En la tabla III se muestra las horas de trabajo por mes que se destina en cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la elaboración de las cenefas y las ristras. Con la información de la tabla III se construyó el gráfico que se muestra en la Fig. 17 en donde se evidencia que el proceso que más consume tiempo de trabajo es en la troqueladora, con un porcentaje de 27% esto puede explicarse debido a que es un proceso que se lleva a cabo en dos máquinas.

Proceso	Horas de Trabajo por Mes								TOTAL
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
TROQUELADO	162	166	159	156	150	153	97	143	1187
CORTE	105	107	103	101	97	99	63	93	769
IMPRESIÓN LITOGRAFICA	77	79	76	75	73	74	54	70	578
GUILLOTINA	33	34	32	32	30	31	17	28	237
IMPRESIÓN DIGITAL	114	117	112	110	106	108	68	101	837
COLAMINADO	100	103	99	97	93	95	61	89	735
TOTAL	590	606	582	571	549	561	360	525	4343

TABLA III Horas de trabajo utilizadas en cada proceso al mes

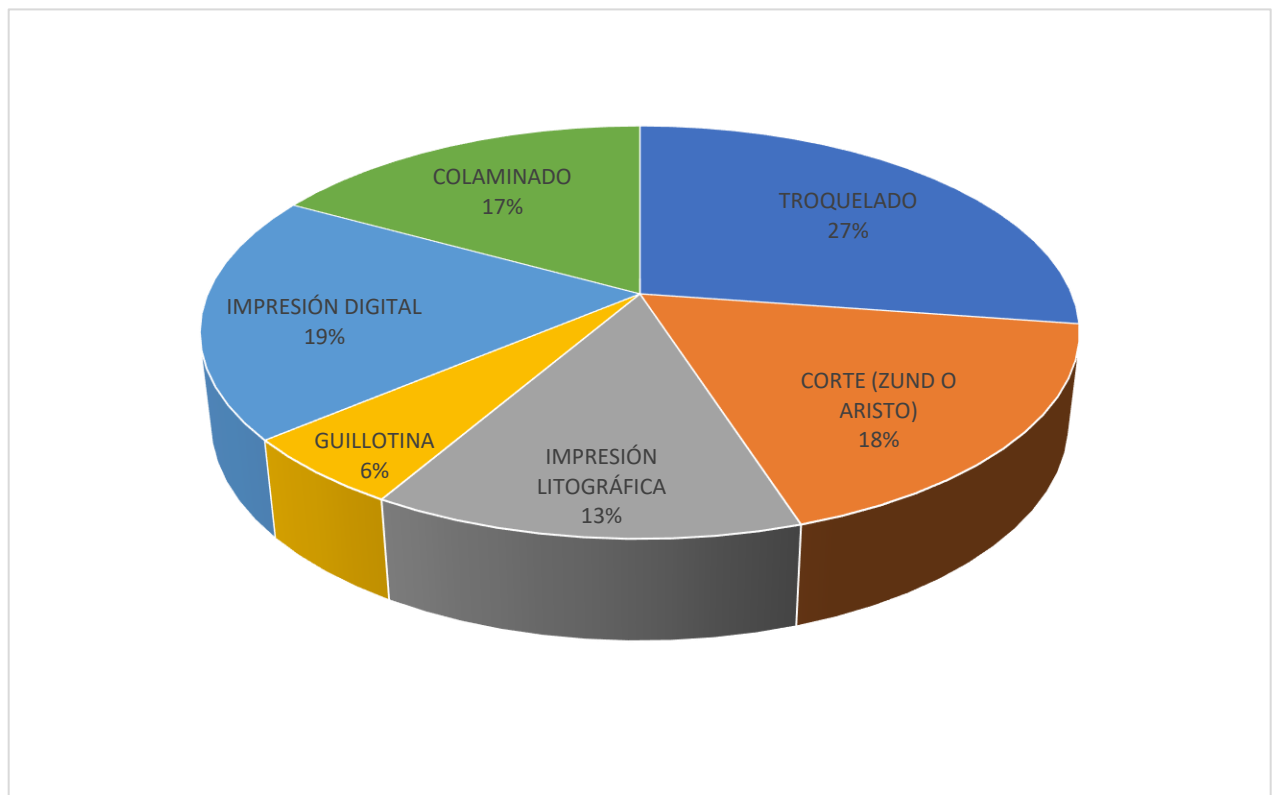


Fig. 17 total horas de trabajo por proceso en el periodo mayo - diciembre 2019

En la Tabla IV se caracteriza el consumo de energía eléctrica de los equipos presentes en el proceso productivo, para el cual se tuvieron en cuenta la potencia activa y las horas de uso en la producción. La información de la potencia fue recolectada a través del monitor de energía Allen-Bradley conectando el monitor a cada uno de los equipos, mientras que las horas de producción fue extraída de la información suministrada en la planificación de producción de la empresa. Para la elaboración de la Tabla IV también se consideró otros consumos externos al proceso productivo, como oficinas, esto con el propósito de tener una información más detallada y estudiar cualquier dato causal que pueden influir considerablemente en los consumos.

Cantidad	Equipos	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Horas de operación (h)	Consumo eléctrico (kWh)	% Consumo
1	Guillotina	125,7	10,1	1,4	30	43	0,9%
1	Impresora litográfica	122,7	86,2	21,3	72	1540	34,2%
1	Impresora Digital	120,7	22,1	2,5	94	234	5,2%
1	Colaminado	123,6	22,5	2,2	102	224	5,0%
1	Compresor	122,6	12,0	5,4	88	475	10,6%
1	Cortadora ARISTO	125,5	12,8	4,2	55	229	5,1%
2	Troqueladora	121,6	12,8	7,8	165	1287	28,6%
1	Cortadora ZUND	124,1	11,2	3,4	81	271	6,0%
1	Impresora ANAPURNA	124,4	2,8	0,9	51	46	1,0%
1	Oficinas	125,0	7,0	0,7	226	152	3,4%

TABLA IV Caracterización del consumo eléctrico de los equipos

Es importante aclarar que los datos de horas de operación expuestos en la Tabla IV son el resultado de promediar las horas de cada uno de los equipos durante el periodo de mayo hasta diciembre de 2019.

Posteriormente de caracterizar el consumo eléctrico de los equipos, se elaboró un análisis de Pareto de los consumos de energía para así poder identificar las maquinas que están causando un alto consumo energético y, por consiguiente, identificar las máquinas que más están afectando en los costos mensuales de energía.

En la Tabla IV se evidencia los dos equipos que representan un mayor porcentaje de consumo eléctrico son la impresora litográfica con un porcentaje de 34,2% y las troqueladoras con un porcentaje de 28,6%. En la Fig. 18 se muestra el diagrama de Pareto energético en el cual se puede apreciar con más detalle los consumos de los equipos y su respectivo porcentaje con respecto al consumo total.

Según los resultados obtenidos de las mediciones se puede notar que los procesos que más consumen energía eléctrica son el troquelado y la impresión litográfica, una vez identificados los puntos críticos de consumo se puede acotar la búsqueda de la raíz del problema dentro de estos dos procesos.

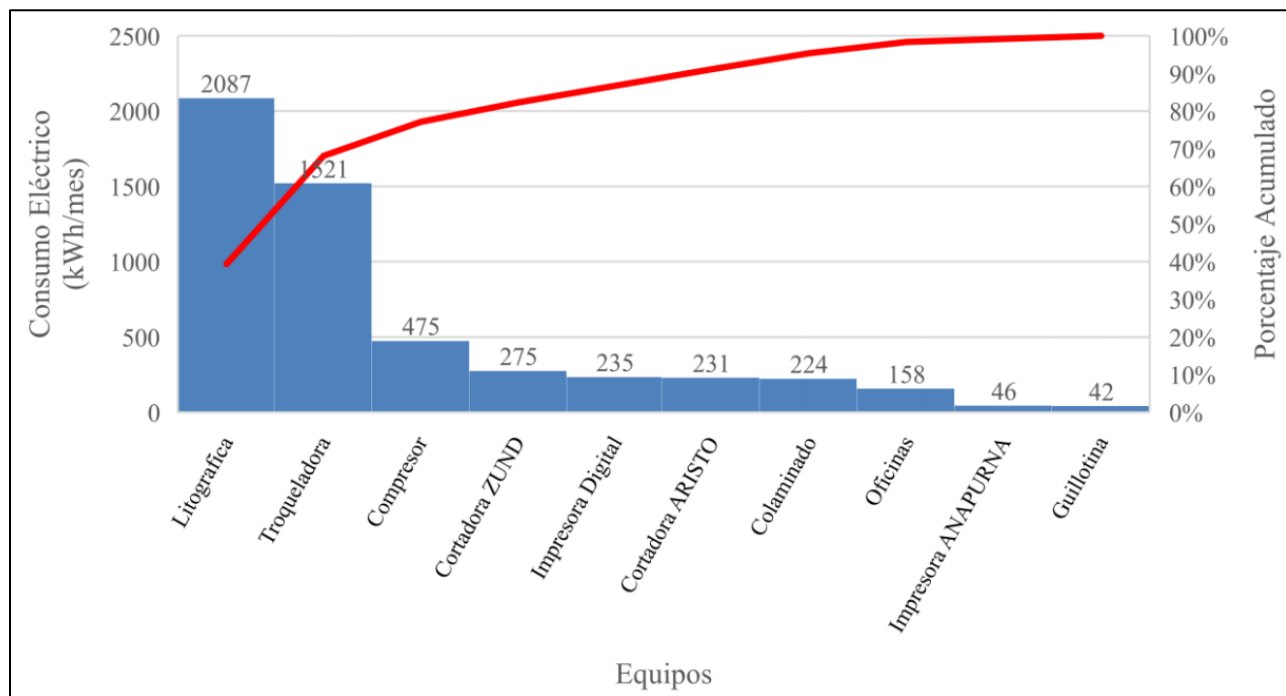


Fig. 18 Diagrama de Pareto del consumo energético de los equipos presentes en el proceso productivo

En el anexo #1 se encuentra un diagrama unifilar, el cual representan las partes que componen el sistema eléctrico de modo gráfico, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, de esta manera obtener una visualización completa del sistema de forma más sencilla. Igualmente se encuentra el cuadro de cargas de los diferentes tableros auxiliares que están conectados al tablero principal.

El tablero general está construido en lámina CR calibre 18, con sus respectivos soportes estructurales, con capacidad de resistencia mecánica ante falla para 10KA como mínimo. Cuenta con un Totalizador General de 3x500A regulable 10KA, Barraje general de 800A, protecciones de las subcometidas para los tableros de distribución.

Los tableros auxiliares están ubicados cercanos a sus centros de carga cuentan con las características técnicas de funcionamiento acorde a su uso, cuentan con un número de circuitos adecuado según diseños y disponibilidad para nuevas conexiones y cargas proyectadas.

4.3 Análisis de causas

Analizando los procesos de impresión litográfica y de troquelado se construyeron diagramas de dispersión entre las variables de horas de trabajo y cantidad de ristras y cenefas producidas al mes. En la Fig. 19 y en la Fig. 20 se muestran los gráficos de dispersión para el proceso de troquelado. A partir de estos gráficos se evidencia que la producción de la empresa no tiene una consistencia en cuanto a las horas de producción necesarias para elaborar cierta cantidad de productos, por ejemplo, en este caso se puede ver en la Fig. 19 que en el mes de diciembre se emplearon 102 horas aproximadamente para producir una cifra cercana a 63000 Ristras, mientras que en el mes de julio se utilizaron 115 horas para producir 42000 ristras, es decir se necesitó más horas de trabajo de la máquina para producir una menor cantidad de productos, lo que puede indicar que la producción no es eficiente y se puede lograr una mejora reduciendo los tiempos de operación.

Este tipo de comportamiento poco eficiente se puede ver reflejado en los procesos de troquelado y de impresión litográfica los cuales son los dos procesos que más influyen en el consumo eléctrico total de la planta de producción, si se logra que estos procesos sean más eficientes en cuanto a las horas de producción empleadas, se puede conseguir una reducción en el consumo eléctrico global de la empresa. Los gráficos de dispersión del proceso de impresión litográfica se pueden ver en las Fig. 21 y Fig. 22.

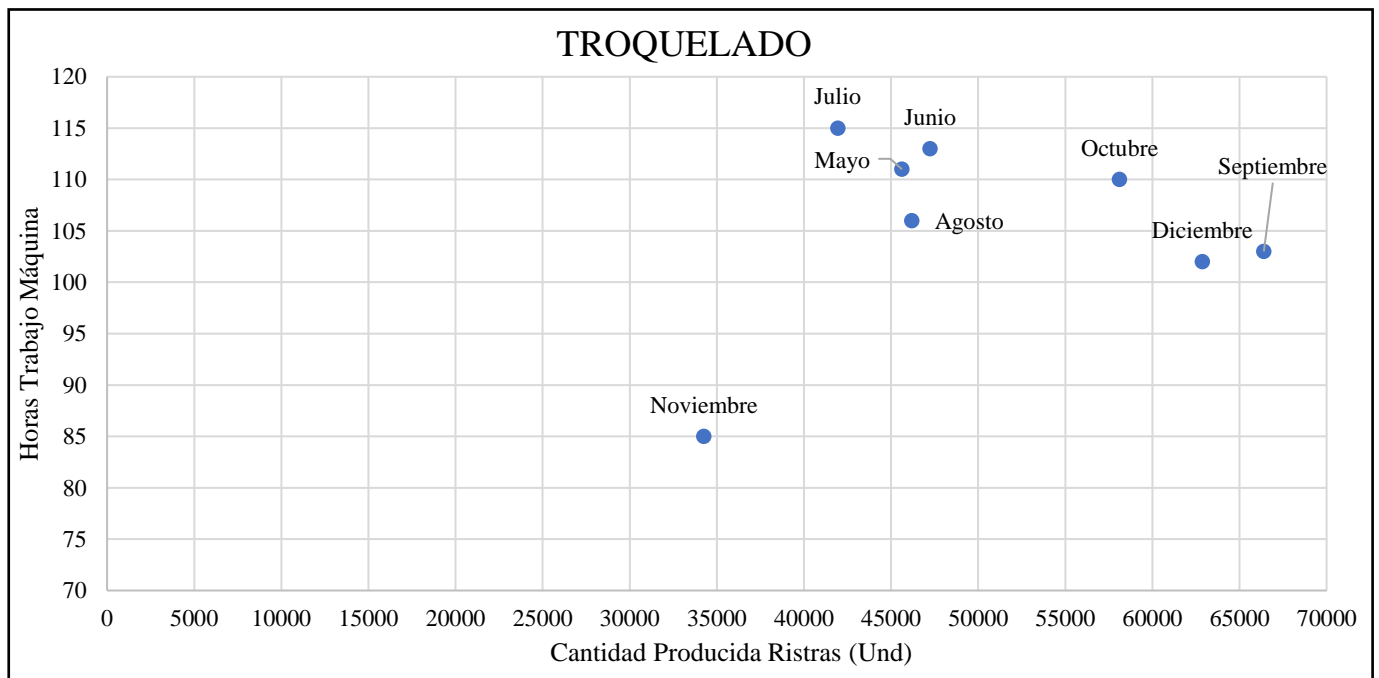


Fig. 19 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de troquelado

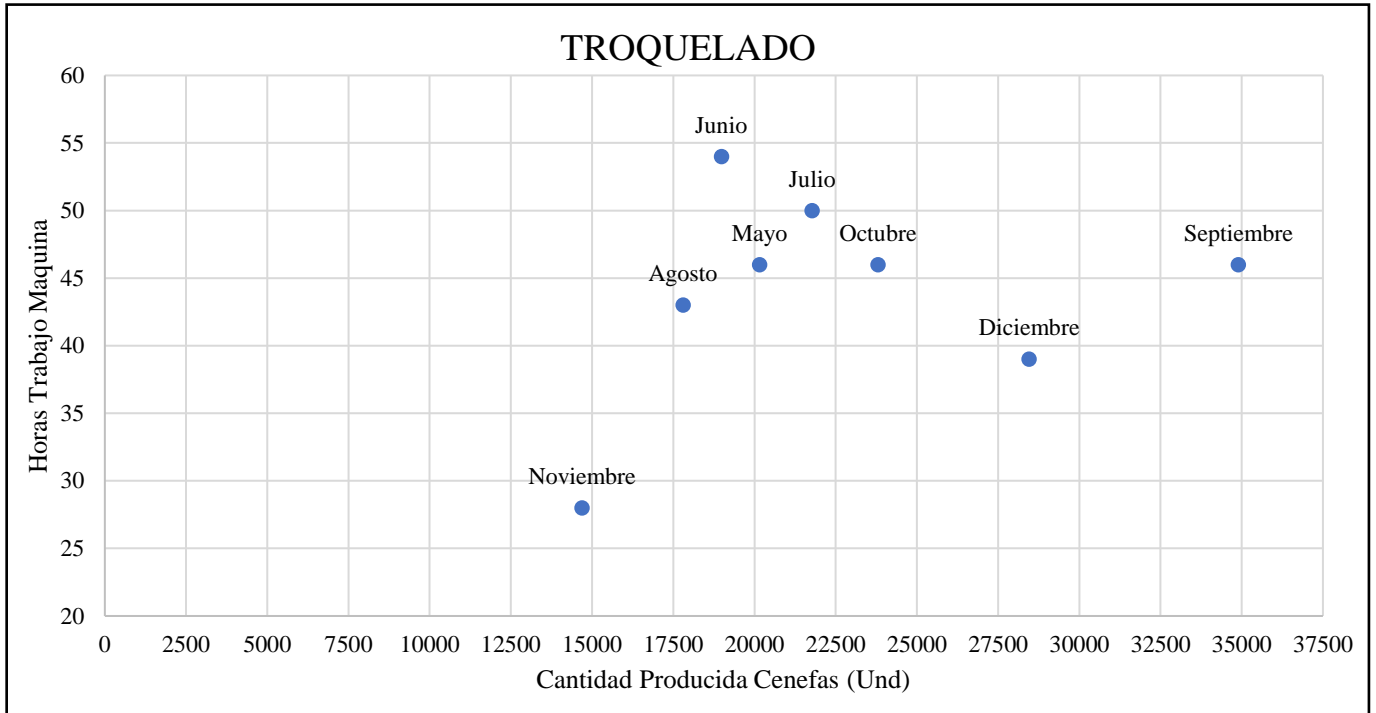


Fig. 20 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de troquelado

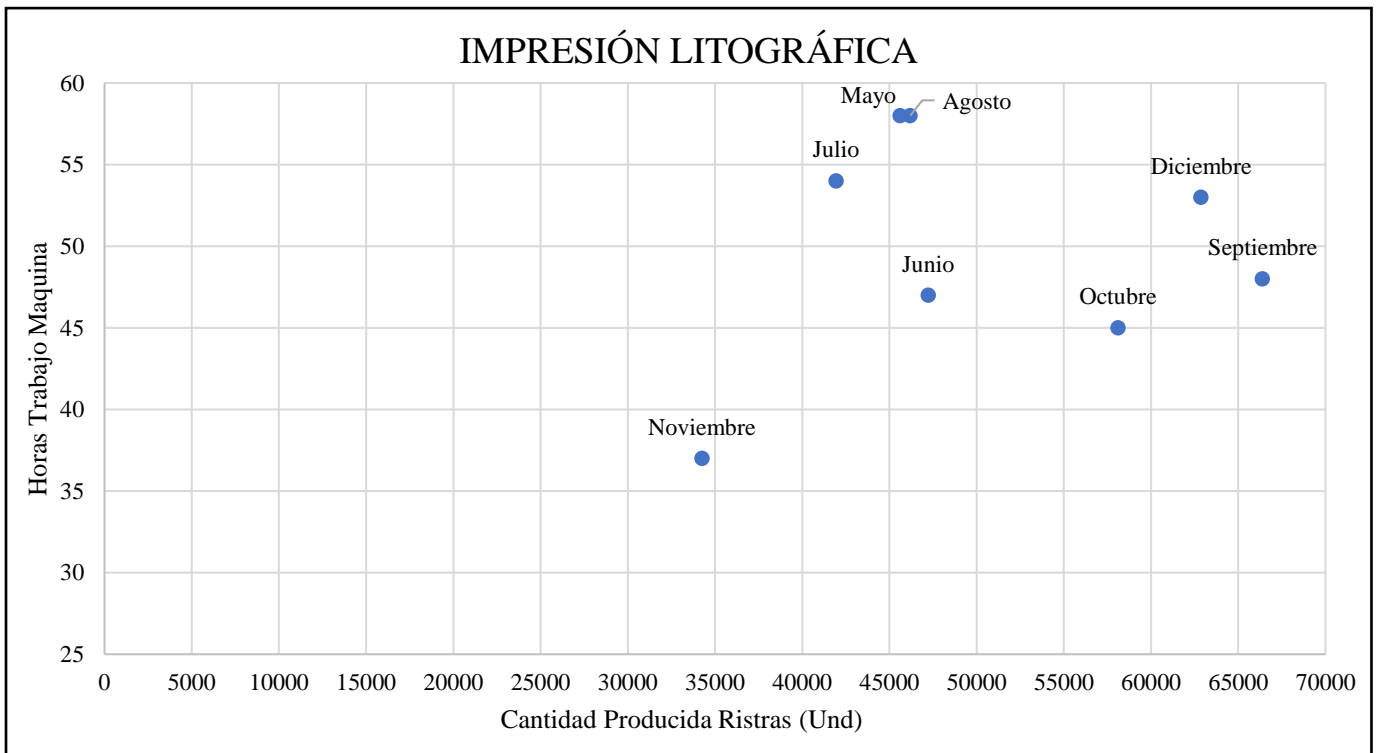


Fig. 21 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de impresión litográfica

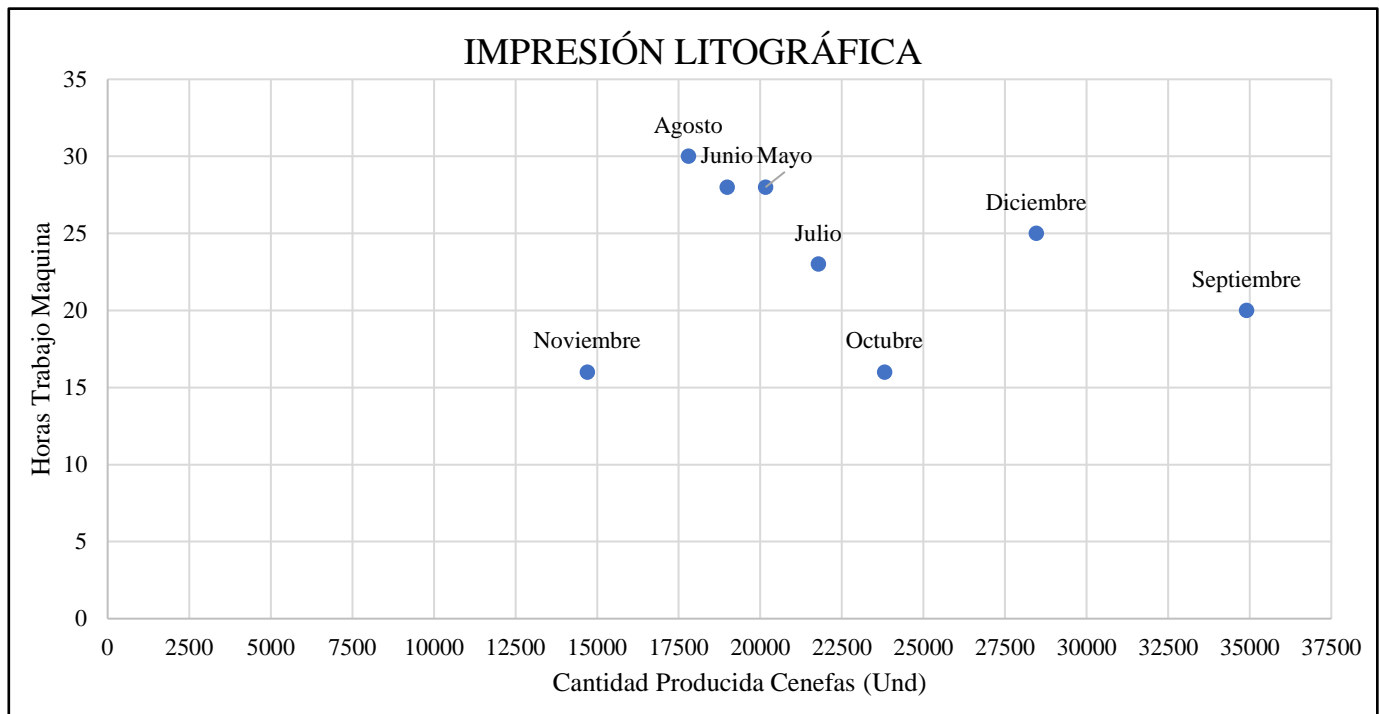


Fig. 22 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de impresión litográfica.

Actualmente no existe un método estandarizado ni tampoco un manual de procedimiento que los operarios deban seguir para operar las máquinas, esta falta de un método estandarizado se ve claramente en los procesos de troquelado e impresión litográfica ya que existe una relación entre las horas de trabajo y la cantidad producida de cenefas y ristras. Debido a que estos productos se caracterizan por sus diseños personalizados para cada cliente, a la hora de comenzar con un pedido en las máquinas troqueladoras y en la impresora litográfica se deben realizar pruebas para saber si el producto satisface las necesidades del cliente, por ejemplo, antes de comenzar con la producción en masa del pedido se imprime una muestra para comprobar que la intensidad de los colores en la impresión sea la adecuada, este proceso se realiza actualmente de manera empírica basado en la experiencia del operario, por lo que puede que en un pedido solo se imprima una muestra para empezar con la producción en masa, como también puede ocurrir que se necesiten múltiples muestras antes de la producción en masa.

Cada muestra impresa consume tiempo de operación de la máquina lo que se traduce en consumo energético. Así mismo, en el proceso de troquelado también se presenta una situación de prueba y error para cuadrar las medidas que se especifican en cada pedido, cada ensayo realizado también implica tiempo de operación extra.

Comparando los procesos de troquelado e impresión litográfica en los cuales se realizan una serie de pruebas antes de empezar con la producción en masa con un proceso como corte en la guillotina, se puede notar que en la guillotina la relación entre horas de trabajo máquina y la cantidad de cenefas y ristras en una relación más “lineal” por lo que se puede decir que en la guillotina más horas de trabajo equivalen a más unidades producidas, es importante indicar que el corte en la guillotina se realiza con una máquina automatizada en la que el operario solo le ingresa las medidas especificadas en el pedido del cliente y el corte se realiza automáticamente con un margen de error menor a 0,01mm. En la Fig. 23 y en la Fig. 24 se puede apreciar los diagramas de dispersión entre las variables de horas de trabajo y cantidad de ristras y cenefas producidas al mes del proceso de corte en la guillotina.

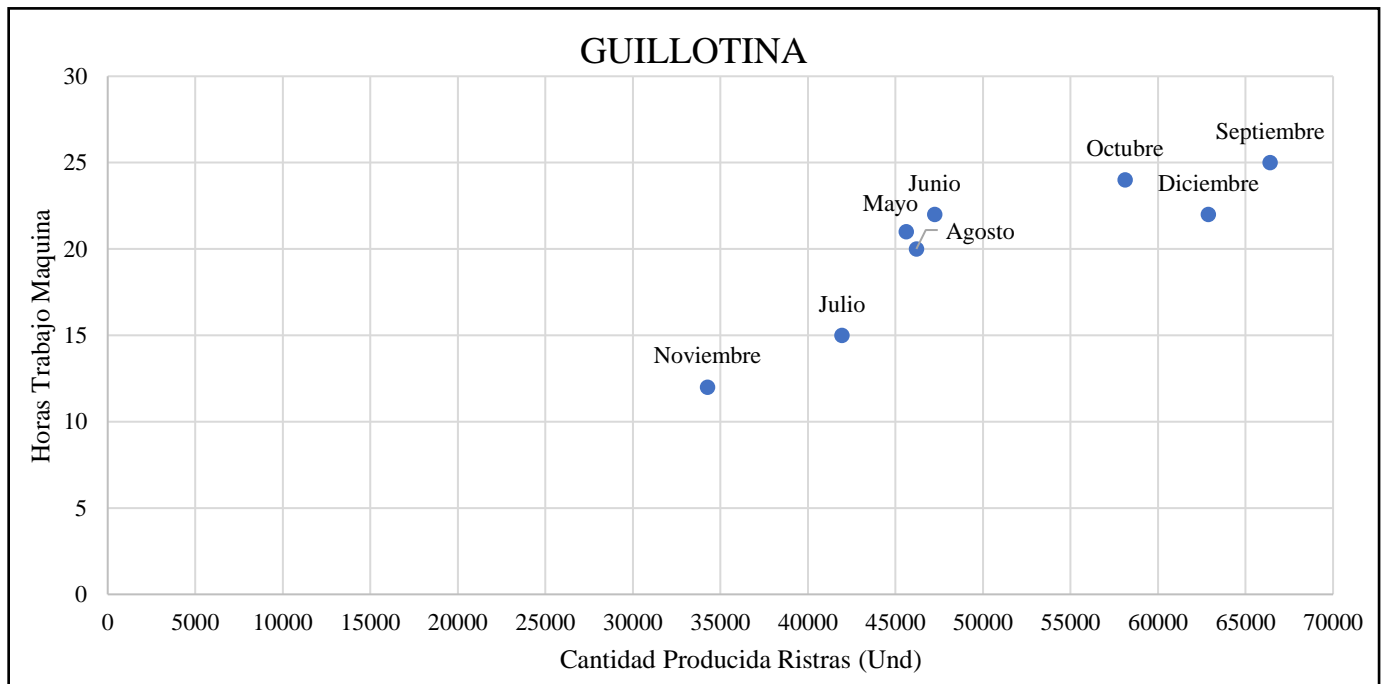


Fig. 23 Cantidad Producida Ristras (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de Corte en la Guillotina

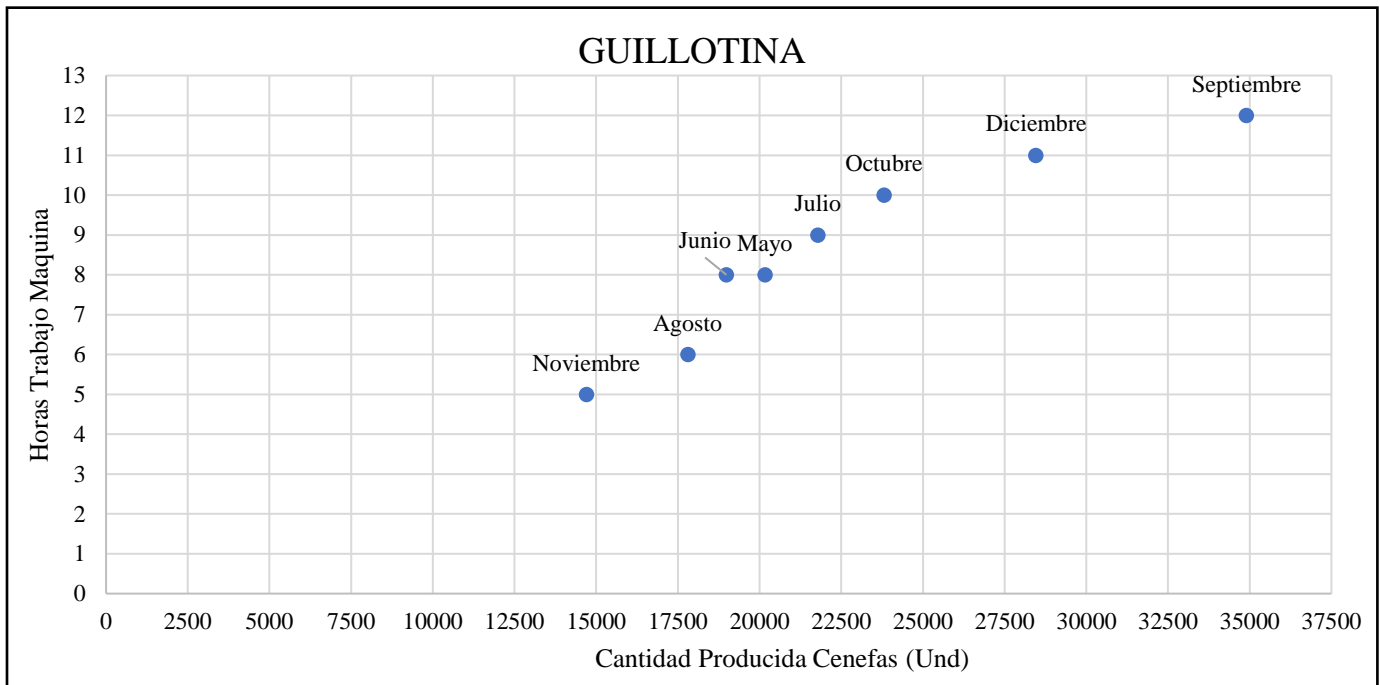


Fig. 24 Cantidad Producida Cenefas (Und) VS Horas Trabajo Máquina en el proceso de Corte en la Guillotina

En la Fig. 25 se muestra el número de ordenes realizadas cada mes de ristras y cenefas en el periodo de mayo – diciembre de 2019. Se puede observar que el mes de septiembre se registraron el menor número de ordenes tanto de ristras como de cenefa, no obstante, el mismo mes de septiembre fue el mes que más se produjeron ristras y cenefas empleando menor cantidad de tiempo de producción comparado con meses como junio y agosto los cuales pese a que se produjeron menor cantidad de ristras y cenefas se incurrió en un tiempo de producción mayor que al de septiembre. Particularmente en el mes de septiembre se obtuvo una mayor cantidad de unidades producidas en menor número de ordenes debido a que un solo cliente realizo una orden de aproximadamente 25000 ristras y de 18000 cenefas, por lo tanto, al ser una cantidad muy elevada de un solo pedido no se cometen tiempos de alistamiento por lo que el tiempo total de horas de trabajo maquina se disminuye.

Si se relaciona el comportamiento de la cantidad producida de cenefas y de ristras VS las horas de trabajo máquina en el proceso de troquelado e impresión litográfica con el número de ordenes realizadas al mes se evidencia que entre mayor sea el número de ordenes se realicen al mes mayor es el tiempo de trabajo en los procesos de producción de troquelado e impresión litográfica, esto debido a que para cada nueva orden se debe alistar las máquinas ya que cada pedido tiene sus características propias de color o tamaño, lo cual se traduce en un mayor tiempo total de horas de trabajo en la máquina y en un mayor consumo energético. La información detallada sobre las horas de producción máquina, la cantidad de productos elaborados y el número de pedidos al mes se encuentran registrados en el anexo #2.

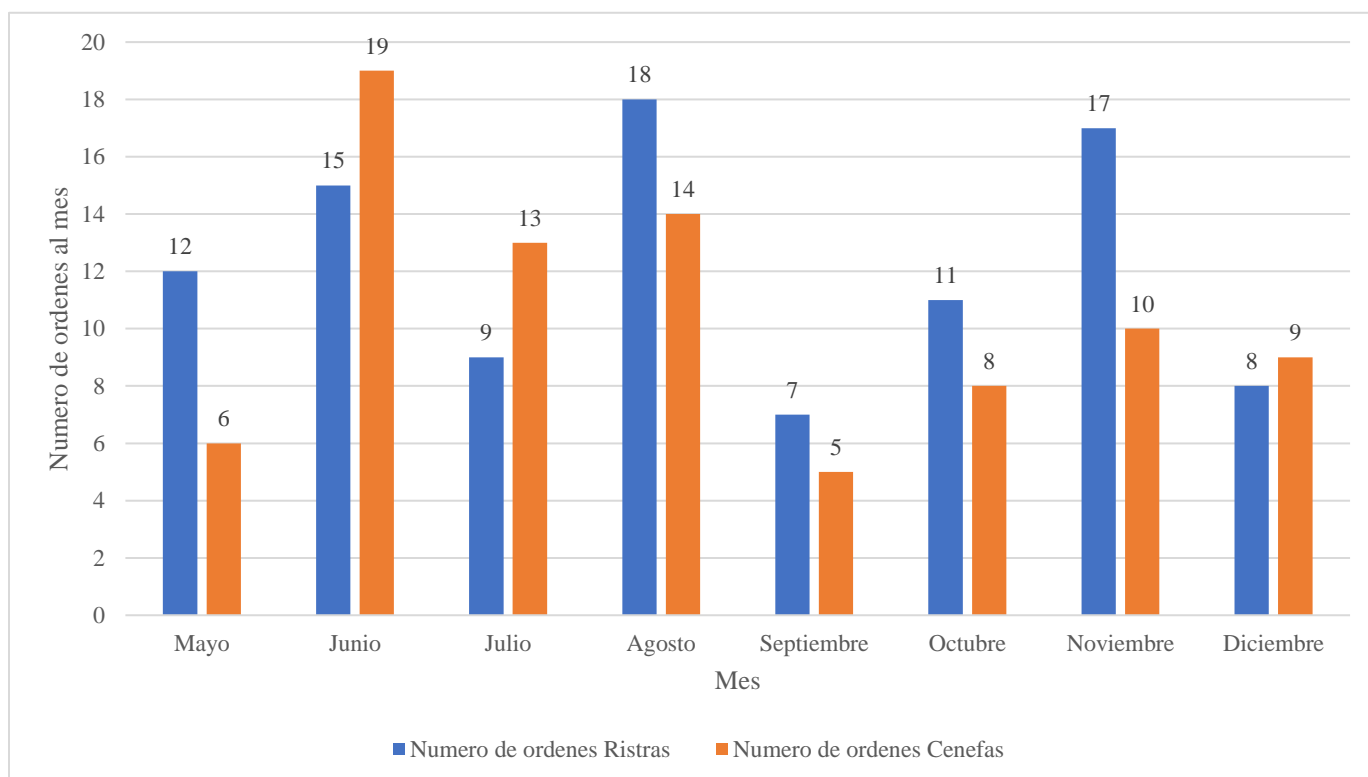


Fig. 25 Numero de ordenes de ristras y cenefas al mes

4.4 Indicadores de desempeño:

Los indicadores de desempeño son de gran utilidad para cuantificar los resultados obtenidos durante un periodo de tiempo, en esta ocasión se definieron indicadores de desempeño específicos para la planta de producción de la empresa, los cuales son valores cuantitativos que pretenden medir y aportar información sobre el desempeño energético, en este caso al tratarse de una empresa dedicada a producir artículos variados dependiendo de las necesidades de cada cliente, no es posible generar un indicador que abarque la cantidad de producto fabricado ya que los productos elaborados van a ser distintos el uno del otro, por tal motivo se debe buscar la forma de crear indicadores de desempeño que traten con características en común de los productos. por lo tanto, se debe analizar bien la producción y de esta forma poder generar indicadores que se puedan aplicar en el contexto de una empresa de artes gráficas. A su vez este conjunto de indicadores de desempeño debe de estar alineados con las recomendaciones dadas por la norma NTC-ISO 50001 [13].

Para poder realizar y garantizar esto, los indicadores implementados en el SGE deben permitir contener las características de la empresa TORO CORREDOR P.E.O.P.E y así permitir realizar un seguimiento al consumo energético de la empresa de forma que se pueda comprobar los progresos de los objetivos planteados [14].

A continuación, se muestran los indicadores establecidos para la empresa teniendo en cuenta los criterios expuestos en la norma NTC-ISO 50001:

1. Consumo eléctrico/ Cantidad de unidades producidas (KW-h/unidades)

Este indicador va en función con las horas de planeación mensual establecidas para cada máquina en la planta de producción de la empresa y establece la relación de cuanto se consume por número de ristras y cenefas producidas.

Si se quiere establecer el valor del indicador por maquinas se haría de la siguiente manera:

Máquina	Potencia (kW)	Tiempo de uso al mes (h)	Consumo eléctrico al mes (kW-h)
Máquina 1	2,2	60	132
Máquina 2	45	30	1350
Máquina 3	35	50	1750
Total		140	3232

TABLA V Ejemplo de consumo eléctrico por maquinas

Sí en el mes se hicieron 5000 ristras y cenefas, entonces el indicador se establecería de la siguiente manera $3232/5000 = 0.64$. una vez ya establecido este valor se utiliza como referencia aproximada para un numero de 5000 unidades producidas.

Como medir constantemente la potencia por maquina requiere equipo especializado, este indicador debe tener como objetivo disminuir el numerador (consumo eléctrico al mes) y aumentar el denominador (ristras y cenefas producidas) optimizando los tiempos de uso por máquina para producir ristras y cenefas.

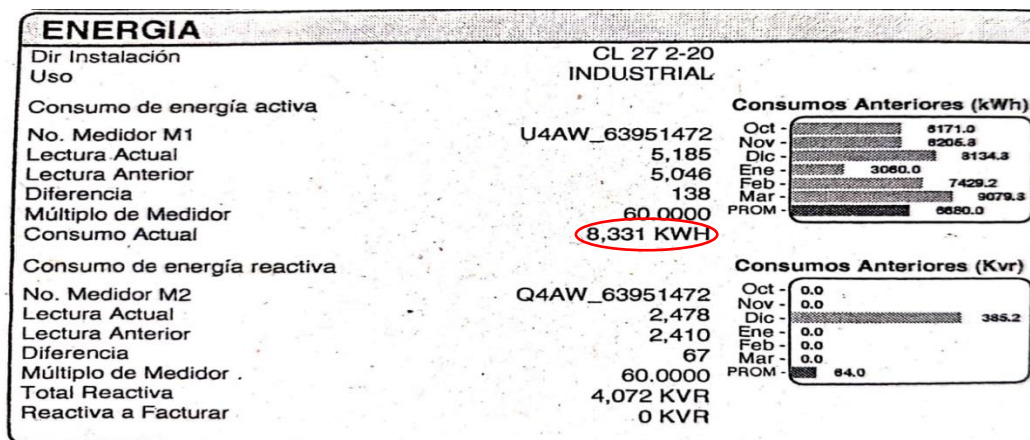


Fig. 26 Ejemplo valor total de consumo eléctrico en la factura de energía

De manera general, para analizar este indicador se toma como ejemplo el consumo total mostrado en la factura del proveedor energético. de acuerdo con el ejemplo anterior si se establece un numero de 5000 ristras y cenefas entonces $8331/5000=1.66$ y se aplica el mismo concepto mencionado anteriormente.

2. Consumo eléctrico/ número de producto terminado por cliente (KW-h/unidades)

Este indicador se construye como el anterior, pero centrándose en los lotes por cliente. Ya que los productos varían sus características, tiempos de entrega y producción de acuerdo con el cliente y hacer un producto para un cliente *X* puede tomar más recursos que hacer la misma cantidad de producto para un cliente *Y* por las variaciones en dimensiones, color, material, etc.

Al clasificar los productos por cliente se puede aportar a la correcta aproximación frente al optimo manejo del consumo eléctrico de la empresa según la NTC ISO 50001, el indicador se puede calcular de la siguiente manera:

Cliente	Numero de ordenes	Promedio de productos por orden	Total producto al mes
X	3	200	600
Y	5	500	2500

TABLA VI Ejemplo cantidad de producto por lotes

Para el cliente X: consumo del mes /600 que dará como resultado un valor que puede servir como referencia para aproximar 600 unidades de producto terminado para ese cliente.

Para el cliente Y: consumo del mes /2500 que dará como resultado un valor que puede servir como referencia para aproximar 2500 unidades de producto terminado para ese cliente.

El seguimiento, verificación y control para este indicador se realiza igual que el anterior, pero se hace exclusivamente por cliente.

3. Consumo eléctrico/ área total impresa (kW-h/m²)

Una manera para determinar un indicador de consumo energético sobre producción es unificando todas las unidades producidas en un elemento en común como lo es el área del producto. Por lo tanto, este indicador mide el consumo específico de producción considerando el área total impresa de todas las unidades producidas

4. Consumo eléctrico/ peso total producto terminado (kW-h/kg)

Clasificar los productos por peso permite establecer otra manera de verificar y cuantizar el correcto manejo del uso de la energía en la empresa, ya que es otra forma de parametrizar un valor y compararlo con una referencia establecida como se hizo en los anteriores indicadores.

5. Consumo eléctrico/ volumen producto terminado (kW-h/m³)

Determinar y establecer unas dimensiones estándares para los productos fabricados y compararlo frente al consumo eléctrico es otra variante adicional que permite aproximar el consumo real de la empresa.

6. Consumo eléctrico/ Utilidad del producto (kW-h/\$)

Este indicador permite conocer la utilidad al mes de ristas y cenefas producidas para poder relacionarlo con el consumo eléctrico y obtener un indicador de desempeño energético.

Se debe registrar la variable de consumo energético a través de los datos de producción suministrados por la empresa, tomando el número de unidades que se producen al mes de ristas y cenefas, para poder relacionarlo con la utilidad de cada producto y poder obtener la utilidad estimada al mes.

7. Tiempo de preparación de la maquina (h)

Ciertos procesos requieren tiempo previo adicional para preparar la maquina antes de utilizarla, es decir tiempos no operativos que consumen energía por igual como si la maquina estuviera en operación. Si se reduce en un porcentaje el tiempo que tienen estas máquinas se vería optimizado el proceso mejorando el consumo energético de la empresa.

8. Relación producto terminado- producto fabricado total (%)

Es importante cuantizar en que porcentaje los productos que se programan salen defectuosos para analizar si hay subidas en la cantidad de producto que se tiene que hacer afectando en aumento al consumo eléctrico.

Si la empresa va a generar 1000 láminas y 200 salen defectuosas eso quiere decir que tiene que fabricar 1200 en total para cubrir con los requerimientos del cliente y de producción, es decir que el $1000/1200=0.83$, por lo tanto, aproximadamente el 83% de los productos salen sin defectos y el 17% sale defectuoso.

9. Cantidad de manteamientos realizados a la maquina (#)

Establecer y hacerle seguimiento al número de mantenimientos que se les hace a las maquinas es importante para identificar si es necesario hacer cambios frente a las estrategias de producción o sustitución tecnológica. Ya que entre más fallos y reparos tenga la maquinaria menos eficiente será y el consumo eléctrico será mayor.

10. Factor de potencia (kW/kVA)

En la empresa Toro Corredor opera con cargas inductivas (por los motores con los que operan su maquinas) y cargas resistivas (iluminación y máquinas que necesiten calor) por lo tanto requieren potencia activa (KW) y potencia reactiva (KVAR) (la cual sirve para generar y mantener el campo magnético de operación, pero no es operativa). Por lo tanto, existen varios vínculos. Uno de ellos es la potencia aparente (KVA) que la conforman la potencia activa (KW) y la potencia reactiva (KVAR) y el del Factor de potencia (PF) que relaciona la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA).

El factor de potencia ($PF=KW/KVA$) sería entonces una medida de la eficacia con que usa la electricidad donde el bajo factor de potencia, en términos eléctricos, hace que fluya una corriente más intensa en las líneas de distribución de energía para entregar una cantidad determinada de kilovatios a una carga eléctrica. Por lo tanto, un factor de potencia alto beneficia tanto al cliente como a la empresa ya que puede maximizar la capacidad de transporte de corriente, mejorar el voltaje de los equipos, reducir las pérdidas de energía y reducir las facturas de electricidad [15].

En el anexo #3 se encuentra una herramienta desarrollada en el programa Excel que le permitirá a la empresa realizar el seguimiento y evaluación de los indicadores de desempeño energéticos anteriormente expuestos. Esta herramienta de software cuenta con una interfaz amigable con el usuario de forma que se pueda usar de forma intuitiva y que no requiera de un alto conocimiento técnico para aprovechar los beneficios que la herramienta proporciona.

Se propone la utilización del archivo en Excel que se encuentra en el anexo #3 con el propósito de conservar un registro histórico de los indicadores energéticos propuestos y poder realizar un seguimiento mes a mes de los valores de estos indicadores., igualmente se realizó un manual para la utilización de esta herramienta, este manual tiene como objetivo orientar al usuario de la herramienta para que pueda un correcto uso de esta. Este manual de usuario está disponible en el anexo #4.

4.5 Desarrollo del diseño de la solución

4.5.1 Estandarización del proceso productivo

Las máquinas utilizadas en los procesos de troquelado e impresión litográficas son equipos que cuentan con más de 15 años de uso, a su vez el sistema para calibrar las especificaciones propias de cada producto es de carácter manual por lo que una buena calibración depende de la experiencia del operario, es decir se está expuesto en un alto grado al error humano.

Teniendo en cuenta lo anterior una solución frente al alto consumo que se presentan en estos dos procesos puede ser estandarizar el método de producción. Esta estandarización permitirá que se trabaje de forma más eficiente al contar con un método más efectivo para realizar el trabajo de forma que se presenten menores tiempos de trabajo en las máquinas y presente un menor consumo de energía en los procesos de troquelado e impresión litográfica.

En el caso de la maquina troqueladora se pueden presentar dificultades técnicas que afecten el correcto funcionamiento del equipo, por ejemplo, si existe una brecha no deseada entre el mecanismo de palanca y la plataforma móvil se puede ocasionar vibraciones que afecten la velocidad y la precisión de la máquina [16], lo que se traduce en un menor rendimiento.

El ahorro de tiempo de trabajo y el ahorro de recursos económicos propios y de terceros son las dos razones fundamentales para implementar la estandarización de procesos dentro de una organización [17]. La estandarización de procesos implica la aplicación de normas claras y precisas de los métodos y formas de ejecutar un proceso concreto, un procedimiento de trabajo, la forma de actuar de un equipo de trabajo, etc [17].

En este caso particular la empresa no cuenta con ninguna clase de estandarización en los procesos de producción, así mismo tampoco utiliza un manual de procedimiento detallado para que los operarios puedan desarrollar sus tareas de forma eficiente, esta falta de guía de navegación con pautas de acciones sencillas para los operarios se puede ver reflejado en una poca eficiencia en los procesos. Una muestra clara de esta poca eficiencia se evidencia en los diagramas de dispersión entre las variables de horas de trabajo y cantidad de ristras y cenefas producidas al mes para los procesos de troquelado e impresión litográfica mostrados en las Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21 y Fig. 22

4.5.2 Manual de procedimiento

Un manual de procedimientos es un documento que brinda información respecto a las distintas operaciones que se realiza en la empresa. Este manual es de suma importancia ya que presenta información de forma detallada, ordenada, sistematizada y comprensible de cómo realizar un proceso. Está diseñado como una herramienta administrativa de uso diario, debido a que permite orientar el desempeño del trabajador ante cualquier duda. A su vez, es instrumento que facilita el control interno de la organización, ya que detalla las labores que se deben llevar a cabo, es decir, un manual de procedimientos es una guía para establecer la secuencia de pasos para que una empresa o área consiga realizar sus funciones de forma adecuada. [18]

En este caso la empresa Toro Corredor no contaba con un manual de procedimiento para realizar los procesos de troquelado e impresión litográfica, por lo que después de realizar un estudio detallado del paso a paso y con la ayuda de los operarios encargados de estos procesos se construyó un manual de procedimiento que le pueda servir como instructivo al operario con el fin de que se tenga una herramienta útil, con la que se introducirá rápidamente a las personas a entender y realizar sus actividades.

Manual de procedimiento Troquelado:

Para el proceso de troquelado se desarrolló un instructivo con la finalidad de orientar al operario sobre cómo se debe realizar el proceso en la máquina de troquelado antes de empezar cualquier orden de producción. Este instructivo aplica desde que se reciben las láminas barnizadas o colaminadas hasta el troquelado final por despique y/o despacho a talleres.

Es responsabilidad del operario de la máquina de Troquelado velar por el cumplimiento del instructivo. Es responsabilidad del jefe de producción el controlar, mantener, modificar, actualizar y hacer que se cumpla este instructivo. El instructivo se encuentra en el anexo #5.

En este instructivo se detalla cada una de las acciones que el operario debe realizar para culminar con un trabajo, las principales actividades que se encuentran descritas en el instructivo son:

- Lubricación y limpieza
- Alistamiento General del Troquel
- Arreglo
- Tiraje
- Terminación del tiraje o producción
- Preparación nuevo trabajo

Junto con el instructivo del anexo #5 se desarrollaron tres documentos complementarios al instructivo, en donde con ayuda de imágenes se muestra los pasos que se deben seguir por parte del operario. En el anexo #6 se encuentra el instructivo para encender la maquina troqueladora, en el anexo #7 se muestra el instructivo para realizar la lubricación y limpieza y por último en el anexo #8 se puede observar el instructivo para realizar el alistamiento del troquel. Estos documentos complementarios tienen como finalidad mostrar de forma didáctica con ayuda de imágenes como realizar estas actividades para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina.

Manual de procedimiento Impresión litográfica:

Al igual que para el proceso de troquelado se elaboró un manual de procedimiento para el proceso de impresión litográfica. Este instructivo tiene como finalidad orientar al operario sobre el uso y manejo de la maquina litográfica para su respectivo manejo y correcto funcionamiento. Inicia con la recepción de la materia prima con la orden de producción asociada hasta la impresión y entrega del producto terminado Es responsabilidad del operario de la maquina litográfica, velar por el cumplimiento del instructivo.

Es responsabilidad del jefe de producción el controlar, mantener, modificar, actualizar y hacer que se cumpla este instructivo. El instructivo está presente en el anexo #9.

En este instructivo se detalla cada una de las acciones que el operario debe realizar para culminar con un trabajo, las principales actividades que se encuentran descritas en el instructivo son:

- Ubicación del Material
- Entintado y cuadro de maquina
- Registro

Para el manejo de la impresora se deben tener en cuenta que existen ciertas condiciones que se deben garantizar para el correcto funcionamiento de la maquina y para mantener la calidad de producto, estas condiciones están relacionadas con temperatura, PH, entre otros factores de la solución alcohólica que se utiliza para mezclar con la tinta. Estos aspectos relevantes que se deben considerar están descritos en el anexo #9.

La impresora litográfica cuenta con una banda transportadora automática para desplazar el material en donde se va a realizar la impresión. Al tratarse de un elemento importante del proceso de impresión litográfica se construyó un instructivo donde se detallan el procedimiento para operar esta banda transportadora. El instructivo del manejo de la banda transportadora se puede observar en el anexo #10.

Para complementar el manual de procedimiento de la impresora litográfica se diseñó una plantilla para que se utilice como lista de chequeo y así el operario puede verificar que se están cumpliendo con las actividades necesarias para operar la impresora litográfica. Esta lista de cheque se está contenida en el anexo #11.

4.6 Validación del diseño propuesto

4.6.1 Estudio de tiempos

Para valorar los cambios en el método de trabajo debe realizarse un estudio de tiempos que abarque los procesos de troquelado e impresión litográfica. Esta actividad implica establecer un estándar de tiempo permitido para realizar una tarea determinada, considerando factores como la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables. En este caso se realizó un estudio de tiempo con cronómetro para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes aspectos. [19]

- El operario debe estar completamente familiarizado con la nueva técnica antes de estudiar la operación.
- El método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. Se debe notificar al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo.
- El operario debe verificar que está aplicando el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de esa operación.
- El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, etc., cumplen con las prácticas estándar.

En la técnica del estudio de tiempos se debe calcular el número de observaciones necesarias para medir el tiempo de los elementos que intervienen en una tarea o ciclo. Para determinar el número de observaciones a cronometrar es necesario obtener una muestra preliminar teniendo en cuenta el siguiente criterio: [19]

- Si el tiempo de ciclo o tarea es menor a 2 minutos de deben realizar 10 lecturas.
- Si el tiempo de ciclo o tarea es mayor a 2 minutos de deben realizar 5 lecturas.

Para tener un punto de referencia se tomaron los tiempos del método actual el cual se basa principalmente en la experiencia del operario, se tomó el tiempo total de producción de un lote de 100 rstras.

El método básico utilizado para realizar el estudio de tiempos fue el de regresos a cero. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez y así sucesivamente durante todo el estudio.

En primer lugar, se tomaron 5 muestras preliminares del proceso de troquelado con el propósito de conocer el número de observaciones necesarias a cronometrar, este número de muestras se calcula a partir del método estadístico aplicando la ecuación (1). El resultado de aplicar esta ecuación es el número de muestras que se deben tomar para obtener un nivel de confianza del 95%. Los datos registrados y el número de observaciones a cronometrar para el proceso de troquelado se muestran en la Tabla VII.

$$N = \left(\frac{40 * \sqrt{((n * \sum x^2) - (\sum x)^2)}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Donde:

N: Tamaño de la muestra que se desea determinar

n: Numero de observaciones del estudio

x: Valor de las observaciones

ELEMENTO		1	2	3	4	5	SUM	N
TROQUELADO	TO (Min)	22,8	22,5	18,7	22,7	14,7	101,3	39,75
	TO (Min)^2	520,8	504,4	349,0	515,3	215,4	2105,0	

TABLA VII Mediciones preliminares proceso de Troquelado

Según los resultados de las muestras preliminares mostrados en la Tabla VII para el proceso de troquelado se deben tomar 40 observaciones para garantizar el nivel de confianza del 95%.

En la tabla VIII se muestran los resultados de las mediciones preliminares del proceso de impresión litográfica. Para garantizar el nivel de confianza de 95% el tamaño de la muestra debe ser de al menos 26 muestras.

ELEMENTO		1	2	3	4	5	SUM	N
LITOGRAFICA	TO (Min)	13,3	12,1	9,0	13,0	12,2	59,6	25,9
	TO (Min)^2	176,5	146,4	81,5	169,0	148,8	722,2	

TABLA VIII Mediciones preliminares proceso de impresión litográfica

4.6.1.1 Cálculo del tiempo estándar

El tiempo estándar, es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, usando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga. Reducción de los costos y la mejora de las condiciones de trabajo, son ventajas que proporcionan los tiempos estándar cuando se aplican correctamente.[19]

Para el cálculo de los tiempos estándar, se toma aplica la ecuación (2).

$$TS = TN * (1 + \%SUPL) \quad (2)$$

Donde:

TS: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

SUPL: Suplementos

En el caso del cálculo de suplementos se utilizó los valores de holguras recomendados por la organización internacional del trabajo (ILO), estos suplementos deben sumarse al tiempo normal el cual es el resultado de medir el tiempo observado y sumarle la valoración del ritmo de trabajo. Los valores de los suplementos se muestran en la fig 27

Se debe agregar un 9% en suplementos constantes debido a las necesidades personales (5%) y por fatiga (4%). Además de este 9% se pueden agregar más suplementos en el caso que el trabajo lo requiera.

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.	5
2. Holgura por fatiga básica.	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.	0
b) Incómoda (flexionado).	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.	0
10.	1
15.	2
20.	3
25.	4
30.	5
35.	7
40.	9
45.	11
50.	13
60.	17
70.	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.	2
c) Muy inadecuada.	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.	0
b) Trabajo fino o exacto.	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.	0
b) Intermitente: fuerte.	2
c) Intermitente: muy fuerte.	5
d) De tono alto: fuerte.	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.	4
c) Muy complejo.	8
9. Monotonía:	
a) Baja.	0
b) Media.	1
c) Alta.	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.	0
b) Tedioso.	2
c) Muy tedioso.	5

Fig. 27 Suplementos recomendados por ILO [22]

4.6.1.2 Proceso de troquelado método actual

Utilizado la misma metodología utilizado en las mediciones preliminares, se tomaron las 40 muestras del tiempo de producción de 100 ristras en el proceso de troquelado. Los resultados de estas mediciones se muestran en la tabla IX. Los tiempos registrados fueron los tiempos normales en el cual se tienen en cuenta la valoración del tiempo de trabajo junto con los factores expuestos en el sistema Westinghouse (Habilidad, Esfuerzo, Condiciones, Consistencia) [20].

ELEMENTO	MUESTRAS - TIEMPOS NORMALES (TN) EN MINUTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TROQUELADO	18,9	19,3	21,9	20,1	19,5	22,2	22,0	19,8	21,8	19,6
	17,7	22,0	19,9	20,6	22,6	17,9	18,3	19,7	19,9	20,4
	21,7	21,3	21,9	23,6	23,8	21,3	19,3	15,5	18,0	24,8
	21,4	19,6	19,8	24,8	24,8	23,1	16,1	20,4	22,3	22,0

TABLA IX Muestras registradas del tiempo normal proceso de troquelado método actual

Con base a los resultados obtenidos se realizó el cálculo del tiempo normal promedio y del tiempo estándar por unidad, en este caso se obtuvo un tiempo estándar por unidad de 0,23 minutos, agregando suplementos equivalentes al 12%. Los resultados se pueden ver en la tabla X.

TN PROMEDIO (MIN)	FRECUENCIA (F)	TN X F	C SUP	TIEMPO ESTÁNDAR (TS)
20,7	1/100	0,2073775	1,12	0,232262852

TABLA X Resultados tiempo estándar proceso de troquelado método actual

4.6.1.3 Proceso de Impresión litográfica método actual

Aplicando el mismo procedimiento utilizado en el proceso de troquelado se tomaron las 26 muestras donde cada muestra representa el tiempo de producción de un lote de 100 ristras. En la tabla XI están expuestos los valores de cada una de las muestras

ELEMENTO	MUESTRAS - TIEMPOS NORMALES (TN) EN MINUTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LITOGRAFICA	11,2	12,2	10,9	8,5	14,1	9,9	9,4	10,5	10,0	13,6
	6,6	8,5	10,0	9,1	11,9	10,9	12,9	9,1	10,0	8,9
	11,0	8,9	14,1	12,9	5,8	10,0				

TABLA XI Muestras registradas del tiempo normal proceso de impresión litográfica método actual

En la tabla XII se muestran los resultados del tiempo normal promedio y del tiempo estándar por unidad en el proceso de impresión litográfica, en este caso para el cálculo del tiempo estándar se utilizó un 12% en suplementos. Se obtuvo un tiempo estándar por unidad de 0,12 minutos.

TN PROMEDIO (MIN)	FRECUENCIA (F)	TN X F	C SUP	TIEMPO ESTÁNDAR (TS)
10,4	1/100	0,104187	1,12	0,116689451

TABLA XII Resultados tiempo estándar proceso de impresión litográfica método actual

4.6.1.4 Estudio de tiempos método propuesto

Uno de los beneficios que tiene realizar un estudio de tiempos es que permite comparar la eficacia de varios métodos que igualdad de condiciones, el mejor método será el que lleve consuma menos tiempo.

Una vez efectuado el estudio de tiempos para el método actual, se realizó el estudio de tiempos para el método propuesto empleando la misma metodología y bajo las mismas condiciones. El resultado del estudio de tiempos para el proceso de troquelado e impresión litográfica se encuentran en el anexo #12 y el anexo #13 respectivamente.

Se realizó una prueba piloto en la cual se implementó durante una semana el método propuesto y se midieron los tiempos de producción, en este caso se tomaron tiempos para producción de ristras por parte de diferentes clientes, es decir se midieron los tiempos de diferentes ordenes de ristras. Aunque solo se tuvo en cuenta las ristras en el estudio de tiempos el método es igualmente aplicable para las cenefas debido a que el proceso de fabricación de cenefas y ristras es igual.

4.6.1.5 Comparación método actual vs método propuesto:

En la tabla XIII se muestra una comparación de los tiempos obtenidos para el método actual y el método propuesto en el proceso de troquelado, con base a estos tiempos se calculó el consumo que le atribuye a las horas de trabajo máquina requeridas para producir el número de unidades que se tienen para los meses de mayo a diciembre de 2019. En este caso solo se tomaron las unidades producidas de ristras, sin embargo, para producir las cenefas son exactamente los mismos pasos que las ristras por lo que el método propuesto también es aplicable a la producción de cenefas. Teniendo en cuenta única y exclusivamente el tiempo por unidad del proceso de troquelado, se calculó las horas al mes requeridas para producir el número de ristras al mes para el método actual y el método propuesto, para facilitar el análisis se asume que el tiempo por unidad se mantiene constante para el total de unidades producidas. Con el tiempo en horas requerido y la potencia activa que requiere la máquina troqueladora para trabajar se calculó el consumo eléctrico para los dos métodos, En esta ocasión solo con la reducción del tiempo de producción por unidad se obtiene idealmente una reducción en el consumo eléctrico en el proceso de troquelado de 23%.

En la tabla XIV se repite el mismo procedimiento para el proceso de impresión litográfica en donde gracias a la reducción del tiempo de producción por unidad se obtiene idealmente una reducción de 34% en el consumo eléctrico del proceso de impresión litográfica.

Proceso de Troquelado									
Mes	Cantidad Producida Ristras	Potencia (kW)	Metodo Actual			Metodo Propuesto			Cambio porcentual consumo energetico (%)
			Tiempo por unidad (min)	Tiempo Total (horas)	Consumo eléctrico Actual (kWh)	Tiempo por unidad (min)	Tiempo Total (horas)	Consumo eléctrico Propuesto (kWh)	
Mayo	45624	7,8	0,232	177	1377,58	0,179	136	1061,67	-23%
Junio	47243			183	1426,46		141	1099,34	
Julio	41945			162	1266,49		125	976,06	
Agosto	46196			179	1394,85		138	1074,98	
Septiembre	66397			257	2004,80		198	1545,06	
Octubre	58115			225	1754,73		173	1352,34	
Noviembre	34256			133	1034,33		102	797,14	
Diciembre	62870			243	1898,31		188	1462,98	

TABLA XIII Comparación consumo eléctrico método actual vs método propuesto para el proceso de troquelado

Proceso de Impresión Litografica									
Mes	Cantidad Producida Ristras	Potencia (kW)	Metodo Actual			Metodo Propuesto			Cambio porcentual consumo energetico (%)
			Tiempo por unidad (min)	Tiempo Total (horas)	Consumo eléctrico Actual (kWh)	Tiempo por unidad (min)	Tiempo Total (horas)	Consumo eléctrico Propuesto (kWh)	
Mayo	45624	21,3	0,117	89	1889,96	0,077	59	1247,13	-34%
Junio	47243			92	1957,03		61	1291,39	
Julio	41945			82	1737,56		54	1146,57	
Agosto	46196			90	1913,66		59	1262,77	
Septiembre	66397			129	2750,48		85	1814,96	
Octubre	58115			113	2407,40		75	1588,57	
Noviembre	34256			67	1419,05		44	936,39	
Diciembre	62870			122	2604,37		81	1718,55	

TABLA XIV Comparación consumo eléctrico método actual vs método propuesto para el proceso de impresión litográfica.

Con base a los resultados obtenidos en las tablas XIII y tabla XVI se calculó el valor del indicador de desempeño “Consumo eléctrico (kWh)/Área total impresa” para la situación actual y el valor del indicador con la propuesta asumiendo una reducción constante de 23% del consumo eléctrico en el proceso de troquelado y 34% del consumo eléctrico en el proceso de impresión litográfica. En la Fig 28 se evidencia una reducción en el valor del indicador de producción específica alcanzando una reducción promedio de 18% en el valor de este indicador de consumo específico.

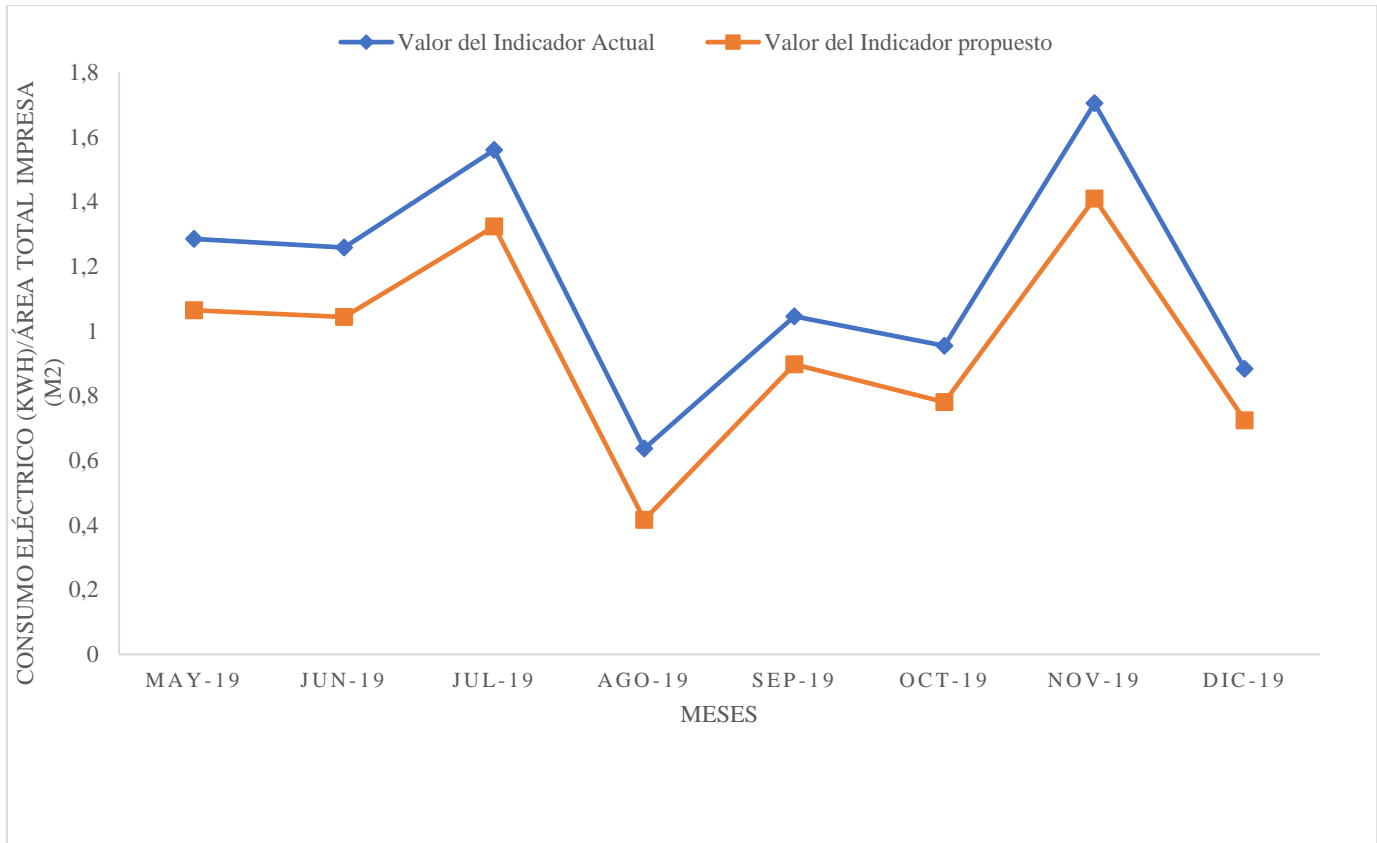


Fig. 28 Comparación indicador de desempeño método actual vs método propuesto.

4.6.2 Análisis ambiental

Dado que el proyecto se encuentra directamente relacionado con ahorros energéticos, el desarrollo de este genera un impacto ambiental positivo. Al consumir menos energía se requiere menos utilización de fuentes energéticas como el carbón, el petróleo o el gas, las cuales para su obtención afectan de forma negativa debido a que su quema genera emisiones de CO₂, factor que causa una contaminación atmosférica [21].

Teniendo en cuenta lo anterior, el impacto positivo se presentará por ahorros energéticos derivados de la reducción del tiempo de producción por unidad en los procesos de troquelado e impresión litográfica. Para poder encontrar el ahorro en kW/mes por las propuestas, se realizó la validación que se muestran en las tablas XIII y XIV.

Una vez se realizó la validación correspondiente, se calculó el ahorro total en Kg de CO₂ expulsados a la atmosfera al año. Para este cálculo, se utilizó la calculadora de huella de carbono creada por cambio climático Murcia [21]. En la Tabla XV se presenta las emisiones de CO₂ que se generan por el consumo que genera los procesos de troquelado e impresión litográfica con el método actual y con el método propuesto. Como se observa en esta Tabla XV, por las mejoras se genera una disminución de 423,06 kg de CO₂ liberados a la atmosfera por año.

Situación	Consumo promedio al mes (kW/h)	Emisiones de CO ₂ (Kg)/año	Total Emisiones de CO ₂ (Kg)/año	Cambio Porcentual Emisiones de CO ₂ (%)
Método Actual				-42%
Proceso de troquelado	1519,69	607,88	1441,86	
Proceso Litográfica	2084,94	833,98		
Método Propuesto				
Proceso de troquelado	1171,20	468,48	1018,8	
Proceso Litográfica	1375,79	550,320		

TABLA XV Cálculo de Emisiones anuales de CO₂

4.6.3 Análisis Económico

Para realizar el análisis financiero se deben tener en cuenta los costos y los ahorros de la propuesta de diseño, en este caso la solución propuesta apunta a no generar costos extras, para lograr esto el método propuesto utiliza las mismas herramientas y maquinaria que se utiliza actualmente, no se requiere de comprar un nuevo instrumento para poder realizar el método propuestos, así mismo, para implementar el método propuesto no se necesita entrenar al personal o contratar a un personal mejor capacitado, el método lo puede ejecutar los empleados que se desempeñan actualmente en la planta, por lo tanto, la solución propuesta no genera un costo para la empresa.

Para cuantificar los ahorros mensuales obtenidos en dinero por la propuesta, se tomó el precio del kW/h promedio que se paga actualmente en la planta y se utilizó el consumo calculado en las tablas XII y XIV. En la Tabla XVI se evidencia el ahorro mensual proyectado para los procesos de troquelado e impresión litográfica y el ahorro global el cual corresponde a \$561.609 pesos mensuales.

	kW/h consumidos actualmente	kW/h consumidos con propuesta	Precio unitario kW/h	Consumo actual en dinero	Consumo propuesto en dinero	Ahorro mensual	Ahorro total mensual
Proceso de troquelado	1519,69	1171,20	\$ 531,00	\$ 806.957	\$ 621.905	\$ 185.052	\$ 561.609
Proceso de impresión litográfica	2084,94	1375,79	\$ 531,00	\$ 1.107.102	\$ 730.545	\$ 376.557	

TABLA XVI Cálculo de los ahorros proyectados por propuestas

En el anexo #14 se encuentra el plan maestro de proyectos en el cual se exploran dos alternativas que permitan la reducción del consumo energético en la planta de producción. Estas alternativas se describen brevemente y se realiza un análisis económico, técnico y ambiental. Dentro del análisis económico se realiza el cálculo de costos y ahorros con el fin de calcular un valor de TIR aproximado y así tener un panorama acerca de la viabilidad económica de las alternativas expuestas. En este caso las dos alternativas que se contemplan en el anexo #14 son: La sustitución tecnología y un banco de condensadores.

Conclusiones

Teniendo en cuenta que el consumo energético (kW-h) se calcula a partir de la multiplicación de la potencia eléctrica (kW) y las horas de trabajo (h), uno de los factores que influyen directamente en el consumo energético es el tiempo de utilización en las maquinas, por lo que en este caso se optó por reducir el tiempo de producción lo cual tiene un impacto directo sobre el consumo eléctrico, al disminuir el tiempo de producción por unidad se reduce a su vez el consumo eléctrico necesario para producir cada unidad, por lo tanto reducir el tiempo es una alternativa viable para reducir el consumo como se pudo comprobar con el desarrollo de este proyecto.

Los principales beneficios que se obtuvieron al realizar este proyecto para la empresa Toro Corredor fueron: El conocimiento sobre el consumo de cada una de las maquinas que se utilizan en la planta, por medio de la caracterización energética en la planta; la creación de diferentes indicadores energéticos aplicables en la empresa junto con una herramienta en Excel para realizar el control y el seguimiento de estos indicadores; un método estandarizado para los procesos de troquelado e impresión litográfica que reduce el tiempo de producción por unidad en 23% para el proceso de troquelado y 34% para el proceso de impresión litográfica, estas reducciones en el tiempo de producción por unidad equivalen a una reducción en el indicador de referencia (kW-h/área impresa) de 18%, es decir, con el método propuesto se podría producir el mismo número de unidades empleando menos energía lo que podría generar un ahorro de \$560.000 pesos mensuales; de esta manera, los entregables que se desarrollaron cumplieron satisfactoriamente con los objetivos planteados en este proyecto.

Se logró cumplir con el primer objetivo a partir de las mediciones en campo realizadas en donde se caracterizó el consumo energético de cada una de las maquina utilizadas en la planta de producción, identificando las dos máquinas que poseen una mayor participación en el consumo eléctrico total de la planta, estas dos máquinas son la troqueladora y la impresora litográfica las cuales suman alrededor del 68% del consumo total de la planta, por medio de un Pareto energético se logró medir este porcentaje.

Se propusieron 10 indicadores energéticos adaptados a la actividad económica de la empresa que le permiten planear y hacer un control en el tiempo sobre el consumo energético, a su vez se diseñó una herramienta en Excel para realizar el seguimiento y análisis de estos indicadores propuestos. Finalmente, se realizó un análisis ambiental y financiero en donde se calculó la disminución en la huella de carbono al disminuir el consumo eléctrico, así mismo se calculó los ahorros proyectados al mes que se podrían obtener al implementar el método propuesto, con base a los resultados obtenidos en estos análisis se puede concluir que la implementación del diseño propuesto en este proyecto es económica, ambiental y técnicamente viable.

Trabajos Futuros

Con el propósito de mejorar el método propuesto se recomienda a la empresa realizar un estudio de movimientos detallado, para identificar y reducir movimientos ineficientes de forma que se pueda obtener un método de trabajo óptimo que logre reducir aún más el tiempo de producción por unidad para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la planta.

Para mejorar el control y seguimiento en los indicadores energéticos propuestos se recomienda revisar la norma ISO 50001 para que la empresa implemente paulatinamente un sistema de gestión de energía que le permita establecer nuevos procedimientos y sistemas para el mejoramiento del desempeño energético en la planta.

Es recomendable evaluar las demás alternativas propuestas como la sustitución tecnológica para trabajar con máquinas más eficientes o la implementación de un banco de condensadores para eliminar la energía reactiva mensual, ya que estas alternativas no son excluyentes entre sí y se podrían implementar al mismo tiempo, así cada una de estas alternativas podría traer beneficios y mejorar el desempeño energético en la planta.

Bibliografía

- [1] Norma Internacional ISO 50001, “Comité de proyecto ISO/PC 242 Gestión de la energía.,” 2011.
- [2] Antonio Carretero Peña y Juan Manuel García Sánchez, “Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora,” *AENORediciones*, pp. 1–28, 2014, doi: 10.1126/science.aao4277.
- [3] Ministerio de Minas y Energía-UPME, *Guía para el consumo consciente, racional y eficiente de la energía. SECTOR HOTELERO, COMERCIAL E INSTITUCIONAL*. 2014.
- [4] J. A. Fraguera, L. Carral, G. Iglesias, A. Castro, and M. Rodríguez, “LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN. NECESIDAD DE UNA NUEVA CULTURA EMPRESARIAL,” *DYNA*, vol. 78, no. 167, pp. 44–49, 2011, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-83155172914&partnerID=40&md5=b6f6f3055827e3933b0fb7be18df68f1>.
- [5] J. C. Campos Avella *et al.*, *Sistema de Gestión Integral de la Energía: Guía para la Implementación*. 2008.
- [6] R. del P. Castrillon, A. J. González, and E. C. Quispe, “Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía,” *DYNA*, vol. 80, no. 177, pp. 115–123, 2013.
- [7] Organización Internacional de Normalización (ISO), “Norma UNE-EN ISO 50001:2011, Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.” AENOR, p. 32, 2011.
- [8] A. B. Nordelo, *Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001*. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, 2013.
- [9] M. Córdoba Padilla, “Formulación Y Evaluación De Proyectos,” *Eumed.Net*, p. 337, 2014.
- [10] J. A. Flórez, *Proyectos de inversión para las PYME*, Ecoe Edici. 2015.
- [11] Rockwell Automarion, “PowerPad Portable Power Monitor - User Manual,” 2014.
- [12] “Toro Corredor Peope – Especialistas en sistemas de exhibición y visibilidad.” <http://www.torocorredor.com/>
- [13] O. Internacional, “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías.” Accessed: Jul. 17, 2020. [Online]. Available: <http://www.iaea.org/books>.
- [14] “Top 10 Indicadores de Desempeño Energético por sectores de actividad.” <https://www.smarkia.com/es/blog/top-10-de-indicadores-de-desempeno-energetico-idens-por-sectores-de-actividad>

- [15] “Que es el factor de potencia y porque es importante corregirlo.”
<https://www.electricaplicada.com/factor-de-potencia-importante-corregirlo/>
- [16] “Die Cutting Machine Pressure Adjustment Method China.”
<http://www.rinointltrade.com/news/die-cutting-machine-pressure-adjustment-method.html>
- [17] “La estandarización de procesos, una ventaja competitiva | Kyocera.”
<https://www.kyoceradocumentsolutions.es/es/smarter-workspaces/business-challenges/procesos/la-estandarizacion-de-procesos-una-ventaja-competitiva.html>
- [18] I. María and E. V. Vergara, “LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE CONTROL INTERNO DE UNA ORGANIZACIÓN,” Accessed: [Online]. Available: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- [19] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería Industrial Metodos, estándares y diseño del trabajo*, 10th ed. Mc Graw Hill, 2016.
- [20] “Calificación de la actuación - Estudio del Trabajo 1.”
<https://sites.google.com/site/et111221057312211582/calificacion-de-la-actuacion>
- [21] C. C. Murcia, “E-CO2-Calculadora.”
<http://cambioclimaticomurcia.carm.es/calculadora/index.htm#>.
- [22] “Normas del trabajo.” <https://www.ilo.org/global/standards/lang--es/index.htm>

Anexos

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo
1	Anexo 1. Cuadro de Cargas empresa Toro Corredor	Empresa toro corredor	Excel
2	Anexo 2. Programa de producción empresa Toro Corredor	Empresa toro corredor	Excel
3	Anexo 3. Herramienta análisis de indicadores	Estudiantes	Excel
4	Anexo 4. Manual de usuario herramienta	Estudiantes	PDF
5	Anexo 5. Instructivo maquina troqueladora	Estudiantes	Word
6	Anexo 6. Encender maq. troqueladora	Estudiantes	Excel
7	Anexo 7. Lubricación y limpieza troqueladora	Estudiantes	Excel
8	Anexo 8. Alistamiento troquel	Estudiantes	Excel
9	Anexo 9. Instructivo manejo maquina litográfica	Estudiantes	Word
10	Anexo 10. Instructivo manejo bandas transportadoras uv	Estudiantes	Word
11	Anexo 11. Lista de chequeo de la impresora	Estudiantes	Excel
12	Anexo 12 Estudio de tiempos litográfica método propuesto	Estudiantes	Excel
13	Anexo 13 Estudio de tiempos troqueladora método propuesto	Estudiantes	Excel
14	Anexo 14 Plan maestro de proyectos	Estudiantes	Excel