

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA DE ACUERDO A LA
NORMA ISO 50002 EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN YUMBO**



**DAVID MOSQUERA BONILLA
2140565**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2020**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA DE ACUERDO A LA
NORMA ISO 50002 EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN YUMBO**



DAVID MOSQUERA BONILLA

**Pasantía institucional para optar al título de
Ingeniero Electricista**

**Director
ENRIQUE CIRO QUISPE OQUEÑA
Doctor en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2020**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electricista

GABRIEL GONZÁLEZ PALOMINO

MINASYAN MORENO

Santiago de Cali, 20 de agosto de 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos quienes de forma directa o indirecta contribuyeron para culminar de manera eficaz con este trabajo. En ese orden de ideas, en primer lugar agradezco a mis padres, por su ánimo, motivación y apoyo incondicional durante todo mi proceso formativo.

Igualmente agradezco al ingeniero y director de trabajo de grado Enrique C. Quispe por el acompañamiento, y por compartir su amplio conocimiento y experiencia.

De igual manera agradezco al ingeniero Jorge Parra y a la empresa CELCO S.A. por la disposición, el tiempo y la confianza que desde el comienzo brindaron para llevar a feliz término el trabajo propuesto.

Por último, agradezco al Centro para la Evaluación industrial de la Universidad Autónoma de Occidente por el compañerismo, el aprendizaje y el gran apoyo mostrado, a favor del buen desarrollo del trabajo.

CONTENIDO

| | pág. |
|---|-----------|
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 14 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 2.1 OBJETIVOS | 17 |
| 2.1.1 Objetivo general | 17 |
| 2.1.2 Objetivos específicos | 17 |
| 3. ANTECEDENTES | 18 |
| 3.1 A NIVEL INTERNACIONAL | 19 |
| 3.2 A NIVEL NACIONAL | 19 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 22 |
| 4.1 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGE). NORMA ISO 50001 | 22 |
| 4.2 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. NORMA ISO 50002 | 24 |
| 4.2.1 Fases de la Auditoría Energética | 24 |
| 4.2.2 Clasificación de las Auditorías Energéticas | 27 |
| 5. ESTRUCTURA DEL PROCESO DE AUDITORIA ENERGÉTICA ENMARCADA EN LA NORMA ISO 50002 PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA | 29 |
| 5.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO | 29 |
| 5.1.1 Descripción del proceso productivo. | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE AUDITORIA ENERGÉTICA ENMARCADO EN LA EMPRESA METALMECANICA | 33 |
| 6. ETAPA INICIAL DE LA AUDITORIA ENERGETICA | 34 |
| 6.1.1 Planificación de la auditoria energética | 34 |
| 6.1.2 Plan de medición de datos | 35 |
| 6.1.3 Reunión de apertura | 40 |
| 7. ANÁLISIS DEL USO Y CONSUMO DE ENERGÍA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA | 41 |
| 7.1 PORTADORES ENERGÉTICOS. | 41 |
| 7.2 DIAGRAMA PRODUCTIVO – ENERGÉTICO | 41 |
| 7.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO GLOBAL. | 42 |
| 7.4 ANÁLISIS DE ENERGÍA ELÉCTRICA | 44 |
| 7.4.1 Resultados de la medición | 45 |
| 7.4.2 Identificación de areas y procesos de uso signifcativo de energia | 52 |
| 7.4.3 Identificación de equipos de uso signifcativo de energia | 53 |
| 7.4.4 Identificación de las variables que afectan el uso significativo de la energía | 56 |
| 7.4.5 Oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica. | 58 |
| 8. CONCLUSIONES | 60 |
| 9. RECOMENDACIONES | 62 |
| REFERENCIAS | 63 |
| ANEXOS | 66 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | pág. |
|--|------|
| <i>Figura 1.</i> Modelo del sistema de gestión de la ISO 50001. | 23 |
| <i>Figura 2.</i> Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética. | 24 |
| <i>Figura 3.</i> Fotografía del caso de estudio. | 29 |
| <i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo del proceso de auditoria energética | 33 |
| <i>Figura 5.</i> Plano de la empresa CELCO S.A. | 36 |
| <i>Figura 6.</i> Fotografías de reuniones | 40 |
| <i>Figura 7.</i> Diagrama productivo – energético. | 42 |
| <i>Figura 8.</i> Comparación entre TCC (ELECT) y TCC (T) en el 2017. | 43 |
| <i>Figura 9.</i> Comparación entre TCC (ELECT) y TCC (T) en el 2018. | 43 |
| <i>Figura 10.</i> Datos de medición del compresor | 46 |
| <i>Figura 11.</i> Datos de medición de la troqueladora | 47 |
| <i>Figura 12.</i> Medición de la troqueladora realizando otra operación | 47 |
| <i>Figura 13.</i> Datos de medición de la dobladora | 48 |
| <i>Figura 14.</i> Datos de medición del soldador | 49 |
| <i>Figura 15.</i> Datos de medición de la cortadora | 49 |
| <i>Figura 16.</i> Datos de medición de la fresadora | 50 |
| <i>Figura 17.</i> Medición de la fresadora realizando otra operación. | 50 |
| <i>Figura 18.</i> Datos de medición de la cortadora plasma | 51 |
| <i>Figura 19.</i> Consumo de electricidad general. | 52 |
| <i>Figura 20.</i> Distribución del consumo de electricidad por procesos. | 53 |
| <i>Figura 21.</i> Distribución del consumo de electricidad por equipos. | 55 |
| <i>Figura 22.</i> Diagrama de Sankey del uso de la electricidad por equipos. | 56 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|-----------|
| Tabla 1. <i>Duración de mediciones</i> | 39 |
| Tabla 2. <i>Formato de recolección de datos</i> | 39 |
| Tabla 3. <i>Consumo energético mensual y costo asociado para el 2017</i> | 44 |
| Tabla 4. <i>Consumo energético mensual y costo asociado para el 2018</i> | 45 |
| Tabla 5. <i>Recolección de datos en los equipos</i> | 46 |
| Tabla 6. <i>Consumo mensual de electricidad por equipos</i> | 54 |
| Tabla 7. <i>Consumo de electricidad y producción por complejidad BEE</i> | 58 |
| Tabla 8. <i>Oportunidades de aprovechamiento energético</i> | 58 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|---|-----------|
| Anexo A. Acta de visita | 66 |
| Anexo B. Diagrama unifilar de la empresa CELCO S.A | 67 |

RESUMEN

Las auditorías energéticas han sido usadas desde hace tiempo como un método práctico, eficaz y aceptado para brindar recomendaciones que reduzcan el consumo energético de alguna organización. Considerando lo anterior, en el presente documento se describe la implementación de una auditoría energética de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma internacional ISO 50002 a una empresa del sector metalmecánico.

El enfoque hacia este sector se lleva a cabo, debido a que el sector industrial es uno de los mayores consumidores de energía eléctrica del país. De hecho, la industria metalmecánica actual presenta diversos desafíos, entre ellos; como hacer un consumo y uso adecuado de la energía y a la vez satisfacer la creciente demanda no solo a nivel nacional si no también mundial de productos metalmecánicos.

Es por ello que, enfocado en la empresa metalmecánica, CELCO S.A. se estructuró el proceso de la auditoría energética enmarcada en la norma ISO 50002. Adicionalmente se analizó el desempeño energético que existe en la empresa metalmecánica, se identificaron las variables que afectan el uso significativo de la energía y por último se determinaron y cuantificaron las oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica.

Entre los resultados se encontró que la empresa utiliza dos portadores energéticos principales, los cuales corresponden a electricidad y Gas Licuado de Petróleo (GLP), de los cuales, el consumo de energía eléctrica representa un 99% del total de energía consumida. De manera que las acciones de eficiencia energética se enfocaron al consumo de electricidad de la empresa. Y la distribución del consumo se divide en las oficinas un 49% y en la planta un 51%. Y en una identificación de los principales usos de la energía eléctrica en la planta, se encontró que los dos principales consumidores son: el compresor y la iluminación, cada uno de estos con un 22% del total de la energía de la planta. Las oportunidades de propuestas de mejoras van enfocadas a reducir estos consumos.

Palabras clave: Auditoría energética, Eficiencia energética, ISO 50002, Industria metalmecánica.

ABSTRACT

Energy audits have long been used as a practical, effective and accepted method to provide recommendations that reduce the energy consumption of any organization. Considering the above, this document describes the implementation of an energy audit according to the guidelines established in the international standard ISO 50002 to a company in the metal-mechanical sector.

The approach to this sector is carried out, since the industrial sector is one of the largest consumers of electrical energy in the country. In fact, the current metalworking industry presents various challenges, among them; how to make an adequate consumption and use of energy and at the same time satisfy the growing demand not only at the national level but also worldwide for metal-mechanical products.

That is why, focused on the metalworking company CELCO S.A., the energy audit process was structured within the framework of the ISO 50002 standard. In addition, the energy performance that exists in the metalworking company was analyzed, the variables that affect the significant use of energy were identified, and finally, the opportunities for energy use in the metalworking company.

Among the results, it was found that the company uses two main energy carriers, which correspond to electricity and Liquefied Petroleum Gas (LPG), of which, electricity consumption represents 99% of the total energy consumed. So, the energy efficiency actions focused on the company's electricity consumption. And the distribution of consumption is divided into 49% offices and 51% in the plant. And in an identification of the main uses of electrical energy in the plant, it was found that the two main consumers are: the compressor and the lighting, each with 22% of the total energy of the plant. Opportunities for improvement proposals are focused on reducing these consumptions.

Key words: Energy audit, Energy efficiency, ISO 50002, Metalworking industry.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la humanidad ha sido testigo de grandes cambios en el planeta, siendo uno de los más representativos, el cambio climático. No hay duda de que a nivel mundial se han hecho evidentes las consecuencias de este fenómeno (aumento acelerado del nivel del mar, pérdida de hielo marino, sequías, inundaciones y largas e intensas olas de calor), debido a factores influyentes como la deforestación, contaminación debido a aerosoles, y las emisiones de los gases efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono que es uno de los principales contaminantes (Biello, 2015). Este último procedente de la quema de combustibles fósiles y otras actividades humanas o, dicho de otro modo, es el resultado del modo en que se produce y consume energía. Razón por la cual la disminución en el consumo de energía es una forma práctica y acertada para reducir las emisiones contaminantes de los GEI a la atmósfera.

Lo anterior queda comprobado, ya que en el 2018 el consumo global de energía aumentó a casi el doble de la tasa promedio de crecimiento desde 2010. En este sentido, la demanda de todos los combustibles aumentó, liderada por el gas natural, incluso cuando la energía solar y eólica registraron un crecimiento de dos dígitos. Como resultado de este mayor consumo de energía las emisiones de CO₂ aumentaron 1.7% el año pasado y alcanzaron un nuevo récord. Razón por la cual a pesar de la importancia que ha tenido en los últimos años el problema ambiental del cambio climático y la conservación de los recursos en la agenda internacional. Se hace necesario más que nunca tener alternativas energéticas enfocadas hacia el consumo sostenible de los recursos de la mano de estrategias las cuales ayuden a optimizar el consumo de los energéticos (International Energy Agency, 2018; Ruiz, 2014).

La aplicación de medidas que encaminen al ahorro de energía eléctrica en las empresas se ha hecho muy necesaria hoy día puesto que de esta manera las empresas pueden como aspecto importante disminuir costos en los procesos de producción, contribuyendo así a la competitividad de la empresa. Pero para mejorar la eficiencia energética en este sector, se requiere de la promoción e implementación de auditorías de energía, debido a que los programas de políticas de auditoría energética ayudan a las empresas a ser más eficientes energéticamente (Gruber, Fleiter, Mai, y Frahm, 2011).

La experiencia muestra que para que una empresa pueda optimizar el consumo energético en forma permanente, es necesario que cuente con un sistema de gestión energética. Este hecho generó que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) desarrollaran la norma ISO 50001, que tiene por objetivo que "las organizaciones puedan establecer los sistemas y procesos necesarios para una mejora continua del desempeño energético, lo

que incluye la eficiencia energética y el uso y el consumo de energía” (ISO, 2011).

Las auditorías energéticas han sido usadas hace muchos años como el método más aceptado para dar recomendaciones para reducir el consumo energético, mucho antes que se estableciera los métodos de la gestión energética normalizados en la ISO 50001. Al respecto la norma ISO 50002, la cual se “aplica a una auditoría energética realizada en relación con el desempeño energético y especifica los requisitos, la metodología común y los entregables para las auditorías energéticas” (ISO, 2014), da las pautas para la realización de una auditoría energética en el marco de la ISO 50001. De manera que las empresas puedan mejorar su desempeño energético, obteniendo beneficios económicos y mitigando los impactos hacia el medioambiente.

Considerando lo anterior, en este trabajo se propone implementar un procedimiento de auditoría energética, para una empresa metalmeccánica CELCO S.A. para llevar a cabo el proceso de revisión energética de acuerdo a la 50001, identificando y evaluando diferentes oportunidades de mejora del rendimiento energético, todo esto tomando como base las recomendaciones establecidas en la norma ISO 50002.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las auditorías energéticas son análisis sistemáticos que permiten revisar los comportamientos del uso de energía y el consumo de energía en el lugar de estudio, de manera que se pueda mejorar el rendimiento energético. A partir del 2011 se emitió la norma ISO 50001 donde se implementan los sistemas de gestión, demostrando que estos sistemas son muy importantes para mantener el nivel de eficiencia energética o aumentarla, porque permite tener variables que controlan el desempeño energético de los procesos. Esta a su vez promovió al desarrollo de una serie de normas para que el tratamiento de la energía fuese conforme al sistema de gestión. En el 2015 aproximadamente se publicó la norma ISO 50002 la cual muestra cómo hacer una auditoría energética enmarcada dentro de la ISO 50001.

Teniendo en consideración lo anterior, se hizo un análisis del uso de la energía eléctrica en la empresa CELCO y se evidenció que no cuenta con un sistema de gestión energética ni tampoco se ha realizado en la empresa un estudio del desempeño energético, lo que genera un desconocimiento respecto al uso adecuado de la energía que es utilizada y la posibilidad de que en los diversos procesos se estén efectuando desperdicios de la misma.

Por lo que con el desarrollo de este trabajo se busca implementar una auditoría energética con la ISO 50002 que este enmarcada en la norma ISO 50001 para una empresa metalmecánica, permitiendo analizar el desempeño energético actual, identificar y evaluar los potenciales de ahorro energético, de manera que se pueda tomar acciones las cuales contribuyan a la obtención de beneficios económicos.

Este trabajo responderá esta pregunta:

¿Cuál es el proceso para realizar una auditoría energética en una empresa metalmecánica de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 50002?

2. JUSTIFICACIÓN

De la matriz energética colombiana, se tiene que el porcentaje de energía que es utilizada corresponde al 48% mientras las pérdidas de energía al 52%, lo cual representa unos costos estimados cercanos a los 4700 millones de dólares al año, lo que deja en evidencia que existe un importante potencial de mejoramiento para la eficiencia energética. Como complemento a lo anterior, los consumos más representativos de energía eléctrica, se concentran básicamente en los sectores industrial, transporte y residencial. Donde el sector industrial consume casi el 30% de la energía final del país, siendo el segundo sector más consumidor después del de transporte, que consume aproximadamente un 40% de la energía final (MME y UPME, 2016, p.16).

Haciendo un enfoque hacia un sector que se ha ganado una gran importancia por su potencial para satisfacer la creciente demanda mundial de productos es la industria metalmeccánica, que básicamente es la encargada de la transformación del acero en bienes; los cuales van desde laminados, estructuras metálicas y tuberías, hasta manufacturas y maquinaria industrial. De ahí que el acero sea el insumo básico en este sector y que sus usos se vean proyectados en los diversos subsectores. Como el caso de las vigas, y demás elementos para estructuras metálicas en la construcción, también en el sector petroquímico donde se emplean contenedores, así mismo en transmisión y comunicación para las torres de las líneas, por mencionar algunos ejemplos (Cedetrabajo, 2016).

Esa influencia del sector metalmeccánico en el resto de la industria es lo que ha generado un aumento en la producción mundial de este insumo, que entre el 2007 y 2017 se incrementó en un 25,3%. Lo que deja ver como esta industria representa un importante aporte para la economía de los países que la desarrollan. En este sentido vale la pena destacar que, a nivel Latinoamericano, Colombia ocupa el cuarto lugar en el ranking de los países más productores de acero crudo. En cuanto a flujos comerciales, a nivel regional, el Valle del Cauca se encuentra entre los principales departamentos exportadores de productos metalmeccánicos con una participación del 15,7% del total de exportaciones de este sector, y a su vez ha registrado un crecimiento anual de exportaciones metalúrgicas del 13,2% entre el 2013-2017 por encima de departamentos como el Atlántico y Bogotá. En adición a ello en el 2018 se registró un incremento con respecto al año anterior del 5,3%, lo que dejó un valor de exportaciones de USD 258 millones para el departamento. Teniendo en cuenta todas estas cifras positivas, son el reflejo del crecimiento económico que ha habido en esta región debido a la participación de este sector metalmeccánico (Cámara de Comercio de Cali, 2018).

Lo anterior deja ver que, de acuerdo a la gran importancia de la metalmeccánica en la economía nacional y regional, sumado a que el crecimiento económico está ligado al consumo de energía eléctrica de Colombia; se hace fundamental

evaluar si las empresas de esta industria operan en condiciones de eficiencia energética. Ya que de esta manera se logrará alcanzar, con la misma cantidad de insumos, mayores niveles de producción sin sobrecostos y con la calidad requerida (Minenergía y UPME, 2019; Nava y Marbelis, 2009).

En este sentido es donde surge la necesidad de buscar e implementar estrategias que permitan un uso eficiente de la energía, aprovechando mejor los recursos energéticos, conservando o mejorando la calidad de vida, con consumos energéticos, gastos e impactos ambientales reducidos. (Castrillón, Fandiño, González, Quispe y Rojas, 2014; Schallenberg et al., 2008).

Por lo cual, una auditoría energética bien definida y estructurada es la herramienta más eficaz para evaluar el potencial de ahorro de energía y preparar un plan de acciones correctivas para lograr un proceso industrial limpio y sostenible, que es lo que se espera que las empresas de la industria posean. En este sentido, la norma ISO 50002 juega un papel importante ya que brinda los lineamientos específicos para la realización de una auditoría energética en una empresa (Castrillón y Valverde, 2018). En este caso se aplicará a la empresa metalmecánica CELCO S.A.

Actualmente CELCO S.A. se encuentra posicionada entre las principales empresas metalmecánicas del sector eléctrico, especializada en la construcción de equipos metálicos que alojan componentes eléctricos para control, maniobra y protección de la energía en media y baja tensión, destinados a satisfacer las necesidades de los usuarios del sector de la industria, la construcción y el comercio. Contando con diversos procesos tales como; metalmecánica, pintura, mecanizado, barraje eléctrico y despacho.

Al ser una de las principales empresas metalmecánicas del sector eléctrico, la competencia en el mercado no se hace esperar, y es debido a la competitividad del sector que, para que la empresa en mención se destaque, debe brindar productos de excelente calidad, pero sin costes de producción elevados. De manera que la implementación de una auditoría energética conforme a los lineamientos de la norma ISO 50002, es una herramienta crucial para lograr lo mencionado anteriormente. Puesto que, con esta implementación como primera medida se podrá conocer la situación energética actual de la empresa, ya que es desconocida, así mismo se permitirá identificar posibles deficiencias en el uso de la energía en la empresa, debido a desperdicios o consumos elevados, permitiendo identificar las áreas de mayor consumo, junto con las variables más representativas, de manera que se pueda proponer soluciones de mejora que contrarresten el consumo energético de la empresa, mitigando a su vez el impacto ambiental, lo que está ligado con la razón de ser de la empresa; que consiste en la fabricación, ensamble y comercialización de equipos de maniobra, control y protección de la energía eléctrica, asegurando la satisfacción de sus clientes, contando con personal competente, responsable, calificado y

maquinaria especializada, para trabajar de forma integral en beneficio de su personal y el medio ambiente.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

Implementar, en el marco del Programa de Evaluación Industrial (PEVI), una auditoría energética de acuerdo a la norma ISO 50002 en la empresa metalmecánica CELCO S.A.

2.1.2 Objetivos específicos

- Estructurar el proceso de auditoría energética enmarcada en la norma ISO 50002 para la empresa metalmecánica CELCO S.A.
- Analizar el desempeño energético que existe en la empresa metalmecánica.
- Identificar las variables que afectan el uso significativo de la energía.
- Determinar y cuantificar las oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica.

3. ANTECEDENTES

El uso racional y eficiente de la energía ha sido durante mucho tiempo un aspecto importante para la industria y el comercio. A través de los años, el mundo se ha visto marcado por importantes etapas en relación con el desarrollo de la Eficiencia Energética, por ejemplo, hacia la década de los 70s y los 80s, fue un periodo que estuvo marcado por la crisis energética del 1973, en donde el mantenimiento del suministro a costes asumibles para la industria y la sociedad era la preocupación principal, y donde se destacó la idea de salvar o conservar la energía, buscando diversas soluciones a dicha crisis Energética. En una etapa posterior el asunto en cuestión fue el medio ambiente, para 1986 se aprueba el Acta Única Europea, que relanzaba el mercado interior, con un nivel alto de protección del medio ambiente. (Fawkes, 2001; Herrera y Rengifo, 2016).

En este sentido, el protocolo de Kyoto adoptado en 1997, juega un papel importante puesto que mediante este acuerdo internacional se establece un compromiso formal por parte de los países del mundo, con el objetivo de cuidar el medio ambiente y contribuir a la reducción de emisiones de GEI adoptando diferentes medidas, y obligando a los países a establecer leyes y políticas que contrarresten el impacto ambiental producto del uso ineficiente de energía (United Nations Climate Change, 2012).

En este marco de circunstancias, cabe resaltar que tanto el Parlamento Europeo como el Consejo de la Unión Europea son quienes han llevado la dirección en materia de reglamentación para promover el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, lo han hecho mediante el estableciendo de varias Directivas y Decisiones, entre las que se encuentran; la Directiva 2002/91/CE donde se fomenta la mejora de las nuevas instalaciones residenciales e institucionales para la optimización del rendimiento energético. Otra, es la Decisión 406/2009 donde el Parlamento Europeo brinda ciertos incentivos con el ánimo de promover la implementación del Protocolo de Kyoto (1987), establecido formalmente en 2005 para cumplir los compromisos y metas con visión a 2020. Posterior a ello, se expide la Directiva 2010/31/UE como complemento a la Decisión 406/2009; con el fin de extender la propuesta al sector industrial (López, 2017).

Hoy en día, en el mundo se tienen políticas contundentes para disminuir la huella de carbono y aumentar la eficiencia energética; una de las políticas es la propuesta por la Unión Europea denominada 20/20/20; que tiene por objetivo para el 2020, disminuir 20% las emisiones de GEI, adicional a ello, tener un 20% de participación de energías renovables e incrementar en 20% la eficiencia energética (Herrera y Rengifo, 2016).

3.1 A NIVEL INTERNACIONAL

Por ejemplo, en 2008 el Ministerio de Economía de Alemania lanzó un programa con subsidios incentivando la implementación de auditorías energéticas con el objetivo de que las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) identificaran potenciales de ahorro de energía. Posterior a ello en 2010 se evidenció en un estudio la acogida del programa, de manera que el número de empresas que implementaron auditorías energéticas fue alto. En el estudio realizado se encontraron potenciales significativos de eficiencia energética en cada una de las empresas. Como resultado final ante las medidas implementadas, se logró un ahorro de energía de 1.4 TWh por año, de manera que se redujeron unas 470,000 toneladas de dióxido de carbono, con unas inversiones de 480 millones de euros, y un ahorro energético de 80 millones de euros (Gruber et al., 2011).

Por otro lado, entre el 2015 y 2017 en México, en una cooperación del Instituto Nacional de Metrología de Alemania y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), como parte del Programa Nacional para los Sistemas de Gestión de la Energía (PRONASGEEn), se desarrolló un proyecto que contó con la participación de 21 empresas. De las cuales 17 vivieron la experiencia de una auditoría interna al sistema de gestión de energía. Una de ellas, fue la empresa Infinish Acabados Industriales S.A. de C.V., que se especializa en la aplicación de pintura electrostática en piezas metálicas. La implementación de la auditoría energética en esta empresa ha brindado a la organización beneficios administrativos y operativos adicionales, como por ejemplo lograr un ahorro del consumo de gas natural de planta del 10,4%. En adición, también se han logrado identificar oportunamente desviaciones desfavorables en el consumo energético, para así tomar decisiones de forma más rápida, por otro lado se ha incrementado la calidad del producto, de manera que el porcentaje de producto defectuoso se redujo en un 16% (CONUEE, 2018).

3.2 A NIVEL NACIONAL

En el contexto colombiano, cuando el mundo se veía afectado por la crisis petrolera internacional y el agotamiento de las reservas nacionales de crudo del 1974 y 1989, la nación experimentó un incremento de los precios de los combustibles líquidos, con lo cual ECOPETROL debió acudir a créditos para financiar el abastecimiento interno de hidrocarburos a precios exorbitantes a los que se habían registrado en años anteriores, y en el sector productivo, donde el costo energético llegó a representar cerca del 40% del total, se vio en la necesidad de ajustar sus procesos, actualizar tecnologías y realizar cambios; aspectos que permitieron impulsar iniciativas propias, como por ejemplo el establecimiento de comités interempresariales de uso racional de energía recibiendo ayuda mutua, y contratar la ejecución de auditorías energéticas (URECANCOL, 2000).

Listando algunas de las iniciativas que se han tomado cabe recordar que en 1981 ISA y la ANDI publicaron una cartilla "Manual de Ahorro de Energía en la Industria", que posiblemente fue una de las primeras acciones estructuradas en beneficio del uso racional de energía y como respuesta al racionamiento eléctrico de la época, más tarde entre 1984 y 1990, el Ministerio de Minas y Energía, con el respaldo de ECOPETROL, CARBOCOL, ISA, y COLCIENCIAS, formuló y desarrollo el Programa para el Uso Racional de Energía en el Sector Industrial. Más adelante el Fondo Nacional Hospitalario en 1993 financió el estudio de Uso Racional de Energía en el sector salud y las empresas del sector eléctrico empezaron a preocuparse por la racionalidad en el alumbrado público. Para el año siguiente, el Congreso de la República y el Gobierno Nacional expiden la Ley 142, donde se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Posterior a la entrada en vigencia de las leyes 142 y 143 de 1994, se tienen otros referentes de base en materia de las nuevas reglamentaciones; por ejemplo, en 2001 se expide la Ley 167 donde se plantean los principios del Uso Racional de la Energía. Luego, en 2003 se expide el Decreto 3683, mediante el cual se establece la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y de las Fuentes No Convencionales. Al año siguiente se expide la Ley 1715 en donde por primera vez se proponen incentivos económicos y tributarios para promover el uso racional de la energía y la implementación de fuentes de generación renovable. Finalmente, en 2011 la ISO expide la norma ISO 50001 donde se establecen una serie de directrices de carácter general para la aplicabilidad de la eficiencia energética, por último, como complemento de la ISO 50001, en el 2014 se expide la norma ISO 50002, donde se especifica los requisitos del proceso de realización de una auditoría energética en relación con la eficiencia energética (López, 2017; URECANCOL, 2000)

La experiencia nacional deja ver que cerca de 856 plantas grandes y medianas colombianas han realizado auditorías energéticas en los últimos 15 años. De las cuales el 57% de esas auditorías se realizaron por iniciativa de la misma industria, el 21% por influencia de otro agente económico y el otro 21 % por el proveedor de energía y firmas consultoras. En relación con los energéticos la electricidad recibió la mayor atención con una participación del 52%. De manera que;

como resultados de las implementaciones se pudo identificar que en la tercera parte de los casos hubo una reducción de los costos de la energía, el 19% de los industriales han detectado cambios favorables en la actitud del personal, el 13% hizo ajustes tecnológicos y el 35% restante realizó combinaciones de todas las anteriores (URECANCOL, 2000, p.31).

En un nivel regional, en el Valle del Cauca se han hecho diversas evaluaciones del consumo y desempeño energético, tanto en organizaciones, entidades y empresas. Un ejemplo de ello es la evaluación energética realizada en 2016 al

hospital universitario del valle. Mediante esta evaluación energética se logró identificar los elementos que representaban un mayor consumo de energía (aires acondicionados, ascensores, lavadoras e iluminación), y en base a esto se plantearon diversos potenciales de ahorro. En la sala de operaciones, había un potencial de ahorro en el consumo anual por el cambio a una nueva tecnología (lámparas de 4x17W fluorescente a led de 4x10W) de un 42%, y por costo por mantenimiento de un 98% aproximadamente. En adición a ello para el cambio de los motores que estaban instalados por motores de alta eficiencia se apreció que el retorno de la inversión no superaba los 3 años. Lo cual es un ahorro significativo teniendo en consideración que en las instalaciones se contaba con 11 ascensores y 3 lavadoras (López y Ramírez, 2016).

4. MARCO TEÓRICO

Como se mencionó anteriormente la disminución del consumo o uso eficiente de energía es una de las maneras más efectivas de reducir las emisiones de los GEI (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, el ozono y óxidos de nitrógeno), lo que es beneficioso para contrarrestar el calentamiento global del planeta y el cambio climático. Es vista de ello, analizando los diferentes tipos de energía (renovables y convencionales) que existen hoy día, no cabe duda que, de todas ellas, la única energía que no contamina es aquella que no se consume, y es por eso que es el consumo óptimo de la energía que vale la pena centrar esfuerzos.

Utilizar eficientemente la energía (Eficiencia Energética) significa optimizar procesos productivos para producir más bienes y servicios con el mínimo de energía posible, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente. En este sentido el desarrollar estrategias de eficiencia energética por parte de las organizaciones internacionales y los gobiernos es un aspecto fundamental. El desarrollo de estas estrategias y su implementación en empresas productoras de bienes o servicios es lo que ha llevado a que de manera conjunta se desarrollen normas internacionales como la ISO 50001 (García, 2018).

4.1 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGE). NORMA ISO 50001

La norma internacional ISO 50001 tiene por objetivo hacer que las organizaciones independientemente de su tipo y tamaño, consoliden mecanismos con los que se pueda mejorar el desempeño energético, y de manera conjunta, esto contribuya a que las emisiones de los GEI y otros impactos ambientales relacionados se reduzcan. De acuerdo con esta norma un sistema de gestión de la energía permite alcanzar los objetivos provenientes de su política y tomar acciones si se requiere, para lograr la eficiencia energética. La implementación exitosa de esta norma depende de que todas las partes de la organización estén comprometidas (ISO, 2011).

La NTC ISO 50001 que es una adopción idéntica por traducción de la norma ISO 50001:2011, incorpora la gestión de la energía a las prácticas de la organización y se basa en el ciclo de mejora continua Planificar - Hacer - Verificar - Actuar (PHVA) como se observa en la Figura 1, con una revisión energética dentro del proceso de planificación, en adición se establece la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDE), los objetivos, metas y planes de acción necesarios para alcanzar los resultados que mejoraran el desempeño energético de la organización.



Figura 1. Modelo del sistema de gestión de la ISO 50001.

Tomado de "NTC ISO 50001, Sistemas de Gestión de la energía" por ISO, 2018. Derechos de autor 2018.

Es en este sentido y como se mencionó anteriormente, una auditoría energética bien definida y estructurada es la herramienta más eficaz para evaluar el potencial de ahorro de energía y preparar un plan de acciones correctivas para lograr un proceso industrial limpio y sostenible. Una auditoría o evaluación energética comprende una revisión detallada del rendimiento energético de una organización, de un proceso, o ambos. Normalmente se basa en la medición y observación adecuadas de los usos de la energía y consumo. Los resultados de la auditoría suelen incluir información sobre el consumo y el rendimiento actuales, y puede ir acompañado de una serie de recomendaciones clasificadas para mejorar en términos de rendimiento energético. Las auditorías energéticas se planifican y realizan como parte de la identificación y priorización de oportunidades para mejorar el rendimiento energético. De manera que una auditoría energética puede respaldar una revisión energética como se describe en la ISO 50001 o se puede utilizar de forma independiente (ISO, 2014).

Por lo cual la norma internacional ISO 50002 se aplica a una auditoría energética realizada en relación con el rendimiento energético que especifica los requisitos, metodología común y entregable para auditorías energéticas.

4.2 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. NORMA ISO 50002

El propósito de esta norma internacional es definir los procesos que conducen a la identificación de oportunidades para la mejora del rendimiento energético. La ISO 50002 se aplica a todas las formas de establecimientos y organizaciones, todas las formas de energía y usos de la energía. Esta norma internacional cubre los requisitos generales comunes a todas las auditorías energéticas, por lo que una auditoría de energía basada en ISO 50002 puede respaldar una revisión de energía, ya que proporciona pautas para la recopilación de datos, monitoreo, medición y análisis del uso y consumo de energía; y eficiencia energética, así como en la identificación de oportunidades para mejorar el rendimiento energético (ISO, 2014).

4.2.1 Fases de la Auditoría Energética

Como punto importante, vale la pena mencionar que para la realización de una auditoría energética hay que considerar las siguientes fases o etapas: planificación de la auditoría energética; reunión de puesta en marcha y plan de medición de datos; recopilación de datos; trabajo de campo; análisis; informe; reunión final (ISO, 2014). Como se muestra en la siguiente figura, encontramos el flujograma de las fases de la auditoría energética.

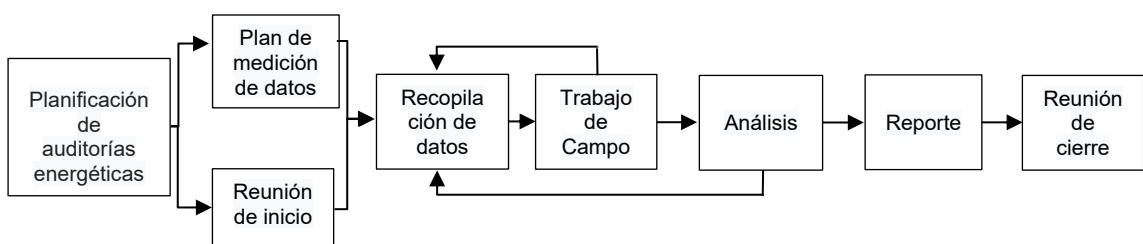


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética.

Adaptado de "ISO 50002, Auditorías Energéticas - Requisitos con orientación para su uso" por Organización Internacional de Normalización (ISO), 2018. Derechos de autor 2014.

4.2.1.1 Planificación de la auditoría energética

Como punto de partida, las actividades de planificación de la auditoría energética en la empresa son esenciales para definir el alcance de los trabajos a realizar y

adicionalmente recopilar información preliminar. El auditor de energía debe estar de acuerdo con la empresa, para que se establezca:

- Objetivo de la auditoría.
- Nivel de detalle requerido (Nivel 1, 2 o 3).
- Período de tiempo que se requiere.
- Criterios para evaluar oportunidades de mejora.
- Disposición de datos relevantes por parte de la empresa.
- Entregables esperados.
- Persona responsable del proceso de auditoría energética dentro de la empresa.

Luego de realizar toda la planificación de la auditoría energética, como acto seguido se procede a elaborar un plan de medición in situ.

4.2.1.2 Plan de medición de datos

Debido a que es necesaria la medición y recopilación de datos in situ, el auditor y la empresa metalmeccánica deben llegar a un acuerdo en cuanto:

- Puntos de medición que existen en la empresa y los procesos a los que se asocian.
- Puntos de medición adicionales necesarios, equipos de medición adecuados, sus procesos asociados y factibilidad de instalación;
- Duración de la medición;
- Frecuencia de adquisición de datos en las mediciones.
- Período identificado donde la actividad de la empresa sea representativa.
- Personas responsables de llevar a cabo las mediciones.

Este plan de medición de datos se desarrolla en tres etapas; la primera etapa se relaciona al uso del instrumento de medición, la segunda etapa se relaciona a la medición de datos in situ y, por último, en la tercera etapa se realiza un procesamiento preliminar de los datos.

4.2.1.3 Reunión de apertura

Esta reunión de inicio cumple el propósito de que todas las partes estén al tanto sobre los asuntos tratados durante la etapa de planificación, es decir, los objetivos de la auditoría, el alcance, el nivel de detalle y se acuerden arreglos para la auditoría en la empresa y esto incluye que se acuerden capacitaciones de las normas y procedimientos a seguir dentro de las instalaciones, minimizando riesgos en cuanto a salud y la seguridad de los auditores como de quienes ejercen su trabajo dentro de la empresa.

4.2.1.4 Recopilación de datos

En este punto se procede a realizar la recopilación de datos de la organización, ya que esta recopilación constituye el punto de partida para desarrollar un estudio integral del uso y consumo de energía en cualquier sistema, proceso y equipo de la empresa. La recopilación de datos incluye:

- Datos actuales e históricos relacionados al consumo de energía: facturas de servicios públicos y datos de producción mensuales.
- Lista de sistemas, procesos y equipos que consumen energía.
- Lista equipos, zonas o procesos de uso significativo de energía y características de los mismos.
- Variables relevantes y las mediciones relacionadas con las mismas.
- Información de planes que afecten uso de energía, es decir, expansiones planificadas, contracciones o cambios en el volumen de producción.
- Información del análisis y del trabajo de campo.

La recopilación de datos permite conocer las fuentes y cantidades de energía consumidas, comportamiento del consumo en los procesos de la empresa, y monitorear la configuración del equipo y la información de análisis.

4.2.1.5 Trabajo de campo

El trabajo de campo que se considerara durante el proceso de auditoría, enlaza la gestión del trabajo de la empresa, la conducta y las visitas al sitio. Es importante que el auditor se asegure que las mediciones y observaciones se realicen en circunstancias representativas del funcionamiento normal; y solicite a la empresa documentos relevantes y el personal necesario que facilite la

adquisición de información en operación de los procesos o equipos de la empresa.

4.2.1.6 Análisis

Durante el análisis se considera la confiabilidad de los datos proporcionados y se resaltan las fallas o anomalías en la empresa y adicionalmente se decide si la información proporcionada permite o no que el proceso de auditoría de energía continúe. Análisis del desempeño energético existente. Durante esta fase, el auditor de energía establecerá el desempeño energético existente del objeto auditado.

El desempeño energético existente proporciona la base para evaluar las mejoras. Por lo que incluirá el patrón histórico y el desempeño energético que se espera. Adicionalmente se establecerá las relaciones entre el desempeño energético y las variables relevantes. Lo que permitirá la identificación y posterior evaluación de las oportunidades de mejora.

4.2.1.7 Reporte

En esta parte final del proceso se informan los resultados de la auditoría energética, asegurando que se hayan cumplido los requisitos acordados con la empresa. Por último, se podrá sugerir recomendaciones y programa de implementación.

4.2.1.8 Reunión de cierre

En la reunión de cierre se presentan los resultados de la auditoría energética de manera sencilla, facilitando la toma de decisiones por parte de la empresa. Si es necesario, se identifican los elementos que requieren un análisis o seguimiento adicional por parte del auditor de energía.

4.2.2 Clasificación de las Auditorías Energéticas

Las organizaciones pueden ajustar el nivel de detalle de la auditoría energética entre los niveles 1-3 para satisfacer las necesidades de la organización. El nivel 1 representa el mínimo. El nivel de detalle que se puede denominar apropiadamente como una auditoría de energía. El nivel 1 define un nivel mínimo de detalle para una auditoría y están enfocadas a organizaciones e instalaciones pequeñas. El nivel 2 define un nivel más detallado del uso de la energía realizadas a instalaciones específicas o procesos, donde se pueden identificar oportunidades de mejora de costo bajo y medio, con cuantificación de costos y

beneficios. El nivel 3 define una auditoría integral para cuantificar los gastos de capital y estas últimas son de alto grado de inversión y se realizan a un complejo, sistema o específico a un uso de energía particular (ISO, 2014).

El propósito de este documento es presentar la aplicación que tiene la norma ISO 50002 en el requisito de revisión energética de la norma ISO 50001 con respecto al análisis y la aplicación en sitio en una empresa metalmecánica.

5. ESTRUCTURA DEL PROCESO DE AUDITORIA ENERGÉTICA ENMARCADA EN LA NORMA ISO 50002 PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA

Para estructurar el proceso de auditoria energética de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 50002 en una empresa metalmecánica, como primera medida es importante conocer las diferentes etapas que conlleva el proceso de auditoría según la norma, como se ilustro anteriormente en la figura 2. De manera conjunta es importante tener claridad sobre los diferentes procesos productivos de la organización; para este caso la empresa metalmecánica CELCO S.A. Ya que al estructurar un proceso de auditoria energética apropiado y acertado en esta empresa, se podrá replicar el proceso para otras empresas similares.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La empresa CELCO S.A. tiene como domicilio principal de su actividad la dirección, Carrera 34 # 10-440 en la ciudad de YUMBO, VALLE (figura 3). Esta empresa fue constituida como SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA y tiene como actividad económica principal la fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica.

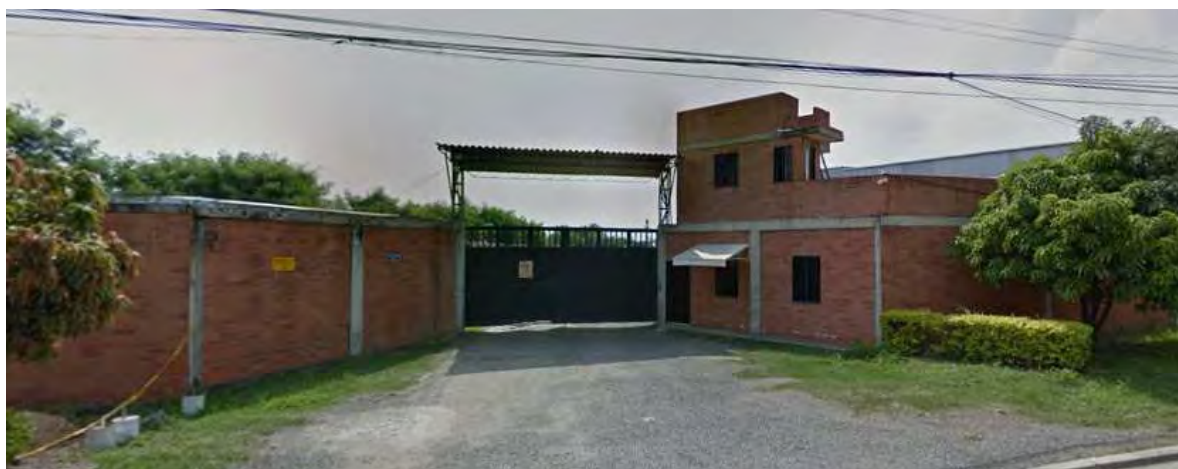


Figura 3. Fotografía del caso de estudio.

Tomado de Google maps. (diciembre 2018). Recuperado el 25 de septiembre de 2019, desde <https://www.google.com/maps/@3.5061372,-76.5164636,3a,75y,199.26h,92.43t/data=!3m6!1e1!3m4!1s6EsJNPi-Qf9LisQwMEfVkJQ!2e0!7i13312!8i6656>

Como se mencionó anteriormente, hoy día CELCO S.A. se encuentra posicionada entre las principales empresas metalmecánicas del sector eléctrico, especializada en la construcción de equipos metálicos que alojan componentes

eléctricos para control, maniobra y protección de la energía en media y baja tensión, destinados a satisfacer las necesidades de los usuarios del sector de la industria, la construcción y el comercio.

CELCO S.A. se dedica a la fabricación, importación y venta de equipos metálicos que alojan componentes eléctricos para control, maniobra y protección de la energía en media y baja tensión.

5.1.1 Descripción del proceso productivo.

Es necesario aclarar que la empresa, funciona bajo dos modalidades de producción, la primera es producción bajo pedido, modalidad productiva en la cual solamente se fabrica un producto a la vez y cada uno es diferente, por lo que se considera un proceso de mano de obra intensiva y cada producto conlleva tiempos de producción diferentes, siendo algunos más complejos que otros. La segunda modalidad es la de Producción por lotes, bajo la que dependiendo de las órdenes de compra o pedidos que reciben, se produce una pequeña cantidad de productos idénticos. Podría considerarse como un proceso de producción intensivo en mano de obra, pero no suele ser así, ya que CELCO S.A. tiene toda la maquinaria necesaria para cada etapa del proceso manufacturero. Es por ello que su planta tiene una distribución adecuada en la que están el taller de mecanizado, el área de metalmecánica o producción continua, que es donde se ubican los equipos principales y secundarios de la línea, el área de pintura y curado mediante horno, y además de ellos el área de barraje eléctrico, donde se ensamblan todos los componentes eléctricos y posteriormente a los tableros de distribución, área de embalaje, despacho y por último toda el área de oficinas. A continuación, se describen en detalles cada uno de los procesos. Así mismo se puede ver gráficamente mediante un diagrama de bloques dichos procesos en la figura 7.

5.1.1.1 Metal Mecánica

En esta área se ingresa toda la materia prima (láminas de acero, tubos, etc.) la cual es transformada a través de procesos como: cortado, doblado, troquelado, perforado y soldado, para construir el alojamiento de los equipos eléctricos.

*** Cortado**

En este proceso puede llevarse a cabo de dos maneras. Una de ellas, es en la materia prima que llega pasa por una de las cortadoras industriales, las cuales se encarga de hacer tanto pequeños como grandes cortes y la otra forma de realizar este proceso es mediante cortadora de plasma, que realiza cortes que

requieren mayor detalle, todo esto dependiendo del producto que se este fabricando y las especificaciones del cliente.

*** Doblado**

En este proceso, la materia prima que anteriormente ha sido cortada, llega a una dobladora, la cual se encarga de hacer pliegues a láminas de acero dependiendo del producto que se este produciendo.

*** Troquelado**

En este proceso, la materia prima pasa por una de las troqueladoras, las cuales se encargan de ejercer presión sobre un troquel o matriz para cortar el material. Ésta se puede ajustar a la altura deseada ya que todos los troqueles no tienen el mismo tamaño.

*** Soldado**

En este proceso, la materia prima que ya ha pasado por los procesos de cortado, doblado y troquelado, se une con diferentes laminas y piezas para dar forma a los equipos metálicos que alojan componentes eléctricos.

5.1.1.2 Pintura

Esta es el área que recibe el producto de Metal Mecánica, y se encarga de pintarlo, para lo cual es necesario que los alojamientos pasen por los procesos de lavado, secado, pintado y curado. En este último proceso el curado de la pintura en polvo ocurre en el horno y este proceso permite que el aspecto final de los alojamientos presente una película homogénea, resistente y deseada.

5.1.1.3 Mecanizado

Este es el área encargada de la construcción de las piezas que hacen parte de los sistemas mecánicos de los productos; dentro de este proceso se ejecutan subprocesos, tales como torneado, fresado, cortado y perforado.

5.1.1.4 Barraje eléctrico

Este es el área donde se diseñan y arman los circuitos eléctricos que serán parte del producto final; para el control, maniobra y protección de la energía eléctrica. Para ello se utilizan procesos de cortado, doblado y conexión del cableado.

5.1.1.5 Ensamble

Es la zona donde se procede a unir o ensamblar todos los elementos que conforman el producto final; es decir, los equipos metálicos que alojan componentes eléctricos.

5.1.1.6 Despacho

En esta zona, luego de haber culminado la fabricación del producto, se realiza la entrega del producto terminado al cliente.

5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE AUDITORIA ENERGÉTICA ENMARCADO EN LA EMPRESA METALMECANICA

De acuerdo a los procesos productivos del presente caso de estudio y a los lineamientos de la norma ISO 50002:2014 se estructura el paso a paso para desarrollar un proceso de auditoria energética en la empresa metalmeccánica CELCO S.A. En este orden de ideas, la figura 4 muestra un diagrama de flujo del proceso a seguir a fin de implementar una auditoria energética en la empresa metalmeccánica.

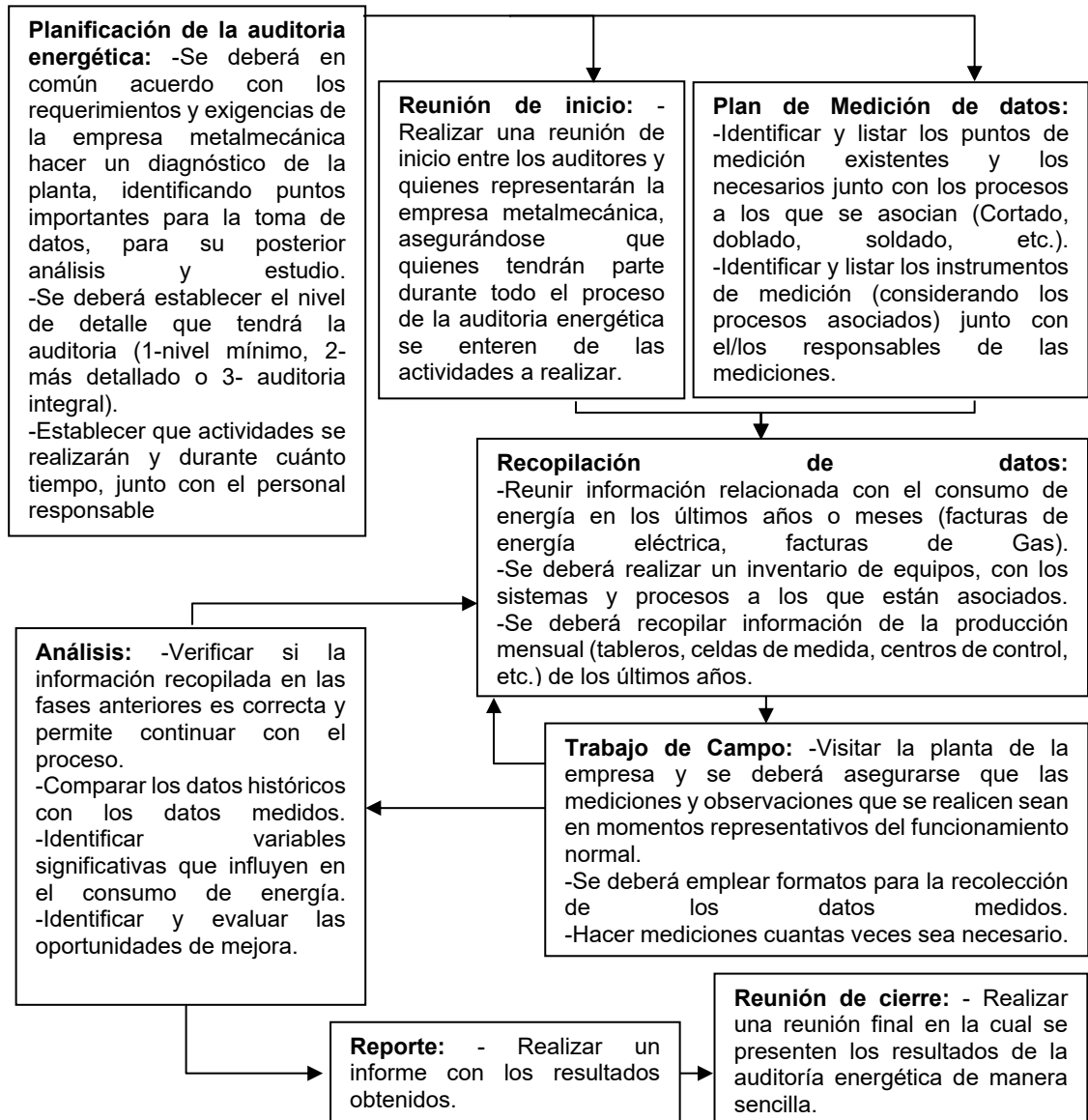


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de auditoria energética

6. ETAPA INICIAL DE LA AUDITORIA ENERGETICA

6.1.1 Planificación de la auditoria energética

6.1.1.1 Objetivo de la auditoria

Colaborar con el proceso de revisión energética en la empresa CELCO S.A, el cual estuvo enmarcado dentro del marco del Programa de Evaluación Industrial (PEVI) que llevo a cabo la Universidad Autónoma de Occidente.

6.1.1.2 Nivel de detalle requerido

De acuerdo con los niveles que se muestran en la norma ISO 50002, el nivel de detalle con el que se realizó la auditoria energética fue el nivel 2, donde se analizó con más detalle del uso de la energía, enfocándose especialmente en la energía eléctrica, puesto que es la energía mayormente utilizada por la empresa. Empleando equipos de medición y centrándose en los procesos más representativos: cortado, doblado y troquelado. Con este nivel de detalle se lograron identificar y cuantificar las oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica.

6.1.1.3 Período de tiempo que se requiere

Para la realización de la auditoria se requirió un periodo de tiempo dentro de la programación que se tenía del PEVI. Esta tenía estipulado un tiempo que abarcaba los meses de agosto del 2018 hasta marzo del 2019.

6.1.1.4 Criterios para evaluar oportunidades de mejora

Los criterios para evaluar oportunidades para mejorar el rendimiento energético se basan en las oportunidades de mejora que se suministran a la empresa a lo largo del proceso de auditoría, las cuales permitirán obtener una eficiencia energética.

6.1.1.5 Disposición de datos relevantes y otros recursos por parte de la empresa

La disposición de información relevante y otros recursos, así mismo como del compromiso de tiempo por parte de la empresa están a cargo del ingeniero Jorge

Parra, persona designada por la organización para realizar el acompañamiento del proyecto en el cual está inmerso todo el proceso la de auditoria energética.

6.1.1.6 Entregables esperados

Entre los entregables que se esperan al terminar el proceso de auditoría, están el informe final de evaluación energética industrial de la empresa desarrollado en el marco del PEVI y el presente trabajo de grado. Lo que incluye que se muestre la comparación de datos históricos con las mediciones, la identificación de las variables que afectan el uso significativo de la energía, y la cuantificación de las oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmeccánica.

6.1.2 Plan de medición de datos

Como se mencionó en la figura 4, para llevar a cabo el plan de medición de datos, se debe contar con el diseño el diseño eléctrico de la empresa, se debe identificar y listar los puntos de medición existentes y los necesarios, junto con los procesos a los que se asocian (Cortado, doblado, soldado, etc.). Y adicionalmente, se debe listar los instrumentos de medición requeridos (considerando los procesos asociados) junto con el responsable de las mediciones.

6.1.2.1 Diseño eléctrico de la empresa

Considerando que la empresa se ofreció a suministrar la información necesaria para llevar a cabo las mediciones. En primera instancia, se procede a solicitar el plano del diseño eléctrico a la empresa. Sin embargo, la empresa suministra un diagrama unifilar del sistema eléctrico el cual se observa en el Anexo A, y un esquema general de la distribución en planta de los procesos y equipos y las oficinas; con el que se realizó el plano de la empresa que se observa en la figura 5. también suministra

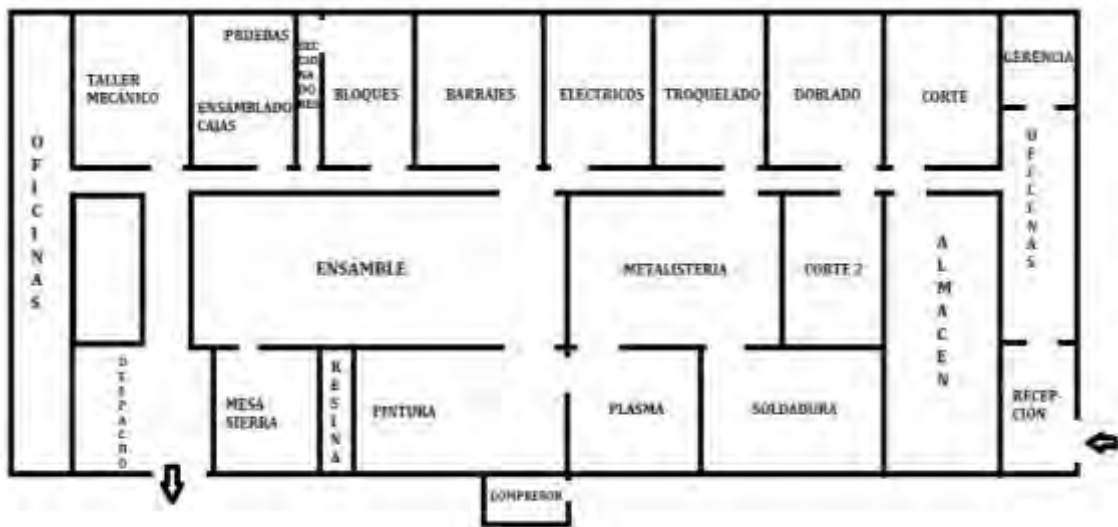


Figura 5. Plano de la empresa CELCO S.A.

Luego de tener claridad de los procesos productivos y de detallar la distribución de la empresa, el paso a continuar consistirá en establecer cuáles son los puntos de medición existentes y los procesos a los que están asociados. No obstante, durante la visita a la empresa se evidenció que no cuentan con puntos de medición de energía asociados a los procesos productivos que se llevan a cabo. La organización cuenta con un punto de medición en la parte externa, que registra el consumo total de la energía eléctrica de la organización.

El paso a seguir, consiste en realizar la selección de los puntos de medición, los equipos y periodos de las mismas. las mediciones.

6.1.2.2 Puntos de medición

Para llevar a cabo las mediciones se tiene en cuenta, los equipos que representan un alto consumo energético de acuerdo a sus características nominales e información histórica recolectada. Las variables que se tienen en cuenta para la medición son: potencias, corrientes, tensiones, factores de potencia, de los equipos que presentaban en 80 % del consumo de electricidad de planta. Entre los equipos a medir se encuentran:

- Compresor
- Cortadora grande
- Cortadora plasma
- Dobladora

- Soldador
- Troqueladora
- Fresadora
- Ventiladores
- Iluminación

Es importante mencionar que los puntos de conexión de las mediciones serán los 11 tableros de distribución que hay en la planta o en su defecto en los toma corrientes de las cargas.

6.1.2.3 Equipos necesarios para medir

Una vez claro, los puntos donde se realizarán las mediciones; se seleccionan los instrumentos de medición adecuados para las mismas. Así que considerando que en la planta se tienen circuitos con tensiones de 120V y 220V, y que adicionalmente será necesario registrar durante periodos prolongados de tiempo la operatividad de la empresa, los equipos de medición necesarios serán:

- Analizador de redes trifásico HT PQA824 con Precisión: $\pm 0,5\%$
- Pinza Voltiamperimétrica EXTECH MA 2000 con Precisión: $\pm 2,5\%$

Estos equipos son adecuados, ya que permiten efectuar fácilmente la medición en los procesos de cortado, doblado, soldado y troquelado, de la planta.

6.1.2.4 Duración de mediciones y periodo de actividad representativo

Como se mencionó anteriormente, la empresa CELCO S.A. funciona mediante una primera modalidad de producción: bajo pedido, en la que se fabrica un producto a la vez y cada uno es diferente, cada producto conlleva tiempos de producción diferentes. La segunda modalidad es producción por lotes, donde se produce una pequeña cantidad de productos iguales. Estas modalidades de producción hacen que el periodo donde la actividad sea representativo varía frecuentemente, y no se tenga un día específico en el que la productividad sea mayor.

En cuanto a la duración de las mediciones, estas varían igualmente, conforme a lo mencionado en el párrafo anterior. Cabe mencionar que estos tiempos de medición, aunque son pequeños, son suficientes ya que los operarios conocen

los tiempos de producción diaria de cada equipo, y la operación de la maquina durante ese periodo es la misma, de manera que con estas variables se puede obtener el consumo de energía diario y mensual de cada equipo. En la tabla 1 se presenta el periodo de medición estimado para cada equipo. Los siguientes equipos son seleccionados por ser más influyentes en el consumo de energía, de acuerdo a información suministrada por la empresa.

Tabla 1.

Duración de mediciones

| EQUIPO | TIEMPO DE MEDICIÓN |
|--------------------|---------------------------|
| Compresor | 3 horas |
| Troqueladora | 2 horas |
| Dobladora | 2 horas |
| Soldador | 1 hora |
| Iluminación Planta | 30 minutos |
| Cortadora grande | 1 hora |
| Fresadora | 2 horas |
| Cortadora Plasma | 30 minutos |
| Ventiladores | 30 minutos |

6.1.2.5 Formatos de recolección de datos de medición

Otro aspecto importante en el proceso de las mediciones, consiste en tener constancia de los equipos, características y tiempos de las mismas mediante alguna plantilla de recolección de datos. Por tanto, se emplea el formato mostrado en la tabla 2 para la recolección de datos:

Tabla 2.

Formato de recolección de datos

| FORMATO DE EVALUACIÓN | | | | | |
|------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| FECHA DE MEDICION: | | | | | |
| No | Equipo | Tensi ón (V) | Corrient e (A) | Potenci a kW | Tiempo de medición |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

6.1.2.6 Persona responsable de llevar a cabo las mediciones.

La persona que responsable de llevar a cabo las mediciones necesarias, es David Mosquera, estudiante de la Universidad Autónoma de Occidente, como se acordó desde el comienzo del proceso de la auditoria.

6.1.3 Reunión de apertura

El miércoles 26 de septiembre del 2018 se lleva a cabo la primera visita a la empresa. En esta reunión inicial se establecen los acuerdos necesarios para llevar a cabo la auditoria, se realiza la capacitación sobre seguridad y salud en el trabajo, con el fin de evitar riesgos o accidentes. También se realiza una visita guiada a las instalaciones de la empresa para hacer un diagnóstico energético inicial asociado al consumo eléctrico. En la figura 6, se muestra la evidencia fotográfica, y en el Anexo B, se muestra el acta de la visita, donde se presentan en detalle las actividades realidades.

Posteriormente se realiza una corroboración de los datos que se tienen de la empresa, tanto la cantidad de equipos, los tiempos de uso y datos de placa característicos. Junto con ello, se solicitan los datos históricos de consumo, el inventario de la empresa, estadísticas de producción y facturas de energía. Obteniendo así, un punto de partida para el análisis y la caracterización energética inicial.



Figura 6. Fotografías de reuniones

A) Reunión de apertura y B) capacitación de seguridad.

7. ANÁLISIS DEL USO Y CONSUMO DE ENERGÍA EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA

Llevar a cabo el análisis del uso y consumo de la energía es de gran importancia, ya que permite identificar cuál es el desempeño de la empresa metalmeccánica en el momento de la realización de la auditoría.

Teniendo presente esto, luego de realizar visitas de observación y de diagnóstico, tanto en la planta de producción como en las oficinas, y luego de haber reunido información como; planos, diagramas, información de los procesos, inventario de equipos y productos, así como registros históricos de consumo tanto de energía, agua y gas, se lleva a cabo un procesamiento preliminar de los datos.

7.1 PORTADORES ENERGÉTICOS.

Se identificó que en la planta se utilizan dos portadores energéticos primarios para el desarrollo de las actividades, los cuales son: electricidad y Gas Licuado del Petróleo (GLP), en el diagrama productivo energético se puede identificar el uso de estos en cada área y sub proceso.

7.2 DIAGRAMA PRODUCTIVO – ENERGÉTICO

Con la información de los distintos procesos productivos de la empresa y de los portadores energéticos. En la figura 7 se construye un diagrama el cual muestra de manera general el proceso productivo de la planta, y los portadores energéticos que son utilizados en cada uno ellos y en los subprocesos.

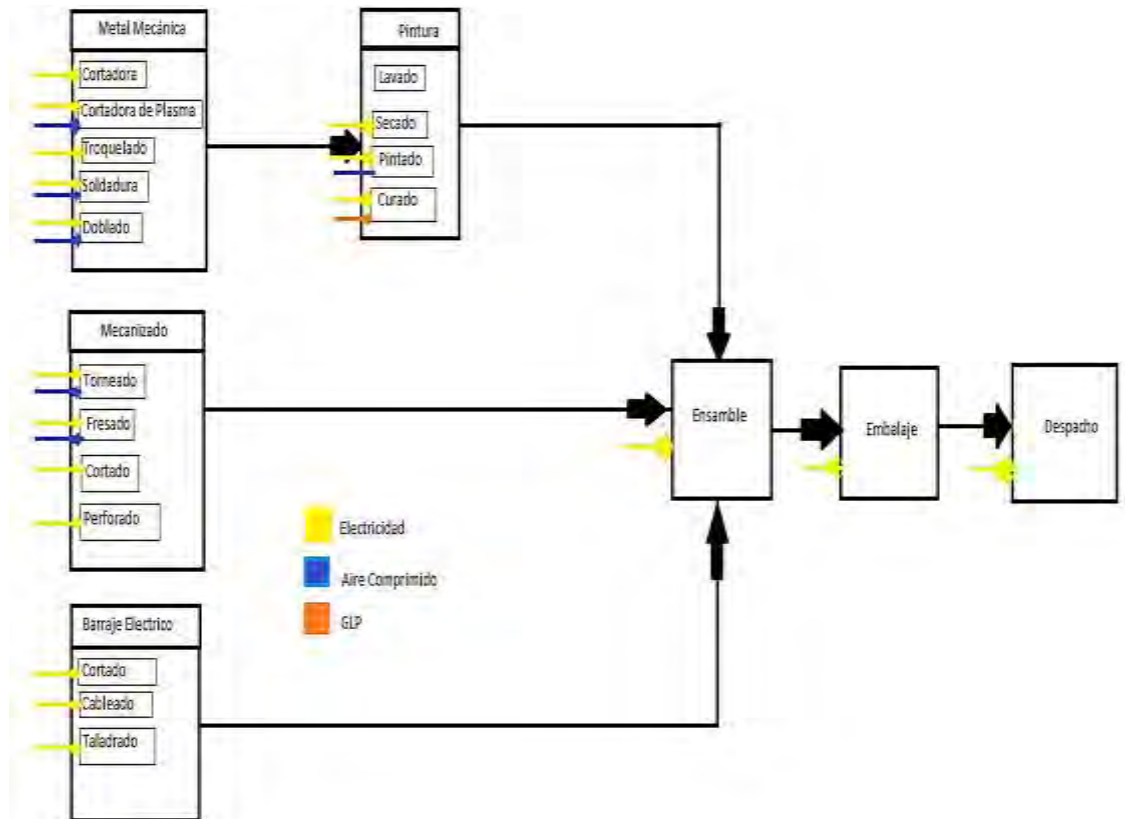


Figura 7. Diagrama productivo – energético.

Se puede observar como en el diagrama productivo-energético de la empresa metalmeccánica en la figura 7, la energía eléctrica está asociada a todos los procesos (Metal mecánica, Pintura, Mecanizado, Barraje Eléctrico, Ensamble y Despacho) y la mayoría de subprocesos, a diferencia del GLP que está asociado únicamente en el proceso de curado de pintura.

7.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO GLOBAL.

CELCO S.A utiliza dos fuentes energéticas que son: la electricidad y el gas licuado del petróleo (GLP). De esta manera se realizó un análisis comparativo entre estas fuentes para identificar la más representativa. Sin embargo, las unidades de estas fuentes de energía son diferentes. Por eso para poder hacer el análisis comparativo se llevan los kWh y los Kg de GLP a una unidad de comparación universal toneladas equivalentes de combustibles convencional (TCC) y se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 8 y 9, para los años 2017 y 2018 respectivamente.

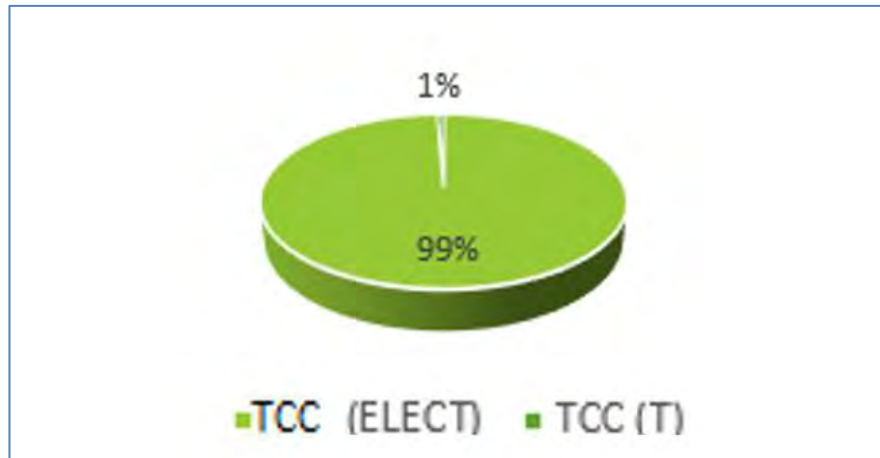


Figura 8. Comparación entre TCC (ELECT) y TCC (T) en el 2017.

En la figura 8, TCC (ELECT) representa en toneladas de combustible convencional, la cantidad de energía eléctrica consumida para ese año y TCC (T) representa la cantidad de energía térmica desprendida del GLP en toneladas de combustible convencional. Como se aprecia en esta figura, el porcentaje de energía eléctrica consumida en el 2017 representa el 99% de la energía total utilizada durante este año mientras que el GLP tan solo representa el 1% del consumo total de energía.

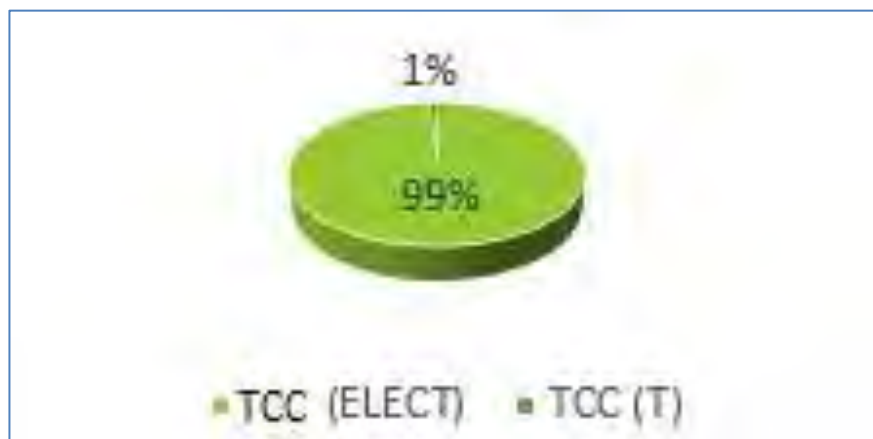


Figura 9. Comparación entre TCC (ELECT) y TCC (T) en el 2018.

Analizando, el comportamiento del uso de energía del año 2018, se identifica que respecto al año anterior no ha variado, tal como se muestra en la figura 9. Donde el 99% de la energía total utilizada, la representa la energía eléctrica mientras que el GLP tan solo representa el 1% del consumo total de energía.

Por tanto, considerando los resultados obtenidos, se decide enfocar el análisis en la energía eléctrica, ya que esta representa el 99% de la energía utilizada en la empresa.

7.4 ANÁLISIS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El presente análisis de energía eléctrica, se realiza con base en los datos de potencia instalada en la planta, junto con las mediciones y consumos históricos. Con lo anterior se logró hacer una distribución del consumo de energía en la empresa, distinguiendo los usos significativos de energía de los procesos, equipos y áreas.

A continuación, se muestran los consumos mensuales de energía eléctrica que tuvo la empresa, para los años 2017 y 2018. En las tablas 3 y 4, consolidan dichos consumos de electricidad y el costo asociado (considerando tarifa para esos años de \$ 385.8 kWh

Tabla 3.

Consumo energético mensual y costo asociado para el 2017

| Mes | Consumo mensual (kWh) | Costo asociado (Pesos) |
|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Enero | 10.580 | \$ 4.074.887 |
| Febrero | 13.531 | \$ 5.221.141 |
| Marzo | 15.307 | \$ 5.906.444 |
| Abril | 12.500 | \$ 4.823.339 |
| Mayo | 12.759 | \$ 4.923.157 |
| Junio | 12.815 | \$ 4.944.873 |
| Julio | 12.969 | \$ 5.004.280 |
| Agosto | 14.144 | \$ 5.457.596 |
| Septiembre | 13.249 | \$ 5.112.184 |
| Octubre | 13.760 | \$ 5.309.592 |
| Noviembre | 14.658 | \$ 5.656.102 |
| Diciembre | 11.286 | \$ 4.354.851 |
| TOTAL | 146.978 | \$ 60.788.446 |

De la tabla anterior, se tiene que, en promedio para el 2017, el consumo de energía eléctrica fue de 13.362 kWh. Siendo marzo el mes con el mayor consumo de energía con 15.307 kWh y un costo asociado de \$ 5.906.444,

mientras que el mes con el menor consumo fue enero, con un consumo de 10.580 kWh y un costo asociado de \$ 4.074.887.

Tabla 4.

Consumo energético mensual y costo asociado para el 2018

| Mes | Consumo mensual (KWh) | Costo asociado (Pesos) |
|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Enero | 11.877 | \$ 4.582.767 |
| Febrero | 14.332 | \$ 5.529.983 |
| Marzo | 13.389 | \$ 5.166.388 |
| Abril | 12.691 | \$ 4.896.760 |
| Mayo | 11.231 | \$ 4.333.486 |
| Junio | 12.046 | \$ 4.648.100 |
| Julio | 12.754 | \$ 4.921.193 |
| Agosto | 13.033 | \$ 5.028.840 |
| Septiembre | 13.098 | \$ 5.053.967 |
| TOTAL | 114.451 | \$ 44.161.484 |

En la tabla 4, donde se identifican los consumos de energía desde el mes de enero hasta septiembre para el 2018, se tiene un consumo promedio mensual de energía eléctrica de 12.717 kWh. Siendo febrero el mes con el mayor consumo de energía con 14.332 kWh y un costo asociado de \$ 5.529.983, mientras que el mes con el menor consumo fue mayo, con un consumo de 11.231 kWh y un costo asociado de \$ 4.333.486. Por otro lado, haciendo una comparación desde enero hasta septiembre entre el consumo de electricidad del 2017 y el 2018, se evidencia una disminución del consumo del 2,9% respecto el año anterior.

7.4.1 Resultados de la medición

Se realizaron varias visitas a la empresa, en las que se recopilaban más información de los equipos, tales como parámetros nominales y de operación. Se llevan a cabo las mediciones de los equipos descritos anteriormente. A continuación, se muestran los resultados (ver tabla 5).

Tabla 5.

Recolección de datos en los equipos

| FORMATO DE EVALUACIÓN | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-----|------|---------|
| FECHA DE MEDICION: | | Octubre-Noviembre | | | |
| 1 | Compresor | 220 | 40 | 11 | 3 horas |
| 2 | Troqueladora | 220 | 25 | 5 | 2 horas |
| 3 | Dobladora | 220 | 39 | 11 | 2 horas |
| 4 | Soldador | 71 | 200 | 7,5 | 1 hora |
| 5 | Iluminación Planta | 115 | 9,5 | 7,8 | ½ hora |
| 6 | Cortadora grande | 220 | 52 | 15 | 1 hora |
| 7 | Fresadora | 220 | 35 | 12,5 | 1 hora |
| 8 | Ventiladores | 220 | 3,5 | 0,8 | ½ hora |
| 9 | Cortadora Plasma | 220 | 46 | 6,64 | ½ hora |

Adicionalmente se muestran las gráficas de las mediciones obtenidas en los diferentes equipos, se puede apreciar tanto las gráficas de la potencia promedio y el consumo de energía durante el tiempo de medición

Compresor: este equipo funciona de manera intermitente durante el día, ya que se enciende de manera automática cuando la presión del aire dentro del tanque de almacenamiento cae bajo un punto indicado y se apaga cuando alcanza una presión establecida. Su tiempo de operación promedio es de 7.5 horas.

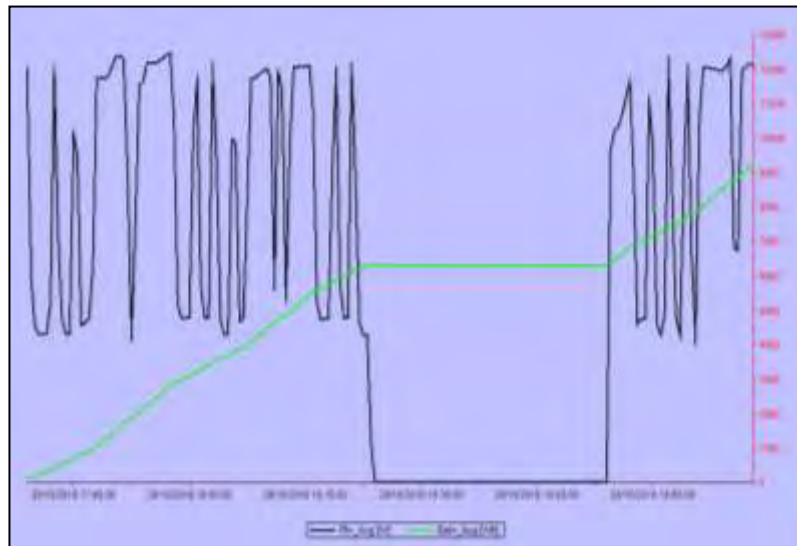


Figura 10. Datos de medición del compresor

De la figura 10, la línea continua de color negro representa la potencia promedio del compresor, la cual oscila entre los 5kW y 12kW, y la línea continua verde representa el consumo de electricidad mientras se realiza la medición, alcanzando los 9kWh.

Troqueladora: Se evidencio que esta máquina realizada distintos tipos de operaciones, para los cuales su consumo varía. Adicionalmente, trabaja de durante ciclos continuados durante el día, con un tiempo de operación promedio de 6 horas.

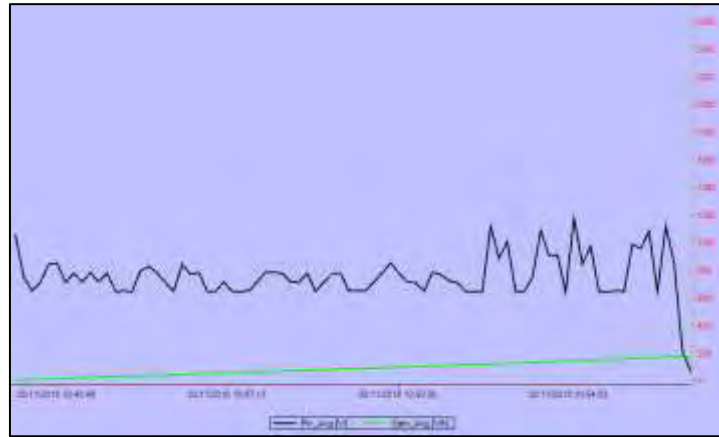


Figura 11. Datos de medición de la troqueladora

En la figura 11, se tiene el resultado de un tipo de operación para los que se emplea la troqueladora, y en este, la potencia promedio (línea color negro) es oscila entre los 0.6kW y los 1.2kW. Por otro lado, el consumo de electricidad (representada línea de color verde claro) llega a 0.2kWh, durante el tiempo de medición.

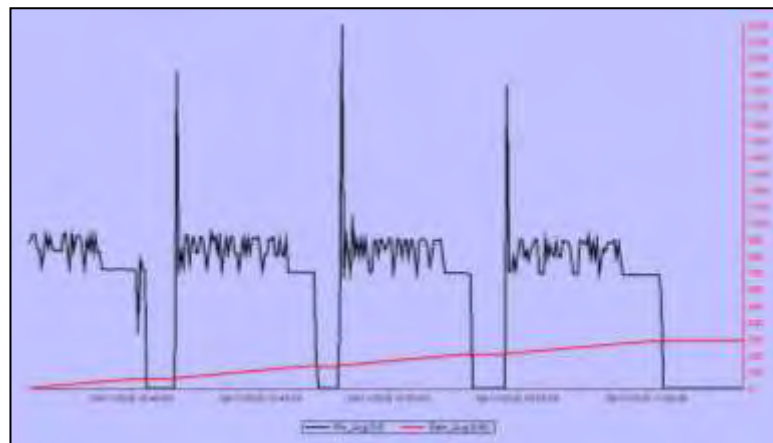


Figura 12. Medición de la troqueladora realizando otra operación

En efecto, la figura 12, representa la medición de otro tipo de operación realizada con la troqueladora. Observando un comportamiento distinto al de la figura 11. En este caso la potencia promedio oscila entre 0.7kW y 2kW que es el pico más

alto, debido a los arranques de la máquina. Y el consumo de energía eléctrica alcanza los 0.3kWh, representado mediante la línea roja.

Dobladora: esta máquina trabaja en promedio 7 horas al día.

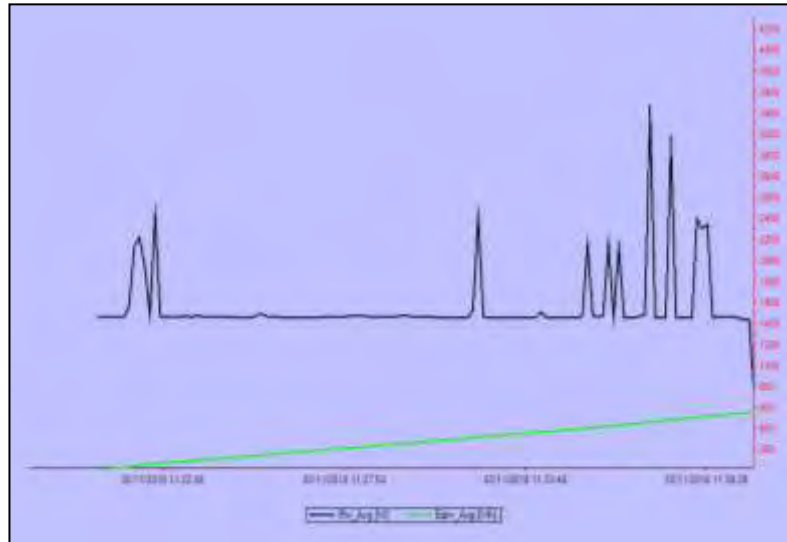


Figura 13. Datos de medición de la dobladora

Se puede apreciar en la figura 13, como la potencia promedio de la dobladora es de 1.4kW, pero al realizar dobleces se evidencia unas alzas en potencia alcanzando picos de hasta 3.4kW (representada mediante línea de color negro). Y, por otro lado, la línea de color verde representa el consumo de electricidad llegando a 0.6kWh durante el tiempo de medición.

Soldador: esta máquina es operada en promedio unas 5.25 horas al día, respetando el ciclo de trabajo del equipo.

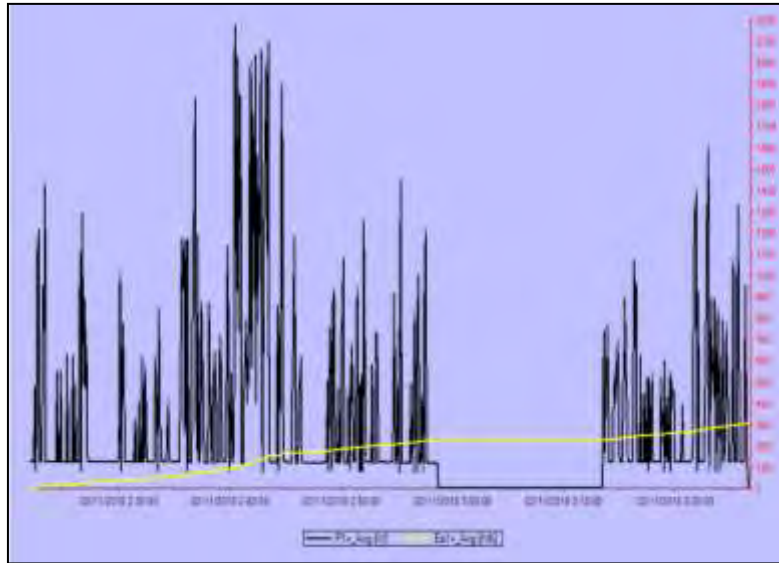


Figura 14. Datos de medición del soldador

La figura 14, muestra la medición de uno de los soldadores de la planta, cuando es operación y cuando no. Donde la línea de color negro con diversos picos, representa la potencia promedio alcanzando un máximo de 2.2kW, sin embargo, su consumo representado por la línea continua amarilla llega a los 0.3kWh, mientras se realiza la medición.

Cortadora: opera de manera continua durante el día, en promedio se utiliza 7 horas al día.

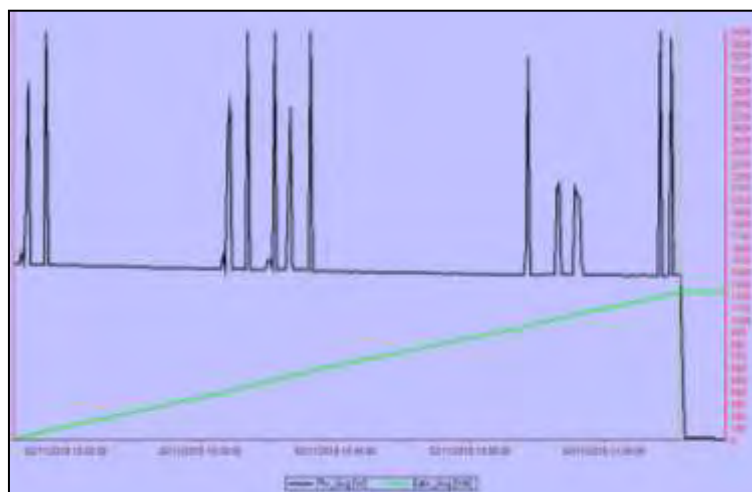


Figura 15. Datos de medición de la cortadora

La medición de la cortadora de mayor potencia de la empresa, se muestra en la figura 15, donde la potencia promedio (representada por línea de color negro),

permanece en 1.4 kW, sin embargo, cuando se realiza cortes, se evidencia unas alzas en potencia de hasta 3.4 kW. Y la línea continua verde que representa el consumo de electricidad durante la medición, el cual llega a los 1.2 kWh.

Fresadora: esta máquina, se utiliza de forma intermitente, de acuerdo a la necesidad de producción, en promedio se utiliza 6 horas al día.

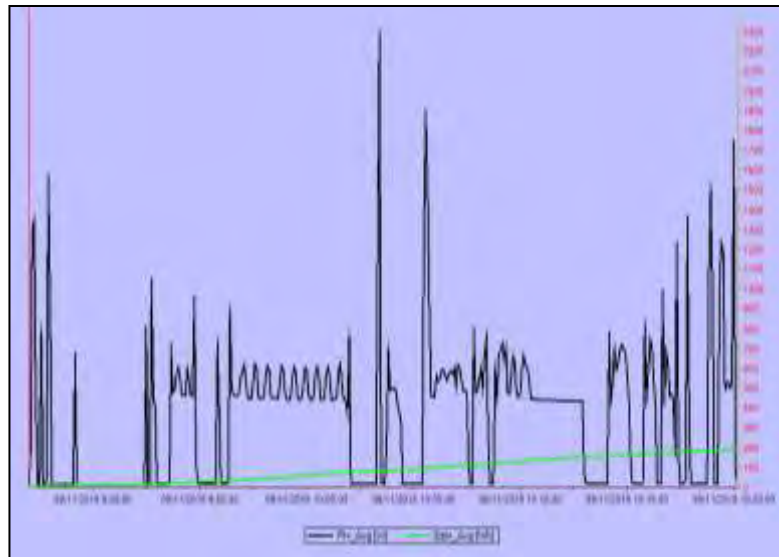


Figura 16. Datos de medición de la fresadora

En la figura 16, se presenta el consumo de energía eléctrica durante la duración del tiempo de medición de la fresadora (línea verde), la cual alcanza los 0.2 kWh. Por otro lado, la línea negra que varía frecuentemente alcanzando un pico máximo de 2.3 kW representa la potencia promedio.

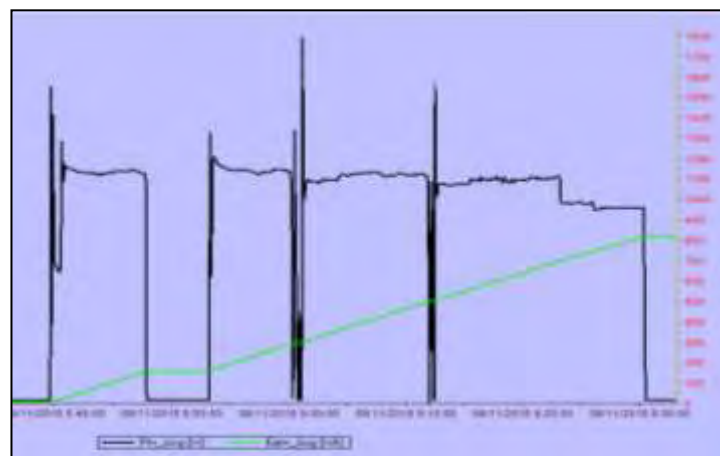


Figura 17. Medición de la fresadora realizando otra operación.

Al variar la operación de la fresadora, se observa en la figura 17 un comportamiento distinto en el consumo de potencia eléctrica respecto al presentado en la figura 16. En este caso el consumo aumenta hasta 0.8 kWh. Y analizando la potencia promedio (línea negra) se tiene que no varía tanto como con el primer tipo de operación. La potencia oscila entre los 1.1 kW y 1.2 kW con algunos picos de máximo 1.8 kW.

Cortadora plasma: la cortadora de plasma se opera en promedio durante 6 horas al día.

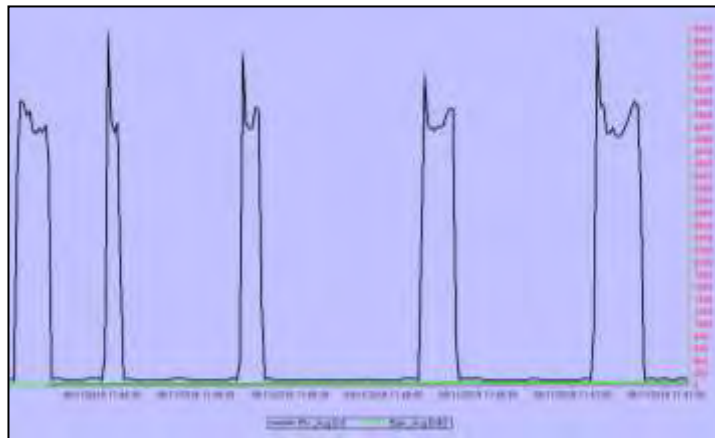


Figura 18. Datos de medición de la cortadora plasma

La medición de la cortadora plasma, se presenta en la figura 18, donde la potencia promedio (representada por línea de color negro) al efectuar diversos cortes de distinta complejidad, aumenta hasta los 5.8kW. Mientras que cuando no realiza ningún corte, cae a los 0.1kW.

Iluminación de la planta: la iluminación de la planta permanece encendida en promedio 7 horas al día.

Aires acondicionados (centrales): funcionan de manera intermitente, dado que se enciende y apaga con la temperatura de las oficinas, en promedio se encienden 7 horas al día

Ventiladores: estos equipos se utilizan de manera continua durante unas 7 horas al día.

Los tiempos promedio de uso de cada equipo fueron obtenidos mediante entrevistas con los operarios.

7.4.2 Identificación de áreas y procesos de uso significativo de energía

Con todos los datos recopilados se realiza un análisis de energía de las áreas y procesos que tienen un uso significativo de energía eléctrica. En primer lugar considerando que básicamente la empresa se divide en dos áreas; la administrativa (oficinas) y la planta. En la figura 19 se muestra la distribución del consumo de energía de la empresa.

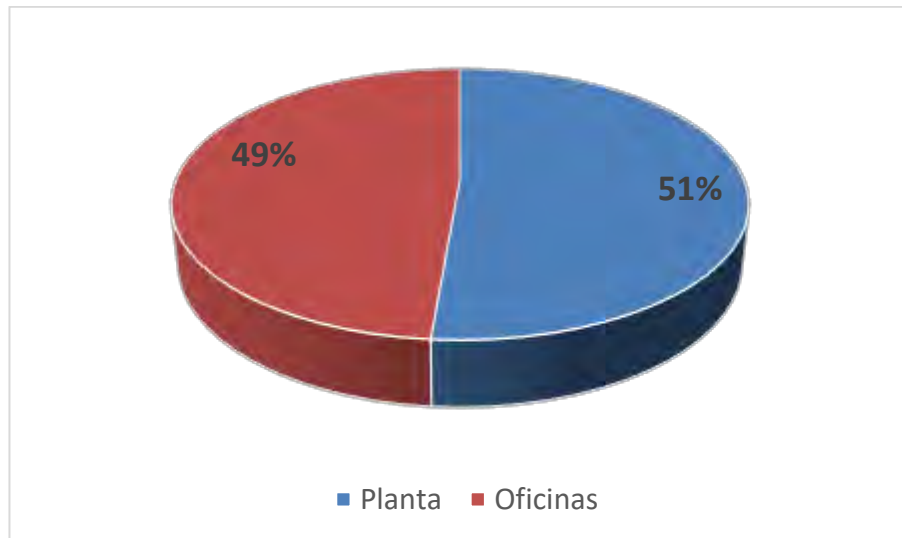


Figura 19. Consumo de electricidad general.

De la figura 19, se puede destacar como el consumo de energía eléctrica en planta es ligeramente mayor con un 51%, al consumo en las oficinas que corresponde al 49%, correspondientes en promedio a 6882,03 kWh y 6523,46 kWh respectivamente.

En segundo lugar, se realiza un análisis más en detalle de la energía y sus usos en la planta. Para ello, se utiliza un diagrama de Pareto, la cual es una herramienta práctica para visualizar e identificar el 20% de los procesos de la compañía que originan el 80% del consumo de energía eléctrica.

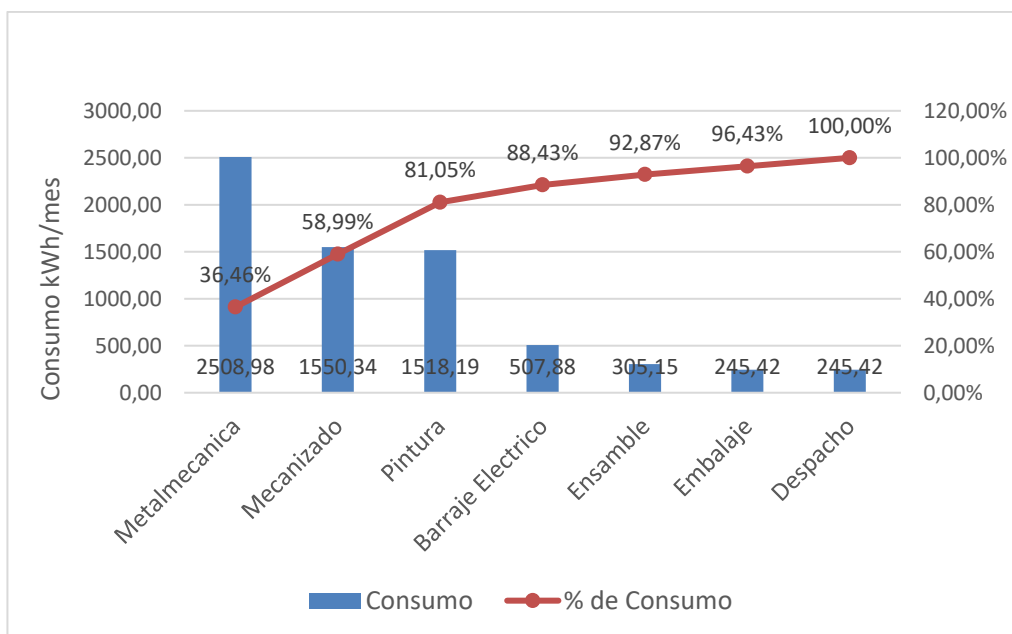


Figura 20. Distribución del consumo de electricidad por procesos.

De la distribución del consumo de electricidad mensual por procesos presentado en la figura 20, se muestra que el proceso que tiene el mayor consumo es metalmecánica que consume el 36% de la energía utilizada en la planta. Y sumado a este, los procesos de mecanizado y pintura originan el 81%. De manera que el efectuar mejoras en estos tres procesos impactara en mayor medida el consumo de energía de la planta, y por ende el de la empresa.

7.4.3 Identificación de equipos de uso significativo de energía

Por otro lado, se realiza una distribución del consumo por equipos, con el fin de conocer cuáles son los equipos que tienen un uso significativo de la energía. Dicha distribución se presenta en la figura 21. Y, los datos presentados en la tabla 6, como se mencionó anteriormente, son obtenidos mediante datos nominales de los equipos, mediciones, tiempos de operación suministrados por la empresa y los días de operación, considerando que al mes en la planta se trabaja 24 días mientras que en las oficinas 22 días.

Tabla 6.

Consumo mensual de electricidad por equipos

| Equipo | Tensión (V) | Corriente (A) | Potencia (kW) | Tiempo de Operación [h/día] | Consumo kW/h Mes |
|--------------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------|
| Iluminación Planta | 115 | 9,5 | 7,87 | 7 | 1717,93 |
| Compresor Allup | 220 | 40 | 11,00 | 7,5 | 1708,20 |
| Equipos de Refrigeración | 220 | 35 | 10,16 | 7 | 836,64 |
| Dobladora Durma | 220 | 39 | 11,00 | 7 | 483,84 |
| Cortadora Durma SB 3006 | 220 | 52 | 15,00 | 7,5 | 432,00 |
| Soldador Mig Mag 251(4) | 71 | 200 | 7,50 | 5,25 | 352,80 |
| Cabinas de Pintura # 1 | 220 | 15,9 | 1,00 | 7,5 | 252,00 |
| Cortadora de Plasma | 220 | 46 | 6,64 | 6 | 216,00 |
| Fresadora Universal | 220 | 35 | 12,70 | 6 | 194,40 |
| ventiladores Siemens (8) | 220 | 3,5 | 0,78 | 7 | 182,46 |
| Troqueladora # 1 | 220 | 25 | 5,00 | 6 | 171,36 |
| Torno # 1 Paralelo Oanmaskiner | 220 | 10 | 2,65 | 1,8 | 165,60 |
| Motor - Horno de Pintura | 220 | 10 | 2,20 | 2 | 137,28 |
| Cabinas de Pintura # 2 | 220 | 15,9 | 3,86 | 1 | 129,71 |
| Escantonadora Durma | 220 | 14,5 | 3,65 | 1 | 122,52 |
| Quemador Horno de Pintura | 220 | 3 | 0,66 | 4 | 118,80 |
| Torno #4 Revolver Knut | 220 | 12,4 | 3,29 | 1 | 102,72 |
| Torno # 2 Paralelo South Bend | 220 | 4,8 | 1,27 | 1,8 | 71,57 |
| Cepillo Limadora | 220 | 14 | 1,91 | 1 | 59,73 |
| Torno # 3 Revolver Ramco | 220 | 6 | 1,59 | 1 | 49,70 |
| Sierra Sin Fin BS-250V | 220 | 6,8 | 1,51 | 1 | 47,03 |
| Sierra Sin Fin MOD. S-400 | 220 | 6 | 1,42 | 1 | 44,34 |
| Sierra Circular Para Madera | 220 | 10,8 | 2,26 | 0,5 | 35,23 |
| Horno de Curado | 220 | | 1,11 | 1 | 26,64 |
| Troqueladora #2 | 220 | 9 | 2,39 | 2,5 | 26,09 |
| Troqueladora #3 | 220 | 5,9 | 1,57 | 2 | 19,55 |
| Soldador TIC 150 STL | 110 | 20 | 2,65 | 0,1 | 8,28 |
| Equipo de pintura | 110 | 0,455 | 0,05 | 4 | 6,25 |
| TOTAL | | | | | 7718,67 |

En la tabla 6, se muestran todos los consumos de los equipos de la planta, y adicionalmente se tiene en cuenta el consumo de los equipos de climatización ya que como se muestra su consumo está entre los más altos de la empresa. El resto de consumo eléctrico está representado por pequeños artefactos, computadores, electrodomésticos, hornos, iluminación y demás. De igual forma, para comprender mejor y ver gráficamente los consumos presentados en la tabla anterior, se usa un diagrama de Pareto.

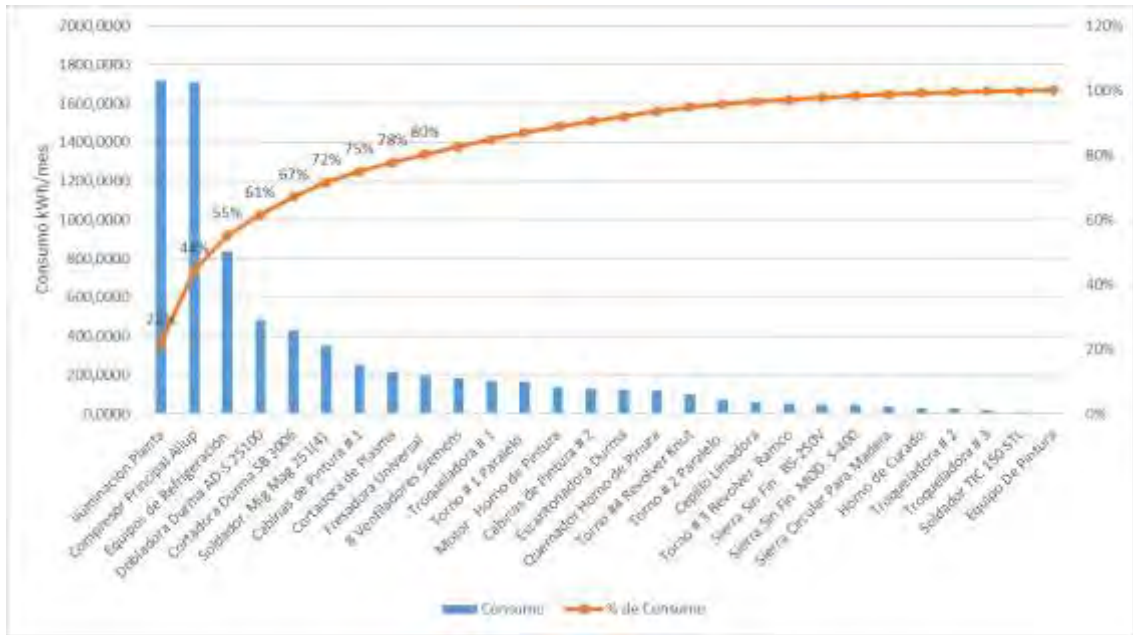


Figura 21. Distribución del consumo de electricidad por equipos.

Tanto la iluminación de la planta, como el compresor, los equipos de refrigeración, la dobladora, la cortadora, los soldadores, la cabina de pintura, la cortadora plasma y la fresadora son los elementos que equivalen ese 20% de equipos que representan el 80% del consumo, entre todos los equipos evaluados. Particularmente, la iluminación de la planta y el compresor equivalen cada uno al 22% de dicho consumo de electricidad. Estos consumos se deben a que ambos, tanto la iluminación de la planta como el compresor, están en constante funcionamiento durante los distintos procesos. Teniendo en consideración esto se puede enfocar un plan de acción dedicado a los usos significativos de la energía.

Adicionalmente se representa el uso de la energía eléctrica en la empresa metalmeccánica, en un diagrama de SANKEY en donde se tuvieron en cuenta los equipos de mayor consumo de electricidad (ver figura 22).

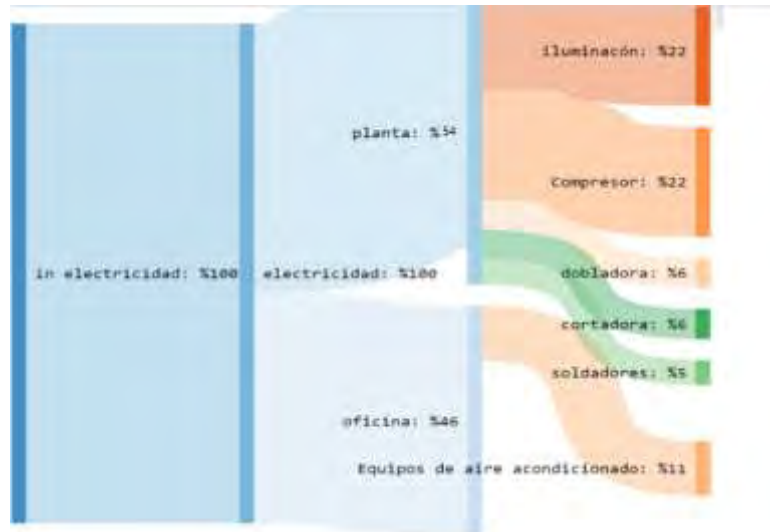


Figura 22. Diagrama de Sankey del uso de la electricidad por equipos.

7.4.4 Identificación de las variables que afectan el uso significativo de la energía

Considerando, los consumos de energía eléctrica y recordando que la empresa, trabaja modalidad de producción bajo pedido en la que se fabrica un producto a la vez y cada uno diferente, donde cada producto conlleva tiempos de producción diferentes (dependiendo de la complejidad del mismo) y el segundo modo de producción por lotes. Se identifican posibles variables dependiente e independiente con el propósito de encontrar la que tenga una mayor correlación de las variables, determinando así cual afecta en mayor medida el uso significativo de la energía.

7.4.4.1 Consumo semanal y la producción por complejidad metal mecánica.

Esta se obtiene después de relacionar la cantidad de kWh consumidos en la semana con el producto de la producción semanal y la complejidad metal mecánica de esta, cabe resaltar que la complejidad metal mecánica es dada por la empresa, la cual está en función de la dificultad de los procesos metal mecánicos. Encontrando un coeficiente de correlación R^2 de 3,6%. Y al emplear la herramienta P-Value se encuentra el valor de probabilidad obtenido, fue de 0,300, indicando que esta variable no es representativa en el consumo de electricidad.

7.4.4.2 Consumo semanal y la producción por complejidad del barraje eléctrico.

Esta se obtiene después de relacionar la cantidad de kWh consumidos en la semana con el producto de la producción semanal y la complejidad de barraje

eléctrico (BEE) de esta, cabe resaltar que la complejidad del barraje eléctrico es dada por la empresa y está en función de la dificultad de la construcción de barraje eléctrico. Encontrando un coeficiente de correlación de 9,1%. Y al emplear la herramienta P-Value se encuentra el valor de probabilidad de 0,024. Indicando que esta variable no es representativa en el consumo de electricidad.

7.4.4.3 Consumo mensual y la producción por complejidad metal mecánica

Esta se obtiene después de relacionar la cantidad de kWh consumidos en el mes con el producto de la producción mensual y la complejidad metal mecánica de esta. Encontrando un coeficiente de correlación R^2 de 5,8%. Indicando que esta variable no es representativa en el consumo de electricidad.

7.4.4.4 Consumo mensual y la producción por complejidad del barraje eléctrico

La siguiente relación es entre la cantidad de kWh consumidos en el mes con el producto de la producción mensual y la complejidad de BEE de esta (tabla 7). Encontrando un coeficiente de correlación R^2 de 22,5%. Y al emplear la herramienta P-Value se encuentra el valor de probabilidad obtenido, fue de 0,0867, indicando que a diferencia de las anteriores variables hay una mayor relación con en el consumo de electricidad. Sin embargo, al realizar el filtrado de datos inconcluyentes y respetando el número de datos mínimos (11), se obtiene una correlación mayor (54%) con un nivel de confianza del 90% y una precisión del 10% con lo cual se puede realizar un trabajo de control operacional y mantenimiento.

7.4.4.5 Consumo mensual y la producción por laminadas procesadas

Aquí se relaciona los kWh del mes con el número de láminas utilizadas en la producción mensual. Encontrando un coeficiente de correlación R^2 de 8,7%. Indicando que esta variable no es representativa en el consumo de electricidad.

Analizando lo anterior, se concluye que la variable que más afecta el uso significativo de la energía eléctrica es la producción por complejidad del barraje eléctrico. De manera que el realizar ajustes operacionales (operar de manera adecuada) y de mantenimiento (a los equipos), no solo se disminuirá el consumo de energía, sino que se aumentará la correlación entre las variables. Esta se comprueba, al ver en la relación cuando el consumo de energía kWh tiene valores menores, se tienen valores altos de producción y complejidad.

Tabla 7.

Consumo de electricidad y producción por complejidad BEE

| Tableros Mes por Complejidad BEE | Consumo (kWh) |
|---|----------------------|
| 167 | 13078.39 |
| 148 | 12957.29 |
| 169 | 13091.13 |
| 147.5 | 12954.10 |
| 227.2 | 13462.08 |
| 174.5 | 13126.19 |
| 290 | 13862.34 |
| 226.5 | 13457.62 |
| 86 | 12562.12 |
| 51 | 12339.05 |
| 255 | 13639.26 |
| 104 | 12676.85 |

7.4.5 Oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica.

Basados en el análisis se identificaron diferentes oportunidades de mejora. Identificando oportunidades de mejora en el compresor, en la iluminación de la planta, en la troqueladora, los equipos de climatización y la dobladora. En la tabla 8 se presenta una descripción de las oportunidades y los beneficios asociados a estas.

Tabla 8.

Oportunidades de aprovechamiento energético

| Equipo | Descubrimiento | Oportunidad identificada | Tipo de oportunidad | Beneficios obtenidos |
|------------------|---|--|----------------------------|--|
| Compresor | La temperatura ambiente del lugar donde se encuentra el compresor es en promedio 40°C | Disminución la Temperatura ambiente del sitio. | Cambio tecnológico | Cada 3°C que se disminuya la temperatura, significara una disminución del consumo a 240kWh/Año Equivalentes a \$105.554 (COP) Anuales |

Tabla 8. (Continuación)

| Equipo | Descubrimiento | Oportunidad identificada | Tipo de oportunidad | Beneficios obtenidos | |
|---------------------------------|---|---|----------------------------|---|---------------------------------|
| Compresor | caída de presión debido a muchos accesorios de la red, por ende, mayor trabajo del compresor. | Modificar la red del aire comprimido. Para reducir las pérdidas. | Cambio tecnológico | Cada media hora que se reduzca el uso de este al día, significara un ahorro anual de 936.7kWh | Equivalente a \$411.978 (COP) |
| | Utilización del aire comprimido para ventilación personal | Emplear otras herramientas que brinden la misma funcionalidad, disminuyendo el uso del compresor | Cambios en la operación | | |
| Iluminación de la planta | La iluminación es del tipo fluorescentes | Cambiar a iluminación led, disminuyendo el consumo eléctrico | Cambio de Tecnología | Ahorro anual de 10.307kWh | Equivalente a \$4.533.376 (COP) |
| | Tragaluces en el tejado de planta están obstruidos | Aprovechamiento de la luz natural, reducción del consumo eléctrico | Mantenimiento | cada hora que se reduzca el uso de las iluminarias significara un ahorro anual de 2.944kWh | Equivalente a \$1.295205 (COP) |
| Equipos de Climatización | Hay equipos de más de 1 década de funcionamiento | Reemplazo por equipos de menor consumo eléctrico | Cambio de Tecnología | Ahorro de consumo anual de 4.015kWh | Equivalente a \$1.766.220 (COP) |
| Troqueladora | Solo se usan troqueles de una perforación por golpe | Empleando nuevos troqueles de mayores perforaciones por golpe se reduce el tiempo de uso de la maquina | Cambio tecnológico | Cada hora que se reduzca el uso de la maquina significara un ahorro anual de 342kWh | Equivalente a \$150.731 (COP) |
| Dobladora | La máquina se usa a muy poca capacidad, para hacer pequeños pliegues | Planificación de la producción, para aprovechar la capacidad de la maquina y reducir los tiempos de uso | Cambios en la operación | Cada hora que se reduzca el uso de la maquina significara un ahorro anual de 829kWh | Equivalente a \$364.796 (COP) |

8. CONCLUSIONES

Es interesante ver, como el llevar a cabo una auditoría energética, siguiendo la norma internacional ISO 50002 resulta muy práctico y eficaz. Ya que esta norma cubre los requisitos generales, metodología común y entregables para todas las auditorías energéticas. Siendo aplicable a todas las organizaciones, independiente del tipo de energía y sus usos. Y en efecto con el estudio realizado a una empresa metalmeccánica se pudo comprobar dicha aplicabilidad.

Por otro lado, una auditoría de energía como la implementada, basada en ISO 50002 puede respaldar una revisión de energía como se describe en la norma ISO 50001, ya que suministra pautas para la recopilación de datos, monitoreo, medición y análisis del uso y consumo de energía; así como en la identificación de oportunidades para mejorar el rendimiento energético. Sin embargo, si una organización decide realizar una auditoría energética facilitando la revisión de la energía, no se requiere que se lleve a cabo bajo los requerimientos de la ISO 50002.

Con el presente estudio se pudo identificar que la energía eléctrica es la principal fuente energética que utiliza CELCO S.A dado que al analizar los consumos de electricidad y de gas licuado del petróleo (LGP) en TCC, se encontró que la electricidad representa el 99% del total de energía utilizada, por lo tanto, las acciones de eficiencia energética se enfocaron al uso y consumo de la energía eléctrica. Algo interesante, es que el consumo de energía eléctrica de CELCO S.A está distribuido casi que en igual porcentaje. La planta consume el 51% mientras que las oficinas un 49%.

Adicionalmente, con el presente estudio se pudo identificar los procesos que más afectan el uso de la energía; el proceso de metalmeccánica, mecanizado y pintura, originan el 80% del consumo total en la planta. Liderando el consumo se encontró que esta metalmeccánica con un 36% y seguido a este mecanizado y pintura un 22% cada uno. De igual forma se identificó que los usos significativos de la energía eléctrica en la planta se encuentran en el compresor, la iluminación, dobladora Durman, cortadora Durman y plasma, los soldadores y la fresadora con un consumo de energía eléctrica correspondiente a 22%, 22%, 6%, 6%, 3%, 5% y 3% respectivamente, por este motivo las acciones de eficiencia energética, se centraron en estos equipos.

Junto con lo anterior, se encontró que la variable que más se relaciona con el comportamiento real del consumo de electricidad es la producción por complejidad del barraje eléctrico. De manera que el realizar ajustes operacionales (operar de manera adecuada) y de mantenimiento (a los equipos), se disminuirá el consumo de energía.

Por otra parte, la implementación de la auditoría energética permitió identificar oportunidades de aprovechamiento energético en la empresa metalmecánica. Recordando dos de ellas se relacionan con la iluminación de la planta; ya que en primer lugar el tipo de iluminación (fluorescente) que se usa actualmente genera un alto consumo de energía, de manera que el hacer el cambio de tecnología a Led, trae como beneficio un ahorro anual de 10.307kWh y por otro lado se identificó que los tragaluzes de la planta requieren de un mantenimiento de limpieza, puesto que se encuentran obstruidos por suciedad, disminuyendo el aprovechamiento de la luz natural y por ende un mayor uso de iluminación artificial. Considerando las anteriores oportunidades la empresa podría ahorrarse anualmente \$5.828.581 COP.

El alto consumo eléctrico no asociado a la producción se debe a que muchos equipos de mayor consumo en la planta no tienen relación con la producción, por ejemplo, las iluminarias y los aires acondicionados lo cual se puede corregir con cambios tecnológicos de estos que están obsoletos y/o un plan de mantenimiento adecuado.

De manera que, con la implementación de la auditoría energética, se pueden ejecutar acciones como las propuestas anteriormente, logrando aumentar el rendimiento energético de la planta, y con esto disminuir los costos de energía manteniendo los mismos niveles de producción. Esto a su vez, ocasiona un aumento en la utilidad global, lo que permite aumentar la competitividad de la empresa, y contribuye a aumentar no solo la seguridad energética nacional sino también un ambiente más sostenible.

9. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta lo descrito en este documento, se recomienda a la organización implementar en la medida de sus posibilidades, las distintas recomendaciones presentadas en la tabla 8. En esta, se describen en detalle los hallazgos más importantes que se encontraron en la empresa relacionados con el desempeño energético, y junto con ello se presenta el tipo de oportunidad identificada con los beneficios asociados y la cuantificación de estos, al decidir llevarlas a cabo.

REFERENCIAS

- Biello, D. (2015). *The Most Important Number in Climate Change*. *Scientific American*. Recuperado de <https://www.scientificamerican.com/article/the-most-important-number-in-climate-change/>
- Cámara de Comercio de Cali. (2018). *La industria de los pesados*. Cali. Recuperado de <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/2018/12/Informe-Metalmecanico-N109.pdf>
- Castrillón Mendoza, Rosaura Del Pilar; Fandiño, Diego; Gonzalez Hinestroza, Adriana Janeth; Quispe, Enrique Ciro; Urhan Rojas, M. (2014). *Metogología para la implementación del sistema de gestión integral de la energía. fundamentos y casos prácticos*.
- Castrillón, R., y Valverde, J. L. (2018). *Energy audits in industrial sector according to ISO 50002 standard and its application in management systems based on ISO 50001: a case of study*. <https://doi.org/10.2760/345473>
- Cedetrabajo. (2016). *La industria metalmecánica en Colombia frente a los TLC*. Recuperado de <https://cedetrabajo.org/blog/informe-6-la-industria-metalmecanica-en-colombia-frente-a-los-tlc/>
- CONUEE. (2018). Proyecto Piloto SGEEn para PyMEs - Infinish Acabados Industriales. Recuperado Marzo 8, 2019, de <https://sites.google.com/a/conuee.gob.mx/proyecto-piloto-introduccion-a-los-sistemas-de-gestion-de-la-energia-para-pymes-de-mexico/resultados-estudios-de-caso-de-eficiencia-energetica/resultado-de-eficiencia-energetica?authuser=0>
- Fawkes, S. (2001). A brief history of energy efficiency | Only Eleven Percent. Recuperado Marzo 8, 2019, de <https://www.onlyelevenpercent.com/a-brief-history-of-energy-efficiency/>
- García Fajardo, M. I. (2018). *Propuesta de un procedimiento basado en indicadores para evaluación de la factibilidad de proyectos de eficiencia energética según iso 50002 en empresas comerciales y de servicios*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Gruber, E., Fleiter, T., Mai, M., y Frahm, B. J. (2011). *Efficiency of an Energy Audit Programme for SMEs in Germany-Results of an Evaluation Study*. Recuperado de <http://www.irees-webserver.de/irees->

wAssets/docs/publications/proceeding/Gruber-Fleiter-2011_Efficiency-of-an-Energy-Audit-Programme-for-SMEs-in-Germany.pdf

Herrera Ortiz, J. J., y Rengifo Castro, A. (2016). *Auditoria energética en el Hotel Intercontinental Cali conforme a los lineamientos de la Norma ISO 50002*. Universidad Autónoma de Occidente. Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de <http://red.uao.edu.co/handle/10614/8843>

International Energy Agency. (2018). *Global Energy and CO2 Status Report*. Recuperado de www.iea.org/t&c/

ISO. (2011). NTC ISO 50001. *Sistemas de gestión de la energía*.

ISO. (2014). ISO 50002. *Auditorías energéticas*

López Atuesta, D. F., y Ramírez Sandoval, G. (2016). *Evaluación del consumo y desempeño energético en el Hospital Universitario del Valle “Evaristo García” E.S.E. según requerimientos de planificación energética de la norma ISO 50001*. Universidad Autónoma de Occidente. Universidad Autónoma de Occidente. Retrieved from <http://red.uao.edu.co/handle/10614/9513>

López Cardona, J. C. (2017). *Criterios para la realización de una Auditoría Energética en usuarios Oficiales, Comerciales Y Residenciales de Colombia*. Nacional De Colombia.

Minenergía, y UPME. (2019). *Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Revisión Febrero de 2019*.

MME, y UPME. (2016). *Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022*. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PR_OURE_2017-2022.pdf

Nava, R., y Marbelis, A. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(48), 606–628. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842009000400009

Ruiz, A. C. (2014). *Uso racional y eficiente de la energía en edificios públicos Colombia*.

Schallenberg, J. C., Piernavieja, G., Rodríguez, C., Unamunzaga, P., García, R., Torres, M., ... Ortin, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. Recuperado de www.renovae.org,

United Nations Climate Change. (2012). What is the Kyoto Protocol? | UNFCCC. Recuperado Marzo 8, 2019, de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol>

URECANCOL. (2000). Plan estratégico de ure para fortalecer el mercado de las auditorias energeticas en el sector industrial de colombia, (26).

ANEXOS

Anexo A. Acta de visita

| | | |
|--|----------------------|--|
| | | ACTA No 1 |
| EMPRESA / ORGANIZACIÓN: CELCO S.A. | | Reconocimiento de aspectos clave. |
| FECHA: miércoles 26 de septiembre del 2018 | HORA: 9:00 am | LUGAR/DIRECCIÓN: Cra 34 # 10-440 Acopi Yumbo |
| Persona quien atendió visita | | Cargo |
| Jorge Andres Parra | | Asistente Departamento Tecnico |
| Asistentes a la visita | | Cargo |
| <ul style="list-style-type: none"> • Enrique Ciro Quispe • Kevin Osorio • Carolina Parra • David Mosquera | | <ul style="list-style-type: none"> • Docente UAO • Ingeniero • Estudiante • Estudiante |
| TEMARIO – ORDEN DEL DÍA | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Diagnostico energético inicial asociado al consumo eléctrico • Acuerdos • Visita guiada a las instalaciones de la empresa • Capacitación sobre seguridad y salud en el trabajo | | |
| DESARROLLO | | |
| <p>Al iniciar la reunión se realiza un diagnostico energético inicial asociado al consumo eléctrico, adicional a ello en esta misma reunión se llegan a diversos acuerdos por parte de la empresa. Terminada la reunión se procede a realizar un recorrido por las instalaciones con el fin de tener una idea de los diferentes procesos que se llevan a cabo y los equipos que se utilizan. Por último, Terminado el recorrido por la planta se procede a realizar la capacitación sobre seguridad y salud en el trabajo, con el fin de</p> | | |
| ANOTACIONES A LA VISITA | | |
| NINGUNA | | |
| COMPROMISOS PENDIENTES LUEGO DE LA VISITA | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar un lugar de trabajo. • Brindar acompañamiento en toma de datos. • Proporcionar información o documentación necesaria para el desarrollo del proyecto. | | |

Anexo B. Diagrama unifilar de la empresa CELCO S.A

