

**SEMESTRE DE INDUSTRIA**

**PROYECTO  
GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA ALICO S.A.**

**JUAN CAMILO RENDÓN LÓPEZ**

**WALTER MAURICIO VILLA ACEVEDO  
Asesor Interno**

**ANDRÉS GARCÍA MOLINA  
Asesor Externo**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
2019**

## TABLA DE CONTENIDO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | RESUMEN .....   | 3  |
| 2     | INTRODUCCIÓN .....  | 3  |
| 3     | OBJETIVOS .....   | 4  |
| 3.1   | Objetivo General .....  | 4  |
| 3.2   | Objetivos Específicos .....                                   | 4  |
| 4     | MARCO TEÓRICO.....  | 4  |
| 4.1   | Norma ISO 50001 .....   | 5  |
| 4.2   | Eficiencia energética .....                                   | 5  |
| 4.3   | Línea base .....  | 5  |
| 4.4   | Niveles de Iluminancia .....                                  | 6  |
| 4.5   | Control de deslumbramiento .....                              | 7  |
| 4.6   | Uniformidad.....  | 8  |
| 5     | METODOLOGÍA .....   | 8  |
| 6     | RESULTADOS Y ANÁLISIS.....                                    | 10 |
| 6.1   | Distribución de equipos por subestación .....                 | 10 |
| 6.2   | Diagnóstico energético.....                                   | 11 |
| 6.2.1 | Inventario de máquinas y respectivo consumo en Alico S.A..... | 11 |
| 6.2.2 | Clasificación por uso de energía.....                         | 20 |
| 6.2.3 | Diagnóstico por uso de aire comprimido.....                   | 21 |
| 6.3   | LEVANTAMIENTO LÍNEA BASE .....                                | 23 |
| 6.4   | REDISEÑO DE ILUMINACIÓN .....                                 | 27 |
| 6.4.1 | Diagnóstico en la iluminación .....                           | 27 |
| 6.4.2 | Bodega 1.....   | 28 |
| 6.4.3 | Bodega 3.....   | 32 |
| 6.4.4 | Bodega 4 – Pis 2.....   | 36 |
| 6.4.5 | Diseño bodega 6 – VAREX .....                                 | 41 |
| 7     | CONCLUSIONES.....   | 43 |
| 8     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                              | 43 |

# GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA ALICO S.A.

## 1 RESUMEN

Entre los diferentes propósitos de la práctica empresarial se encontraban: Construir un diagnóstico energético en la empresa Alico S.A., el cual sirve como punto de partida para la creación de un Sistema de Gestión Energética (SGE) en la organización. Esto se logró mediante la recopilación de información en las diferentes máquinas que se encuentran en funcionamiento en la empresa, tal información se obtuvo a través de mediciones puntuales, mientras que, otros datos, como los tiempos de servicio fueron facilitados por otras dependencias en la organización (producción).

Además, se hizo el levantamiento de una línea base de una de las máquinas de mayor consumo (Extrusora 12), esta labor se pudo concretar gracias a la información recaudada por medio de un analizador de redes, de donde se extrajo la información de las potencias diarias, y de la información facilitada por el área de producción. Este levantamiento, permitirá tener mayor claridad acerca del consumo eléctrico por cantidad de material producido durante un periodo específico.

También, se hizo un rediseño de la iluminación en diferentes bodegas de Alico S.A. En primera instancia, se hizo una evaluación del estado actual de la iluminación y de las zonas a iluminar. Acto seguido, se tomaron medidas de los niveles de iluminación actuales, de manera que se pudiesen identificar las necesidades en iluminación en los lugares bajo análisis. Posteriormente, se llevó a cabo el rediseño en las bodegas, donde, se hizo un rediseño de manera inteligente, en el que se garantizaron los niveles de iluminación que establece la normatividad y que de igual manera fuera un diseño eficiente.

Finalmente, es pertinente mencionar que, el alcance de este trabajo llega hasta la elaboración de los diagnósticos (consumos e iluminación), rediseños de iluminación y levantamiento de una línea base; la construcción completa de un sistema de gestión de la energía puede considerarse en una práctica académica posterior.

## 2 INTRODUCCIÓN

La influencia del uso de la energía sobre los aspectos ambiental, económico y social, dio lugar a la creación de una norma internacional en sistemas de gestión de la energía que ofreciera las directrices para el mejoramiento del desempeño energético en las organizaciones, logrando con ello mejoramiento en la productividad y en la calidad de vida [1].

El propósito de un sistema de gestión de la energía (SGEn) es establecer los métodos y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia, uso y consumo. También, la aplicación del sistema tiene la finalidad de

conducir a reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, el costo de la energía, y otros impactos ambientales negativos relacionados con el consumo de energía eléctrica. De esta manera, la aplicación de un SGE en es factible a todos los tipos y tamaños de empresas, independientemente de las condiciones geográficas, culturales o sociales. No obstante, la implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la empresa, y en especial, de la alta dirección.

Es por lo anterior que, la empresa ALICO S.A, requiere acciones y mecanismos que permitan consolidar el manejo eficiente de la energía que en esta se consume, ya sea en las máquinas destinadas a la producción como en los elementos destinados al confort de los trabajadores.

Adicionalmente, se realizarán mediciones y simulaciones cuyos resultados proporcionarán soluciones viables económicamente, para corregir las falencias encontradas en la planta industrial relacionado con la iluminación. Por supuesto, dichas soluciones deben estar sujetas a lo que dicta la normatividad en nuestro país.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Implementar una metodología bajo la norma NTC ISO 50001 que permita estructurar un sistema de gestión de la energía en la empresa ALICO S.A, con énfasis en la ejecución de acciones para la iluminación eficiente.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico energético en ALICO S.A, que identifique los principales puntos de uso ineficiente de la energía, a mejorar con la metodología propuesta.
- Ejecutar el levantamiento de la línea base del consumo energético (en un equipo específico) en la empresa ALICO S.A.
- Modelar en Dialux las instalaciones para lograr los niveles adecuados de iluminación, acordes con la regulación, esto a partir de la reubicación de luminarias.

### **4 MARCO TEÓRICO**

La energía es un factor determinante para el desarrollo de las empresas y los países. Sin energía no puede desarrollarse ni crecer la industria y el comercio. Tampoco es posible el desarrollo social, superar la pobreza y mejorar la salud. Por otro lado, la

producción y la forma en que se usa energía, generan un impacto ambiental en todas las escalas, amenazando el desarrollo en el futuro. La abundancia de energía, la falta de conciencia sobre el impacto de su uso en el ambiente, han facilitado por un lado, actividades humanas, comerciales e industriales de consumo intensivo e ineficiente de energía y por el otro, el crecimiento desordenado de las ciudades, que hoy en día son verdaderas máquinas de consumir energía, producir enormes cantidades de residuos y devorar el medio natural. El proceso de la producción y utilización de la energía eléctrica es ineficiente, por lo que debemos buscar ser lo más eficientes posible para hacer el uso más adecuado de la misma.

#### **4.1 Norma ISO 50001**

En consonancia con lo anterior, La norma ISO 50001: 2011, Energy Management Systems - Requirements with guidance for use, publicada por ISO el 11 de junio de 2011 y adoptada por Colombia mediante la norma espejo NTC ISO 50001: Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con orientación para su uso, emitida por ICONTEC el 24 de enero de 2012, representa el estándar internacional que responde a este panorama [1].

Esta norma fue desarrollada mediante un esfuerzo de representantes técnicos y normativos de más de 56 países, que durante 3 años, construyeron los requisitos mínimos necesarios para lograr un manejo eficiente de la energía en cualquier organización bajo el principio de mejora continua de la gestión energética.

Los requisitos establecidos están conformados por procesos y procedimientos técnicos y de gestión, algunos de ellos novedosos para las organizaciones, y que requieren de la preparación de sus profesionales y técnicos para su correcta aplicación.

#### **4.2 Eficiencia energética**

Dentro de un sistema de gestión de energía, se encuentra la eficiencia energética, que es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Ser eficientes con el uso de la energía significa “hacer más con menos o al menos con lo mismo”, es aprovechar en forma más completa y funcional la energía sin disminuir la calidad de vida de los usuarios finales.

Por lo tanto, la eficiencia energética es una de las vías más rápidas y económicas para frenar el cambio climático y usar la energía generando la menor contaminación ambiental. Además, de contribuir al aumento de la productividad, eleva el nivel de seguridad y se autofinancia.

De lo anterior, para obtener resultados favorables en eficiencia energética, en primer lugar es importante dar un diagnóstico energético, dado que, es la forma de entender y comprender cómo, cuándo, dónde, quién y porqué se utiliza la energía y crear un plan de acción para generar grandes utilidades con el uso racional y eficiente de la energía.

#### **4.3 Línea base**

En el mismo orden de ideas, al igual que la realización de un diagnóstico energético, es de suma importancia el levantamiento de una línea base, puesto que, esta es la

referencia que proporciona el estado de desempeño energético de un determinado proceso, área o equipo de una organización. Es uno de los factores más importantes para el control y seguimiento de los consumos y del desempeño energético, debido a que ayuda a la identificación y determinación de los potenciales de ahorros energéticos [1].

Es de señalar que, el establecimiento de la línea de base debe hacerse a partir de la información de la revisión energética inicial, es decir, a partir de datos históricos del comportamiento del consumo. El periodo de tiempo utilizado para establecer la línea de base debe ser el adecuado.

Un periodo normal recomendado para establecer la línea de base puede ser el último año de trabajo de la empresa, área o equipo donde se deba establecer siempre que no hayan existido cambios de los procesos o los equipos y sistemas que afecten significativamente el consumo de energía del área que representa la línea de base.

Finalmente, el ser humano es capaz de adaptarse a cualquier entorno de una manera rápida e idónea; sin embargo, hay ciertos factores que pueden afectar el estado anímico, bienestar y además aumentar la fatiga debido a los inadecuados niveles de iluminación. Si no se cuenta con una iluminación adecuada, los lugares en los que se desarrollan las actividades diarias, no contarán con ambientes agradables y afectarían incluso, la salud de los trabajadores [5].

Actualmente, dado las largas jornadas laborales, el uso de múltiples tecnologías y el inadecuado diseño de iluminación en los lugares de trabajo, se han incrementado los trastornos visuales. Dichos trastornos deben ser tomados en cuenta con detalle, ya que, es en el puesto de trabajo donde las personas permanecen la mayor parte del tiempo, y por tal razón, se debe procurar que se cuente con espacios idóneos. Una buena iluminación asegurará eficacia, mayor productividad y mejor calidad en la empresa, además de generar mayor seguridad en la salud y bienestar de los trabajadores.

Por lo tanto, es importante contemplar la posibilidad ser más eficientes en el ámbito de la iluminación, ya sea, rediseñando o redistribuyendo y concentrando el flujo lumínico en los puntos donde realmente se requiere.

A continuación, se presenta la definición de algunos parámetros descritos en el REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO (RETILAP), a los cuales se les dará prioridad en todo lo referente a las simulaciones que serán realizadas [2].

#### **4.4 Niveles de Iluminancia**

La iluminancia o iluminación mide la luz que llega a una superficie determinada. Se representa por la letra E, siendo su unidad el lux.

En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 410.1 del RETILAP [2], adaptados de la norma ISO

8995 "Principles of visual ergonomics -- The lighting of indoor work systems".

El valor medio de iluminancia, relacionado en la tabla 410.1, debe considerarse como el objetivo de diseño y por lo tanto esta será la referencia para la medición en la recepción de un proyecto de iluminación.

En ningún momento durante la vida útil del proyecto la iluminancia promedio podrá ser superior al valor máximo o inferior al valor mínimo establecido en la Tabla 1, en esta se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR), para cualquier posición del observador, así como los valores mínimos para el índice de reproducción de color [2].

**Tabla 1.** Índice UGR máximo, IRC mínimos admisibles y niveles de iluminancia para diferentes áreas y actividades.

Fuente para UGR e IRC, Norma UNE EN 12464-1 de 2003 (Tabla 410.1)

| TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD                          | UGR <sub>L</sub> | IRC | NIVELES DE ILUMINANCIA (lx) |       |        |
|--|------------------|-----|-----------------------------|-------|--------|
|  |                  |     | Mínimo                      | Medio | Máximo |
| <b>Oficinas</b>                                      |                  |     |                             |       |        |
| Oficinas de tipo general, mecanografía y computación | 19               | 0.8 | 300                         | 500   | 750    |
| Oficinas abiertas                                    | 19               | 0.8 | 500                         | 750   | 1000   |
| Oficinas de dibujo                                   | 16               | 0.9 | 500                         | 750   | 1000   |
| Salas de conferencia                                 | 19               | 0.8 | 300                         | 500   | 750    |

#### 4.5 Control de deslumbramiento

Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto e incómodo [4].

El deslumbramiento en el trabajo es causa de inconformidad, molestia y fatiga visual; además, reduce el rendimiento de los trabajadores, provocando un trabajo de baja calidad y una baja productividad.

Eliminando el deslumbramiento directo causado por las ventanas o por las fuentes de luz, así como el deslumbramiento indirecto, debido a los reflejos, reducirá las quejas de los trabajadores y logrará un uso más eficiente de las máquinas. Se debe tener en cuenta que los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador para evitar el deslumbramiento. También se hace importante controlar las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual, empleando difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las bombillas o lámparas [2].

Para efectos de evaluación las posiciones del observador serán principalmente las de los puestos de trabajo, las cuales son consideradas críticas. El valor de UGR de la instalación no debe exceder del valor dado en la Tabla 410.1.

#### 4.6 Uniformidad

Este parámetro es de suma importancia con el fin de evitar molestias debidas a los cambios bruscos de iluminancia. La relación entre el valor del nivel de iluminación existente en el área del puesto de trabajo donde se realiza la tarea y el nivel de iluminación general o de las áreas adyacentes no debe ser inferior al establecidos en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea [2]. (Tabla 410.4 del RETILAP)

| Iluminancia de tarea (lx)          | Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx) |
|------------------------------------|---|
| Mayor o igual a 750                | 500   |
| 500                                | 300   |
| 300                                | 200   |
| Menor o igual a 200                | $E_{tarea}$                                       |
| Uniformidad ( $E_{min}/E_{prom}$ ) |   |
| Mayor o igual a 0.5                | Mayor o igual a 0.4                               |

Cabe resaltar que cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos. Además, con el tiempo, el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y piso.

Por lo tanto, el nivel de iluminancia de las diferentes áreas se deben expresar en función de la iluminancia promedio en el plano de trabajo. Para la aplicación del presente informe se deben cumplir los valores de la Tabla 2.

De todo lo anterior, es importante mencionar que, para iniciar la implementación de un sistema de gestión de la energía, la organización debe realizar una evaluación preliminar sobre su estado actual en gestión energética e identificar el estado en que se encuentra frente al cumplimiento de la Norma ISO 50001, mediante un análisis de brechas.

El análisis se debe realizar con la colaboración de un equipo conformado por los líderes o jefes de los procesos de producción, mantenimiento, compras, diseño, jurídica, talento humano, gestión ambiental, de calidad u otros vinculados con el cumplimiento de los requisitos. Para cada requisito se deben evaluar tres estados: cumplimiento, incumplimiento o en proceso de implementación.

Finalmente, Una vez conocido el estado “actual” de la organización y las actividades que se deben realizar para llegar al estado “deseado”, para el cumplimiento de los requisitos, se deben establecer los procedimientos, procesos o herramientas técnicas y de gestión requeridas para lograr su introducción en la gestión organizacional.

## 5 METODOLOGÍA

1. Se definen las rutas en cada bodega, para establecer el orden que se seguirá en el proceso del levantamiento de consumo eléctrico de cada máquina.



- Se hacen los recorridos de cada una de las rutas establecidas, esto con el propósito de identificar los puntos de medición (acometidas) en cada máquina.
2. Se ejecutan las mediciones de las diferentes variables, en las áreas donde visualmente había un consumo importante.
    - En cada máquina se mide el nivel de tensión y la corriente eléctrica.
  3. Posteriormente se consigna la información recaudada en tablas.
    - Con la información obtenida mediante las mediciones se calcularon otros parámetros importantes para el análisis final.
    - Se analiza la información completa, de manera que se pueda dar un diagnóstico del consumo eléctrico.
  4. Se caracteriza el uso de la energía en cada máquina.
    - Se Identifica y clasifica los diferentes consumos de energía (aire comprimido) en cada máquina y ver cómo afectan estos consumos el aspecto eléctrico.
  5. Se hace el levantamiento de la línea base de consumo en la máquina más representativa.
    - Definición del periodo de tiempo adecuado para establecer la línea base.
    - Revisión de datos históricos del comportamiento del consumo
    - Se gráfica y analiza los resultados obtenidos
    - Se hace una verificación y revisión de los datos recaudados durante un año.
    - Finalmente, se grafica la información recaudada y se hizo un análisis donde se muestra el consumo eléctrico por kg producido (kWh/kg) producido.
  6. Se realiza el diagnóstico al sistema de iluminación actual que permita establecer si los niveles de iluminancia se encuentran dentro de los rangos permitidos, de acuerdo a la legislación colombiana vigente.
    - Se lleva a cabo mediciones de la iluminancia en puestos de trabajo.
    - Se realiza una inspección rápida en cada una de las bodegas, que permitió establecer el estado actual de las luminarias.
  7. Se realizan verificaciones, comparaciones y propuestas de diseño con lo que se obtuvo en las mediciones.
    - Se comparan los niveles de iluminancia hallados, con los establecidos por la legislación colombiana vigente, para determinar si estos se encuentran entre los rangos establecidos.

- De acuerdo a las necesidades en cada zona, se realizan propuestas de diseño óptimas. En estas propuestas se incluyen: acciones de reemplazo, reubicación y repotenciación.
8. Finalmente, se diseña un sistema de iluminación (con un software especializado) para algunas zonas de la empresa ALICO S.A que permita cumplir con los requerimientos establecidos por el RETILAP y además, sea económicamente viable y permita un ambiente seguro y saludable.
- Se realizan simulaciones en los puestos de trabajo en los cuales no se tienen los niveles luminotécnicos adecuados, mediante simulaciones proponer una alternativa adecuada para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del RETILAP.
  - También se ejecutan simulaciones en las zonas de circulación, dando cumplimiento con los niveles de iluminancia que dicta el reglamento

## **6 RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### ***6.1 Distribución de equipos por subestación***

Para esta sección se presenta los resultados de la metodología para SGE en propuesta que fue implementada en la empresa Alico S.A. En la figura 1 se presenta la distribución de los equipos eléctricos que se encuentra dentro de la planta industrial.

Ahora bien, la definición de las rutas a seguir para tomar las diferentes mediciones, se construyó teniendo presente los siguientes aspectos:

- Que no hubiera mantenimiento programado en máquina.
- Máquina rodando bajo condiciones normales.
- Que no se estuviera produciendo algún pedido especial, el cual implicaría algún consumo excedente.

Además, estos recorridos también se hicieron siguiendo el orden lógico en que se encuentra distribuida la empresa, así: Las primeras mediciones se hicieron en la bodega 1, luego en la 2 y así hasta llegar a la última bodega (Termoformado).

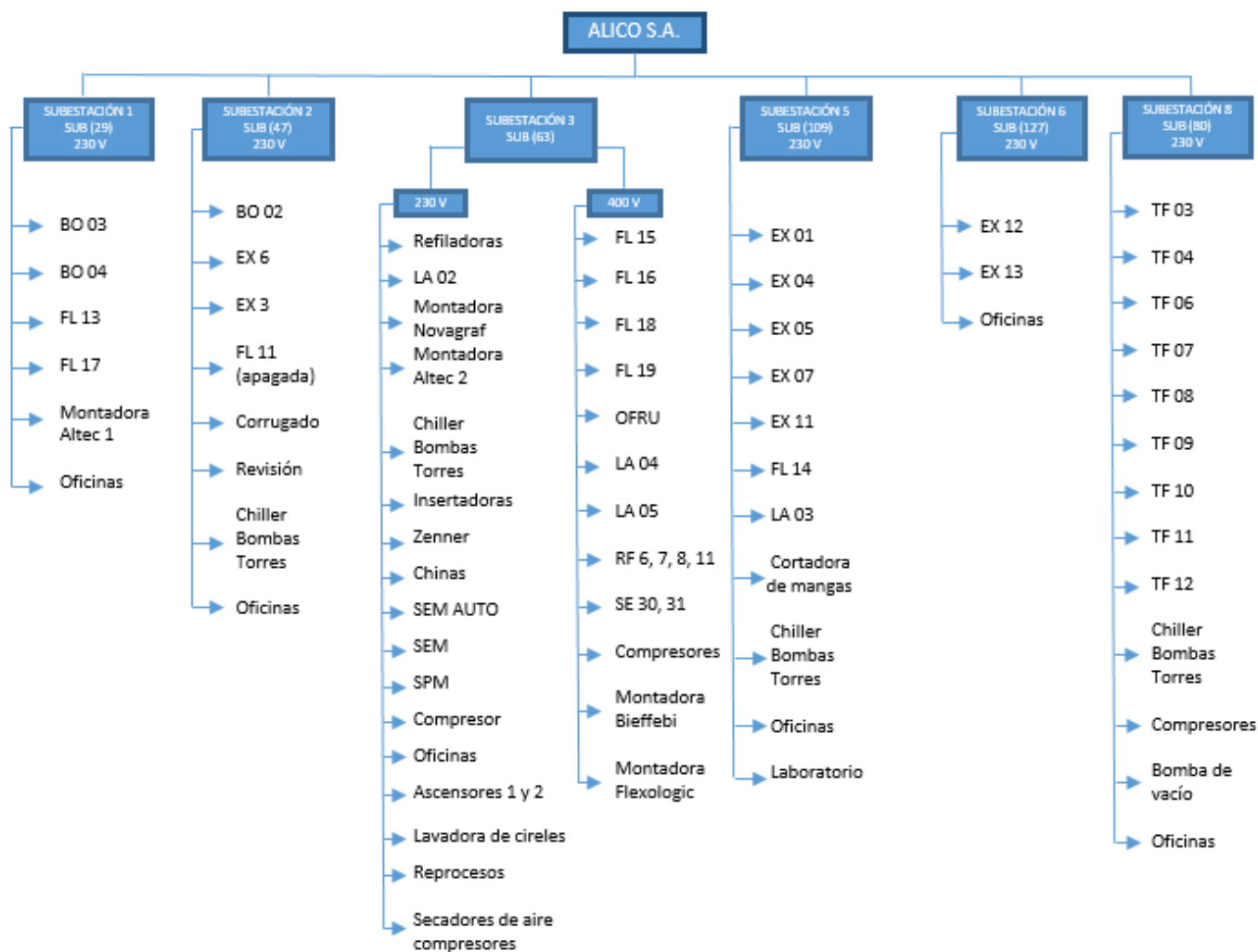


Fig. 1. Distribución de equipos por subestación

## 6.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

### 6.2.1 Inventario de máquinas y respectivo consumo en Alico S.A.

Con el fin de ubicar a los principales actores del consumo de energía en cada subestación, se realizó una caracterización de cada uno de los equipos de la Figura 1, a partir de un seguimiento sobre su consumo de la corriente eléctrica junto con las horas de operación promedio al año (registro tomado por producción), con el fin de estimar la energía demandada por cada máquina.

Para llevar a cabo estas medidas, en primer lugar se debía identificar la acometida principal de cada máquina y el gabinete que alimentaba. Posteriormente, se efectuaba la medición de corriente y de tensión, lo que permitió calcular la potencia y la energía consumida por cada máquina. Para estas mediciones se usó un multímetro y una pinzas amperimétrica.

Es de señalar que, en ocasiones los recorridos establecidos estaban sujetos a modificaciones, dado que, alguna máquina se podía encontrar en algún paro obligado o alguna reparación de último momento.

Lo correspondiente a oficinas no fue tomado en cuenta para este análisis, pues se conoce que su consumo es principalmente por iluminación y aires acondicionados, los cuales tendrán la meta del SGE en materia de concientización de la temperatura de trabajo de este segundo y una correcta distribución y tecnología para la primera.

Tabla 3. Inventario de máquinas existentes en Alico S.A.

| Subestación | Área                       | Proceso          | Equipo                  | Cantidad | Potencia [kW]/máquina | Potencia [kW]/total | Tiempo de horas/mes | Tiempo de uso/año [horas] | Energía consumida/año [kwh] |
|-------------|----------------------------|------------------|-------------------------|----------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1           | Fundas                     | Extrusión        | BO 03                   | 1        | 48.42                 | 48.42               | 700                 | 8400                      | 406728                      |
|             |                            |                  | BO 04                   | 1        | 64.91                 | 64.91               | 700                 | 8400                      | 545244                      |
|             |                            | Impresión        | FL 13                   | 1        | 44.98                 | 44.98               | 435.44              | 5225.28                   | 235033.094                  |
|             |                            |                  | FL 17                   | 1        | 53.85                 | 53.85               | 415.38              | 4984.56                   | 268418.556                  |
|             |                            |                  | Montadora               | 1        | 0.16                  | 0.16                | 431.06              | 5172.72                   | 827.6352                    |
| 2           | Fundas                     | Extrusión        | EX 3                    | 1        | 10.97                 | 10.97               | 23.62               | 283.44                    | 3109.3368                   |
|             |                            |                  | EX 6                    | 1        | 10.97                 | 10.97               | 15.85               | 190.2                     | 2086.494                    |
|             |                            |                  | BO 02                   | 1        | 74.02                 | 74.02               | 700                 | 8400                      | 621768                      |
|             |                            | Impresión        | FL 11(apagada)          | 1        | 0                     | 0                   | 0                   | 0                         | 0                           |
|             |                            | Corrugado        | Corrugadoras            | 4        | 7.4                   | 29.6                | 267.8               | 3213.6                    | 95122.56                    |
|             |                            | Revisión         | Revisora                | 8        | 0.8                   | 6.4                 | 211                 | 2532                      | 16204.8                     |
|             |                            | Agua helada      | Chiller, bombas, torres | 1        | 26.8                  | 26.8                | 730                 | 8760                      | 234768                      |
| 3 (220V)    | Empaques                   | Refilado         | Refiladoras             | 4        | 2.07                  | 8.28                | 507                 | 6084                      | 50375.52                    |
|             |                            | Laminación       | LA 02                   | 1        | 9.2                   | 9.2                 | 320.7               | 3848.4                    | 35405.28                    |
|             |                            | Impresión        | Montadora               | 2        | 0.16                  | 0.32                | 686                 | 8232                      | 2634.24                     |
|             |                            | Agua helada      | Chiller, bombas, torres | 1        | 42.1                  | 42.1                | 730                 | 8760                      | 368796                      |
|             | Sellado y procesos finales | Insertado        | Insertadoras            | 13       | 1.4                   | 18.2                | 434                 | 5208                      | 94785.6                     |
|             |                            | Sellado          | Zenner                  | 11       | 2.7                   | 29.7                | 296                 | 3552                      | 105494.4                    |
|             |                            |                  | Chinas                  | 15       | 9                     | 135                 | 449                 | 5388                      | 727380                      |
|             |                            | Procesos finales | SEM AUTO                | 12       | 0.09                  | 1.08                | 608                 | 7296                      | 7879.68                     |
|             |                            |                  | SEM                     | 15       | 0.09                  | 1.35                | 608                 | 7296                      | 9849.6                      |
|             | Reprocesos                 | SPM              | 7                       | 0.09     | 0.63                  | 608                 | 7296                | 4596.48                   |                             |

|  |                   |                 |           |   |    |    |     |      |        |
|--|-------------------|-----------------|-----------|---|----|----|-----|------|--------|
|  | Servicio auxiliar | Aire comprimido | Compresor | 1 | 50 | 50 | 730 | 8760 | 438000 |
|--|-------------------|-----------------|-----------|---|----|----|-----|------|--------|

|                 |                            |                 |               |       |       |       |        |         |            |
|-----------------|----------------------------|-----------------|---------------|-------|-------|-------|--------|---------|------------|
| 3 (400 V)       | Empaques                   | Impresión       | FL 15, 16, 18 | 3     | 37    | 111   | 455.98 | 5471.76 | 607365.36  |
|                 |                            |                 | Montadora     | 2     | 0.32  | 0.64  | 686    | 8232    | 5268.48    |
|                 |                            |                 | Ofru          | 1     | 32.6  | 32.6  | 455.98 | 5471.76 | 178379.376 |
|                 |                            | Laminación      | LA 04         | 1     | 7.9   | 7.9   | 647.8  | 7773.6  | 61411.44   |
|                 |                            |                 | LA 05         | 1     | 22.17 | 22.17 | 613.19 | 7358.28 | 163133.068 |
|                 | Refilado                   | RF 6, 7, 8, 11  | 4             | 2.44  | 9.76  | 505   | 6060   | 59145.6 |            |
|                 | Sellado y procesos finales | Sellado         | SE 30, SE 31  | 2     | 5.9   | 11.8  | 455    | 5460    | 64428      |
|                 | Fundas                     | Impresión       | FL 19         | 1     | 57    | 57    | 431.06 | 5172.72 | 294845.04  |
|                 | Servicio auxiliar          | Aire comprimido | Compresores   | 1     | 91    | 91    | 730    | 8760    | 797160     |
|                 | 5                          | Empaques        | Extrusión     | EX 01 | 1     | 40.8  | 40.8   | 700     | 8400       |
| EX 04           |                            |                 |               | 1     | 34.65 | 34.65 | 700    | 8400    | 291060     |
| EX 05           |                            |                 |               | 1     | 60.48 | 60.48 | 700    | 8400    | 508032     |
| EX 07           |                            |                 |               | 1     | 38.46 | 38.46 | 700    | 8400    | 323064     |
| EX 11           |                            |                 |               | 1     | 60.48 | 60.48 | 700    | 8400    | 508032     |
| Impresión       |                            |                 | FL 14         | 1     | 24.74 | 24.74 | 259.82 | 3117.84 | 77135.3616 |
| Laminación      |                            |                 | LA 03         | 1     | 9.6   | 9.6   | 581.14 | 6973.68 | 66947.328  |
| Refilado        |                            |                 | CM            | 2     | 0.27  | 0.54  | 99     | 1188    | 641.52     |
| Agua helada     | Chiller, bombas, torres    | 1               | 37            | 37    | 730   | 8760  | 324120 |         |            |
| En construcción | Empaques                   | Extrusión       | EX 12         | 1     | 120   | 120   | 700    | 8400    | 1008000    |
|                 |                            |                 | EX 13         | 1     | 472.5 | 472.5 | 700    | 8400    | 3969000    |

|   |              |                 |                         |   |       |       |       |        |           |
|---|--------------|-----------------|-------------------------|---|-------|-------|-------|--------|-----------|
| 8 | Termoformado | Termoformado    | TF 03                   | 1 | 13.88 | 13.88 | 50    | 600    | 8328      |
|   |              |                 | TF 04                   | 1 | 13.88 | 13.88 | 324.3 | 3891.6 | 54015.408 |
|   |              |                 | TF 06                   | 1 | 5.62  | 5.62  | 148.2 | 1778.4 | 9994.608  |
|   |              |                 | TF 07                   | 1 | 5.62  | 5.62  | 372.9 | 4474.8 | 25148.376 |
|   |              |                 | TF 08                   | 1 | 5.37  | 5.37  | 255.9 | 3070.8 | 16490.196 |
|   |              |                 | TF 09                   | 1 | 5.8   | 5.8   | 70.3  | 843.6  | 4892.88   |
|   |              |                 | TF 10                   | 1 | 5.8   | 5.8   | 438.8 | 5265.6 | 30540.48  |
|   |              |                 | TF 11(apagada)          | 1 | 0     | 0     |       | 0      | 0         |
|   |              |                 | TF 12                   | 1 | 8.7   | 8.7   | 419.1 | 5029.2 | 43754.04  |
|   |              | Agua helada     | Chiller, bombas, torres | 1 | 13.88 | 13.88 | 626   | 7512   | 104266.56 |
|   |              | Aire comprimido | Compresores             | 1 | 27.14 | 27.14 | 626   | 7512   | 203875.68 |
|   |              | Vacío           | Bomba de vacío          | 1 | 5.14  | 5.14  | 626   | 7512   | 38611.68  |



En la tabla 3 muestra en detalle la información referente a cada máquina, así:  
 La subestación de la cual se alimenta el equipo, el área a la que pertenece dentro de la empresa, el proceso que se realiza en el equipo, la cantidad de equipos de las mismas características, la potencia consumida por máquina, la cantidad total consumida (cuando hay más de un equipo de las mismas características), tiempo de horas de funcionamiento al mes, tiempo de uso del equipo al año, energía consumida al año.

La información recaudada mediante las mediciones realizadas en cada equipo, permitió estimar que el consumo de energía eléctrica en la empresa ALICO S.A es de **14.464.313,76 kWh/año**. Este valor constituye un resultado importante en el momento de implementar un sistema de gestión de la energía en una empresa, dado que, si lo que se busca es encontrar mecanismos de ahorro, ya se conoce la cifra que se debe mejorar.

En la tabla 4 se encuentran organizadas las máquinas por factor de multiplicidad (varias máquinas de la misma referencia) de mayor a menor consumo, esto con el propósito de identificar cuáles son las zonas o áreas de mayor consumo. La idea de esta organización, es identificar dichas zonas y de esta forma idear y definir métodos que permitan obtener un ahorro en cuanto al consumo energético.

En el mismo orden de ideas, en la tabla 5 se encuentran las máquinas por recurso individual (una máquina de una referencia específica) de mayor a menor consumo, de igual manera se clasificaron de esta forma con la idea de identificar cuáles son las máquinas con las que se debe empezar la implementación de medidas para obtener ahorros significativos.

Tabla 4. Máquinas de mayor consumo con factor de multiplicidad.

| SUBESTACIÓN | EQUIPO                  | ENERGÍA/AÑO [kWh] |
|-------------|-------------------------|-------------------|
| 6           | EX 13                   | 3.969.000         |
| 6           | EX 12                   | 1.008.000         |
| 3 (400 V)   | Compresores             | 797.160           |
| 3 (220V)    | Chinas                  | 727.380           |
| 2           | BO 02                   | 621.768           |
| 3 (400 V)   | FL 15, 16, 18           | 607.365,36        |
| 1           | BO 04                   | 545.244           |
| 5           | EX 05                   | 508.032           |
| 5           | EX 11                   | 508.032           |
| 3 (220V)    | Compresor               | 438.000           |
| 1           | BO 03                   | 406.728           |
| 3 (220V)    | Chiller, bombas, torres | 368.796           |
| 5           | EX 01                   | 342.720           |
| 5           | Chiller, bombas, torres | 324.120           |

|           |                         |              |
|-----------|-------------------------|--------------|
| 5         | EX 07                   | 323.064      |
| 3 (400 V) | FL 19                   | 294.845,04   |
| 5         | EX 04                   | 291.060      |
| 1         | FL 17                   | 268.418,556  |
| 1         | FL 13                   | 235.033,0944 |
| 2         | Chiller, bombas, torres | 234.768      |
| 8         | Compresores             | 203.875,68   |
| 3 (400 V) | Ofru                    | 178.379,376  |
| 3 (400 V) | LA 05                   | 163.133,0676 |
| 3 (220V)  | Zenner                  | 105.494,4    |
| 8         | Chiller, bombas, torres | 104.266,56   |
| 2         | Corrugadoras            | 95.122,56    |
| 3 (220V)  | Insertadoras            | 94.785,6     |
| 5         | FL 14                   | 77.135,3616  |
| 5         | LA 03                   | 66.947,328   |
| 3 (400 V) | SE 30, SE 31            | 64.428       |
| 3 (400 V) | LA 04                   | 61.411,44    |
| 3 (400 V) | RF 6, 7, 8, 11          | 59.145,6     |
| 8         | TF 04                   | 54.015,408   |
| 3 (220V)  | Refiladoras             | 50.375,52    |
| 8         | TF 12                   | 43.754,04    |
| 8         | Bomba de vacío          | 38.611,68    |
| 3 (220V)  | LA 02                   | 35.405,28    |
| 8         | TF 10                   | 30.540,48    |
| 8         | TF 07                   | 25.148,376   |
| 8         | TF 08                   | 16.490,196   |
| 2         | Revisora                | 16.204,8     |
| 8         | TF 06                   | 9.994,608    |
| 3 (220V)  | SEM                     | 9.849,6      |
| 8         | TF 03                   | 8.328        |
| 3 (220V)  | SEM AUTO                | 7.879,68     |
| 3 (400 V) | Montadora               | 5.268,48     |
| 8         | TF 09                   | 4.892,88     |
| 3 (220V)  | SPM                     | 4596.48      |
| 2         | EX 3                    | 3.109,3368   |
| 3 (220V)  | Montadora               | 2.634,24     |
| 2         | EX 6                    | 2.086,494    |
| 1         | Montadora               | 827,6352     |
| 5         | CM                      | 641,52       |
| 2         | FL 11(apagada)          | 0            |
| 8         | TF 11(apagada)          | 0            |

Tabla 5. Máquinas de mayor consumo por recurso individual.

| SUBESTACIÓN | EQUIPO                  | ENERGÍA/AÑO [kWh] |
|-------------|-------------------------|-------------------|
| 6           | EX 13                   | 3.969.000         |
| 6           | EX 12                   | 1.008.000         |
| 3 (400 V)   | Compresores             | 797.160           |
| 2           | BO 02                   | 621.768           |
| 1           | BO 04                   | 545.244           |
| 5           | EX 05                   | 508.032           |
| 5           | EX 11                   | 508.032           |
| 3 (220V)    | Compresor               | 438.000           |
| 1           | BO 03                   | 406.728           |
| 3 (220V)    | Chiller, bombas, torres | 368.796           |
| 5           | EX 01                   | 342.720           |
| 5           | Chiller, bombas, torres | 324.120           |
| 5           | EX 07                   | 323.064           |
| 3 (400 V)   | FL 19                   | 294.845,04        |
| 5           | EX 04                   | 291.060           |
| 1           | FL 17                   | 268.418,556       |
| 1           | FL 13                   | 235.033,0944      |
| 2           | Chiller, bombas, torres | 234.768           |
| 8           | Compresores             | 203.875,68        |
| 3 (400 V)   | FL 15, 16, 18           | 202.455,12        |
| 3 (400 V)   | Ofru                    | 178.379,376       |
| 3 (400 V)   | LA 05                   | 163.133,0676      |
| 8           | Chiller, bombas, torres | 104.266,56        |
| 5           | FL 14                   | 77.135,3616       |
| 5           | LA 03                   | 66.947,328        |
| 3 (400 V)   | LA 04                   | 61.411,44         |
| 8           | TF 04                   | 54.015,408        |
| 3 (220V)    | Chinas                  | 48.492            |
| 8           | TF 12                   | 43.754,04         |
| 8           | Bomba de vacío          | 38.611,68         |
| 3 (220V)    | LA 02                   | 35.405,28         |
| 3 (400 V)   | SE 30, SE 31            | 32.214            |
| 8           | TF 10                   | 30.540,48         |
| 8           | TF 07                   | 25.148,376        |
| 2           | Corrugadoras            | 23.780,64         |
| 8           | TF 08                   | 16.490,196        |

|           |                |            |
|-----------|----------------|------------|
| 3 (400 V) | RF 6, 7, 8, 11 | 14.786,4   |
| 3 (220V)  | Refiladoras    | 12.593,88  |
| 8         | TF 06          | 9.994,608  |
| 3 (220V)  | Zenner         | 9.590,4    |
| 8         | TF 03          | 8.328      |
| 3 (220V)  | Insertadoras   | 7.291,2    |
| 8         | TF 09          | 4.892,88   |
| 2         | EX 3           | 3.109,3368 |
| 3 (400 V) | Montadora      | 2.634,24   |
| 2         | EX 6           | 2.086,494  |
| 2         | Revisora       | 2.025,6    |
| 3 (220V)  | Montadora      | 1.317,12   |
| 1         | Montadora      | 827,6352   |
| 3 (220V)  | SEM            | 656,64     |
| 3 (220V)  | SEM AUTO       | 656,64     |
| 3 (220V)  | SPM            | 656,64     |
| 5         | CM             | 320,76     |
| 2         | FL 11(apagada) | 0          |
| 8         | TF 11(apagada) | 0          |

## 6.2.2 CLASIFICACIÓN POR USO DE ENERGÍA

Inicialmente, partiendo de la Tabla 4 se seleccionaron 10 equipos especificados que corresponden a los mayores consumidores. Siguiendo los lineamientos de la metodología, se clasificó para cada máquina la forma en que usa la energía en la empresa Alico S.A. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Uso de la energía en máquinas.

| Equipo clave | S/E      | Área                       | Proceso         | Consumo /año [kWh] | Concepto energético |                      |        |               |         |
|--------------|----------|----------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------|---------------|---------|
|              |          |                            |                 |                    | Aire comprimido     | Transmisión mecánica | Motriz | Refrigeración | Térmica |
| EX 13        | 6        | Empaques                   | Extrusión       | 3.969.000          | Si                  | Si                   | Si     | Si            | Si      |
| EX 12        | 6        | Empaques                   | Extrusión       | 1.008.000          | Si                  | Si                   | Si     | Si            | Si      |
| Compresores  | 3 (400V) | Servicio auxiliar          | Aire comprimido | 797.160            | No                  | Si                   | Si     | No            | No      |
| Chinas       | 3 (220V) | Sellado y procesos finales | Sellado         | 727.380            | Si                  | Si                   | Si     | Si            | Si      |

|                      |          |                      |                    |           |    |    |    |    |    |
|----------------------|----------|----------------------|--------------------|-----------|----|----|----|----|----|
| <b>BO 02</b>         | 2        | Fundas               | Extrusión          | 621.768   | Si | Si | Si | Si | Si |
| <b>FL 15, 16, 18</b> | 3(400V)  | Empaque<br>s         | Impresión          | 607.365,3 | Si | Si | Si | Si | Si |
| <b>BO 04</b>         | 1        | Fundas               | Extrusión          | 545.244   | Si | Si | Si | Si | Si |
| <b>EX 05</b>         | 5        | Empaque<br>s         | Extrusión          | 508.032   | Si | Si | Si | Si | Si |
| <b>EX 11</b>         | 5        | Empaque<br>s         | Extrusión          | 508.032   | Si | Si | Si | Si | Si |
| <b>Compresor</b>     | 3 (220V) | Servicio<br>auxiliar | Aire<br>comprimido | 438.000   | No | Si | Si | No | No |

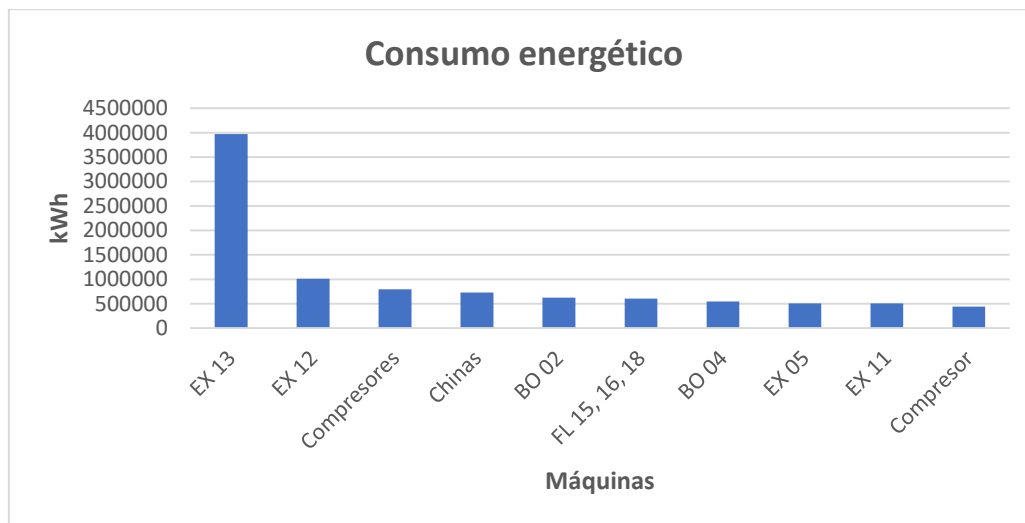


Fig. 2. Máquinas de mayor consumo energético.

### 6.2.3 DIAGNÓSTICO POR USO DE AIRE COMPRIMIDO

Dentro de los recursos energéticos de la empresa, se identifica que el aire comprimido es uno de gran importancia, dado que, finalmente este consumo se ve reflejado en el consumo eléctrico. Siendo este un servicio auxiliar, se realizó un paneo general sobre las máquinas que hacen uso de este y su forma de empleo, es decir, de manera cíclica o no cíclica (Ver Tabla 5).

Ahora bien, en el momento que se vaya a implementar definitivamente un sistema de gestión de la energía en la empresa ALICO S.A, además de esta información, también se debe recaudar otra información valiosa que permitiría consolidar mucho mejor los mecanismos de ahorro. Esta información puede ser: necesidad de presión en la máquina, forma operativa particular de los compresores, entre otros.

Finalmente, la importancia de este diagnóstico energético, radica en que se cuenta con un punto de partida en cuanto al consumo general de la empresa y por ende, permitirá establecer metas, mecanismos y acciones en el momento de implementar de forma definitiva un sistema de gestión de la energía en la empresa.

Tabla 7. Uso de aire comprimido

| EQUIPO         | CICLICO | NO<br>CICLICO |
|----------------|---------|---------------|
| EX 13          |         | X             |
| EX 12          |         | X             |
| Chinas         | X       |               |
| BO 02          |         | X             |
| FL 15, 16, 18  | X       |               |
| BO 04          |         | X             |
| EX 05          |         | X             |
| EX 11          |         | X             |
| BO 03          |         | X             |
| EX 01          |         | X             |
| EX 07          |         | X             |
| FL 19          | X       |               |
| EX 04          |         |               |
| FL 17          |         | X             |
| FL 13          |         | X             |
| Ofru           |         | X             |
| LA 05          |         | X             |
| Zenner         | X       |               |
| Corrugadoras   | X       |               |
| Insertadoras   | X       |               |
| FL 14          | X       |               |
| LA 03          |         | X             |
| SE 30, SE 31   | X       |               |
| LA 04          |         | X             |
| RF 6, 7, 8, 11 |         | X             |
| TF 04          | X       |               |
| Refiladoras    |         | X             |
| TF 12          | X       |               |
| LA 02          |         | X             |
| TF 10          | X       |               |
| TF 07          | X       |               |
| TF 08          | X       |               |
| Revisora       |         | X             |
| TF 06          | X       |               |
| SEM            | X       |               |
| TF 03          | X       |               |
| SEM AUTO       | X       |               |

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| Montadora      | X |   |
| TF 09          | X |   |
| SPM            | X |   |
| EX 3           |   | X |
| Montadora      | X |   |
| EX 6           |   | X |
| Montadora      | X |   |
| CM             | X |   |
| FL 11(apagada) |   | X |
| TF 11(apagada) | X |   |

En la tabla 7 se hace referencia a los mecanismos: cíclico y no cíclico: el mecanismo cíclico, es aquel en el que algunos sistemas de las máquinas encuentran temporizados para efectuar determinado movimiento de manera repetitiva, mientras que el no cíclico depende de una condición de operación específica, como lo son las pistolas o pedales de aire.

A modo de aclaración, al igual que el aire comprimido, los demás conceptos energéticos que aparecen en la tabla 6, son de gran importancia en el proceso productivo y evidentemente estos se ven reflejados en el consumo eléctrico de la empresa, pero, en este caso, se decidió hacer mención únicamente del aire comprimido, puesto que, todos los elementos que lo generan (compresores), tienen instalados dispositivos de monitoreo, y por lo tanto, facilita en gran medida hacer un análisis del consumo eléctrico en cada uno de ellos.

### 6.3 LEVANTAMIENTO LÍNEA BASE

Por parte del departamento de producción, se tiene la siguiente información acerca del material procesado durante un año, discriminado mes a mes, donde:

$$\text{Procesado} = \text{Desperdicio} + \text{Producción}$$

Tabla 8. Datos de material procesado en un año

| Kg<br>Mes | Producción | Desperdicio | Procesado     |
|-----------|------------|-------------|---------------|
| sep-17    | 316.409    | 33111       | <b>349520</b> |
| oct-17    | 291.267    | 17710       | <b>308977</b> |
| nov-17    | 264895     | 25236       | <b>290131</b> |
| dic-17    | 212159     | 16925       | <b>229084</b> |
| ene-18    | 199259     | 48033       | <b>247292</b> |
| feb-18    | 312352     | 36229       | <b>348581</b> |

|               |        |       |               |
|---------------|--------|-------|---------------|
| <b>mar-18</b> | 349191 | 34422 | <b>383613</b> |
| <b>abr-18</b> | 316483 | 33556 | <b>350039</b> |
| <b>may-18</b> | 312300 | 37398 | <b>349698</b> |
| <b>jun-18</b> | 340043 | 40359 | <b>380402</b> |
| <b>jul-18</b> | 327040 | 33622 | <b>360662</b> |
| <b>ago-18</b> | 334617 | 40486 | <b>375104</b> |
| <b>sep-18</b> | 335466 | 37223 | <b>372689</b> |
| <b>oct-18</b> | 344143 | 46058 | <b>390201</b> |

Tabla 9. Potencia promedio durante cada mes

| <b>Mes</b> | <b>Potencia [kW]</b> |
|------------|----------------------|
| sep-17     | 120,21               |
| oct-17     | 118,63               |
| nov-17     | 108,16               |
| dic-17     | 77,04                |
| ene-18     | 84,35                |
| feb-18     | 117,20               |
| mar-18     | 116,13               |
| abr-18     | 106,55               |
| may-18     | 89,83                |
| jun-18     | 130,32               |
| jul-18     | 123,31               |
| ago-18     | 120,63               |
| sep-18     | 123,78               |



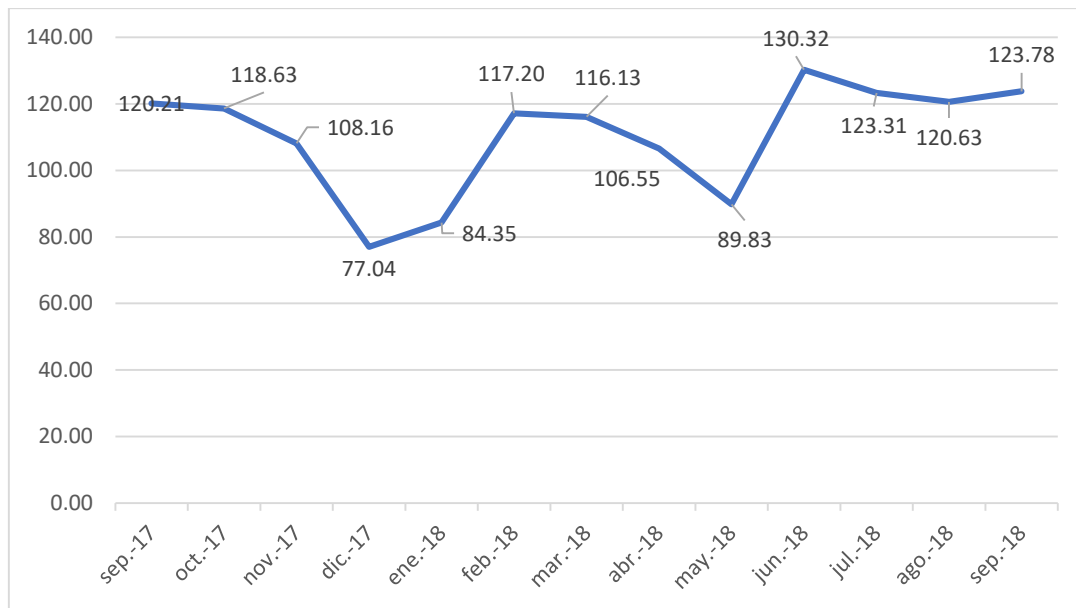


Fig.3. Potencia promedio vs tiempo

Tabla 10. Energía promedio durante cada mes

| Mes    | Energía [kWh] |
|--------|---------------|
| sep-17 | 86.549,32     |
| oct-17 | 85.414,91     |
| nov-17 | 77.874,12     |
| dic-17 | 55.472,21     |
| ene-18 | 60.730,42     |
| feb-18 | 84.384,78     |
| mar-18 | 83.614,14     |
| abr-18 | 76.715,60     |
| may-18 | 64.674,16     |
| jun-18 | 93.829,17     |
| jul-18 | 88.780,07     |
| ago-18 | 86.850,89     |
| sep-18 | 89.122,85     |

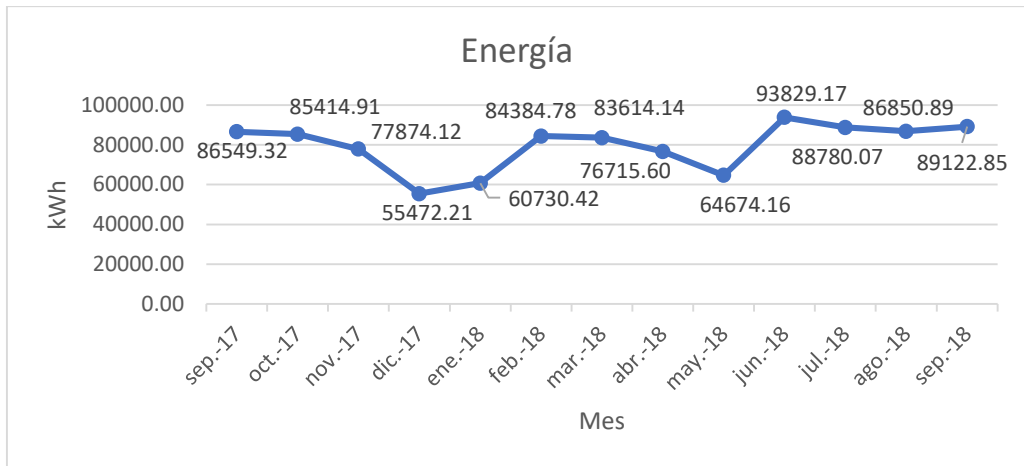


Fig. 4. Energía promedio vs tiempo

Con la información anterior es posible calcular el consumo específico de energía (CEE), el cual permite construir la línea base del consumo de energía en la Extrusora 12, así:

$$CEE = \frac{\text{Energía [kWh]}}{\text{Procesado [kg]}}$$

Tabla 11. CEE durante cada mes

|        | Energía [kWh] | Procesado[kg] | CEE[kWh/kg] |
|--------|---------------|---------------|-------------|
| sep-17 | 86.549,32     | 349.520       | 0,248       |
| oct-17 | 85.414,91     | 308.977       | 0,276       |
| nov-17 | 77.874,12     | 290.131       | 0,268       |
| dic-17 | 55.472,21     | 229.084       | 0,242       |
| ene-18 | 60.730,42     | 247.292       | 0,246       |
| feb-18 | 84.384,78     | 348.581       | 0,242       |
| mar-18 | 83.614,14     | 383.613       | 0,218       |
| abr-18 | 76.715,60     | 350.039       | 0,219       |
| may-18 | 64.674,16     | 349.698       | 0,185       |
| jun-18 | 93.829,17     | 380.402       | 0,247       |
| jul-18 | 88.780,07     | 360.662       | 0,246       |
| ago-18 | 86.850,89     | 375.104       | 0,232       |
| sep-18 | 89.122,85     | 372.689       | 0,239       |

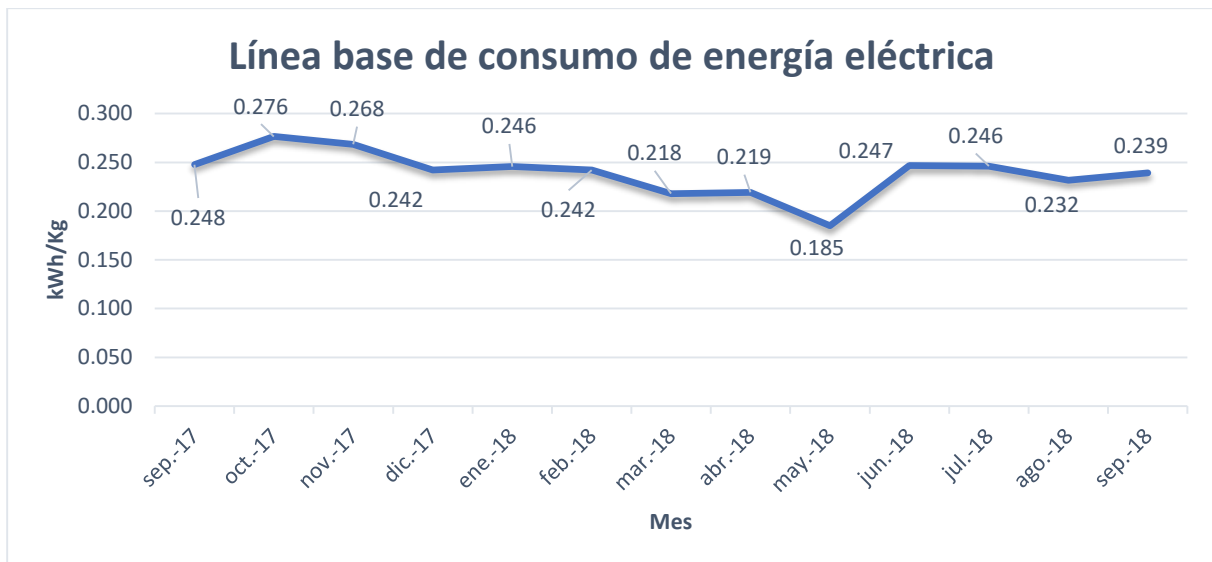


Fig. 5. Línea base – kWh/kg

La anterior gráfica es la línea base de consumo de energía eléctrica por kilogramo de material procesado.

Esta línea base es importante en el esquema productivo de esta corporación, puesto que, permite conocer cuanta cantidad de energía eléctrica se consume para producir un kilogramo de material procesado, además, esta línea base puede tomarse como la primera columna en el momento de plantear un indicador de eficiencia energética, pues, se tendría una referencia para comparar y proyectar, el momento en que se pueda procesar más material con la misma energía o la misma cantidad de material con menos energía.

Otro aspecto importante de la construcción de la línea base, es que conociendo el comportamiento de la misma durante un periodo específico, es posible identificar cuándo una máquina está consumiendo mayor cantidad de energía para efectuar un mismo proceso, lo que puede ser señal de que se requiere un mantenimiento o puede presentarse alguna eventualidad que necesita ser revisada.

## 6.4 REDISEÑO DE ILUMINACIÓN

### 6.4.1 Diagnóstico en la iluminación

Se decidió hacer un rediseño de iluminación en las diferentes bodegas de la empresa ALICO S.A, dado que, en la actualidad gran parte de la iluminación se encuentra mal ubicada, lo cual constituye un problema considerable, esto es debido a que no se cumplen los niveles de iluminancia, uniformidad y deslumbramiento exigidos por el RETILAP y además, se generan consumos innecesarios de energía eléctrica al estar iluminando zonas que realmente ameritan menos iluminación o que requieren iluminación únicamente en momentos específicos (no de manera permanente).

A continuación, se presentan los resultados de las medidas de la intensidad lumínica realizada con el luxómetro, además, el estado actual de la iluminación y la propuesta de diseño, esto para cada bodega.

## 6.4.2 BODEGA 1

### 6.4.2.1 Iluminancia en zonas de trabajo.

En la figura 6 se muestran las respectivas medidas tomadas con el luxómetro en los diferentes puestos de trabajo de esta área.



Fig. 6. Iluminancia en zonas de trabajo

Tabla 12. Iluminancia en zonas de trabajo

| Bodega 1        |                   |
|-----------------|-------------------|
| Zona de trabajo | Iluminancia en lx |
| 1               | 284               |
| 2               | 256               |
| 3               | 162               |

Al comparar lo obtenido en las diferentes medidas con lo estipulado en el RETILAP, se observa que ninguno de estos puestos de trabajo cumple con el valor medio de iluminancia exigido en la norma (500 luxes).

### 6.4.2.2 ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN

En la figura 7 se observa con claridad algunas de las falencias que presenta la iluminación en la bodega 1.

La principal problemática con la iluminación actual es: esta se instaló sin considerar el hecho de que en algunos puntos específicos se requiere un buen nivel de iluminación, además, muchas de las luminarias se encuentran sobrepuestas e inclinadas, lo cual impide que el flujo luminoso se aproveche al máximo.

Por otro lado, en esta bodega no se encontró ninguna luminaria en mal estado.



Fig. 7. Iluminación en diferentes zonas de la bodega 1

### 6.4.2.3 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PROPUESTO

En las figuras 8, 9 y 10 se observa el nuevo diseño de iluminación, la distribución de las luminarias en la bodega 1 permite que en cada puesto de trabajo y en las zonas de circulación se cuente con los valores de iluminancia exigidos por la norma.

En la figura 11 se muestra el plano útil de la bodega y se muestra el promedio de la iluminancia en toda la zona (74.1 luxes), pero, más adelante se observará que este promedio no es definitivo, dado que la simulación incluye en este promedio algunos puntos que no están iluminados.



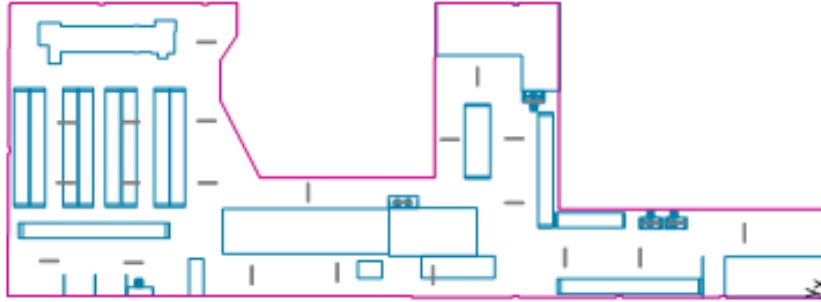
Fig. 8. Vista de planta bodega 1



Fig. 9. Vista de "lateral" bodega 1



Fig. 10. Vista interior bodega 1



Plano útil 1: Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)  
 Escena de luz: Escena de luz 1  
 Media: 74.1 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 0.00 lx, Max: 387 lx, MÍN./medio: 0.00, MÍN./máx.: 0.00  
 Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m

Fig.11. Esquema del plano útil bodega 1

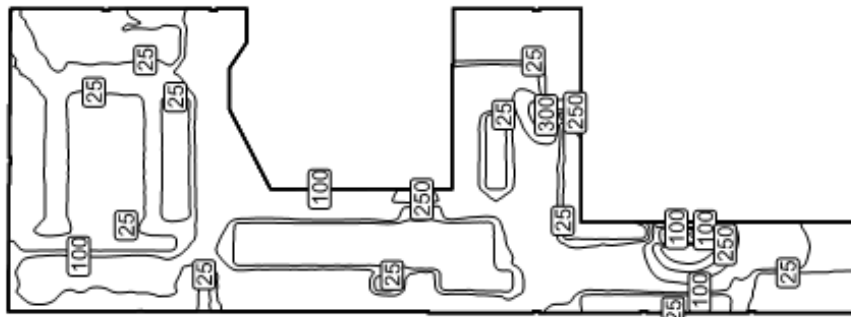


Fig.12. Diagrama isolíneas (lx)

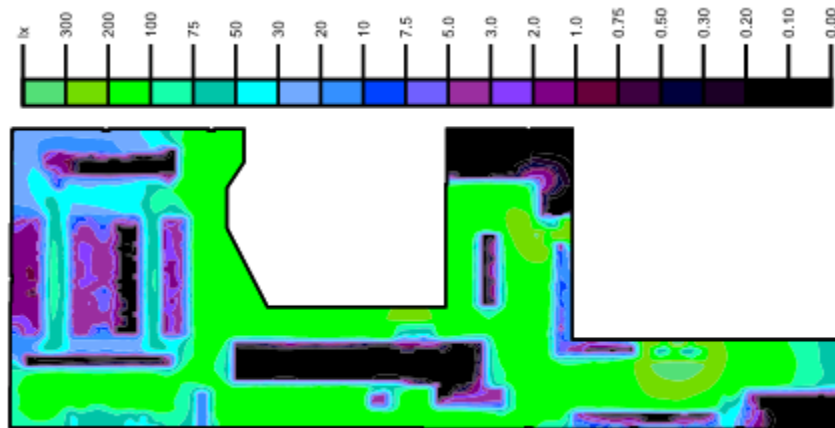


Fig. 13. Diagrama de colores falsos (lx)

En el diagrama de las isolíneas (figura 12) se observa la variación de la cantidad de luxes en cada zona del área iluminada, mientras que el diagrama de colores falsos (figura 13) muestra con mayor claridad lo que realmente está sucediendo con la iluminación en cada zona. En este caso, se observa que las zonas que se encuentran en color “verde intenso” están entre 100 luxes y 200 luxes, lo cual es un valor adecuado, dado que la norma exige un promedio de 100 luxes para zonas de circulación.



Para esta bodega, en cada zona de trabajo se garantizarán 500 luxes según lo estipula la norma. A continuación se muestran las imágenes de los resultados obtenidos mediante la simulación.

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 33.0%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie     | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 3 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 1.120 m, Zona marginal: 0.000 m | 537 (≥ 500)     | 409 | 617 | 0.76       | 0.66      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 33.0%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie     | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 4 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m | 539 (≥ 500)     | 383 | 590 | 0.71       | 0.65      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 33.0%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie     | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 5 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m | 530 (≥ 500)     | 461 | 616 | 0.87       | 0.75      |

Fig.14. Resultados de iluminancia en zonas de trabajo 1, 2, 3.

### 6.4.3 BODEGA 3

#### 6.4.3.1 Iluminancia en zonas de trabajo.

La figura 15 muestra las respectivas medidas tomadas con el luxómetro en los diferentes puestos de trabajo de esta área.







Fig.15. Iluminancia en puestos de trabajo

Tabla 13. Iluminancia en zonas de trabajo

| <b>Bodega 3</b>        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| <b>Zona de trabajo</b> | <b>Iluminancia en lx</b> |
| 1                      | 188,9                    |
| 2                      | 233                      |
| 3                      | 84,7                     |
| 4                      | 96,2                     |

### 6.4.3.2 ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN

En la figura 16 se observa con claridad algunas de las falencias que presenta la iluminación en la bodega 3.

La principal problemática con la iluminación actual, es que esta fue instalada sin considerar que posteriormente por debajo de ella cruzarían otros elementos, como son: ductos de aire acondicionado, tuberías y otras estructuras.

En esta bodega no se encontraron luminarias ni tubos led en mal estado.



Fig.16. Iluminación en diferentes zonas de la bodega 3

### 6.4.3.3 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PROPUESTO

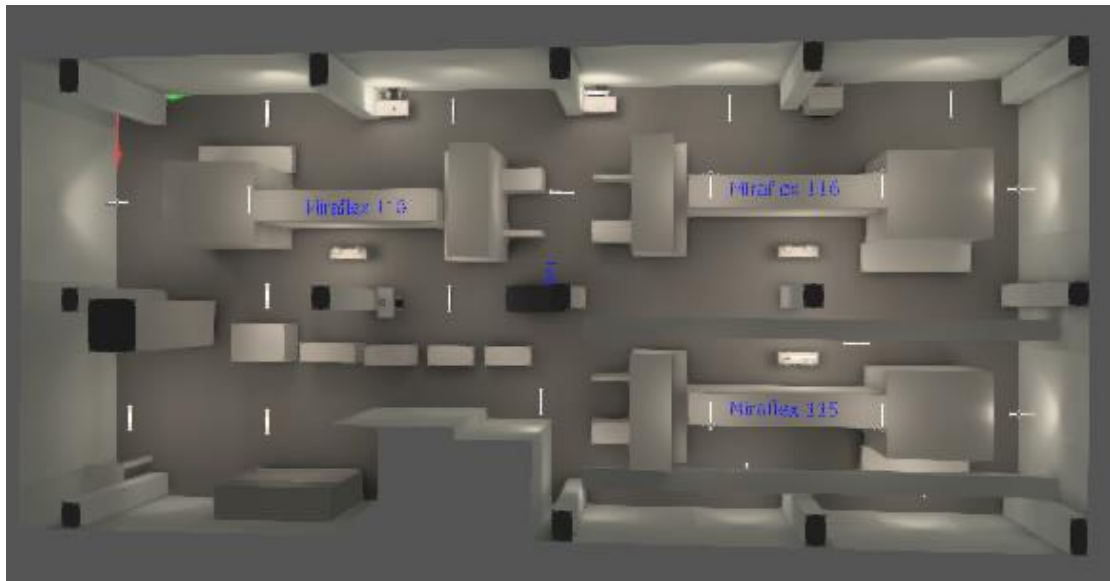


Fig.17. Vista de planta bodega 3



Fig.18. Vista "lateral" bodega 3

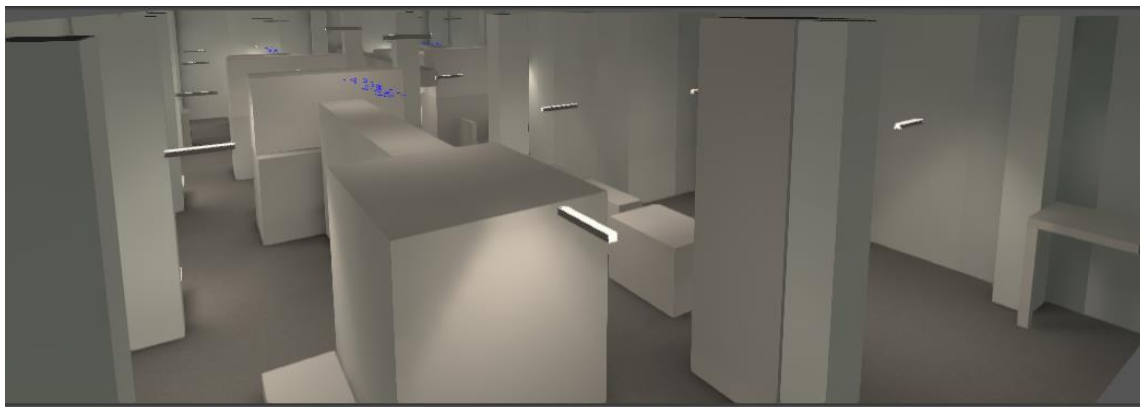
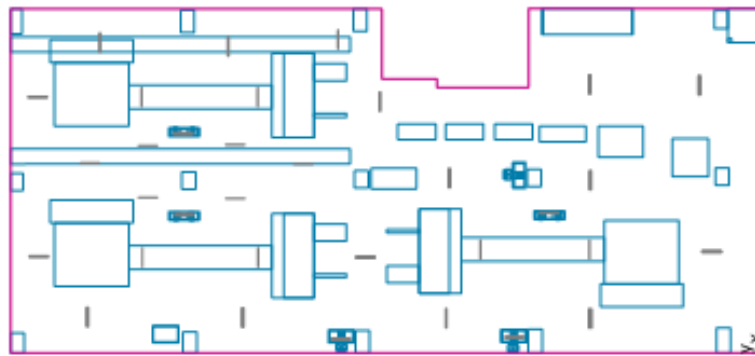


Fig.19. Vista interior bodega 3

En las figuras 17, 18 y 19 se observa el nuevo diseño de iluminación, la distribución de las luminarias en la bodega 3 permite que en cada puesto de trabajo y en las zonas de circulación se cuente con los valores de iluminancia exigidos por la norma.

En la figura 20 se muestra el plano útil de la bodega y se muestra el promedio de la iluminancia en toda la zona (125 luxes), igual que en el caso de la bodega 1, este

promedio puede verse afectado por que hay algunas zonas que no se encuentran iluminadas.



Plano útil 1: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)  
Escena de luz: Escena de luz 1  
Media: 125 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 0.00 lx, Max: 653 lx, Mín./medio: 0.00, Mín./máx.: 0.00  
Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m

Fig.20. Esquema del plano útil bodega 3

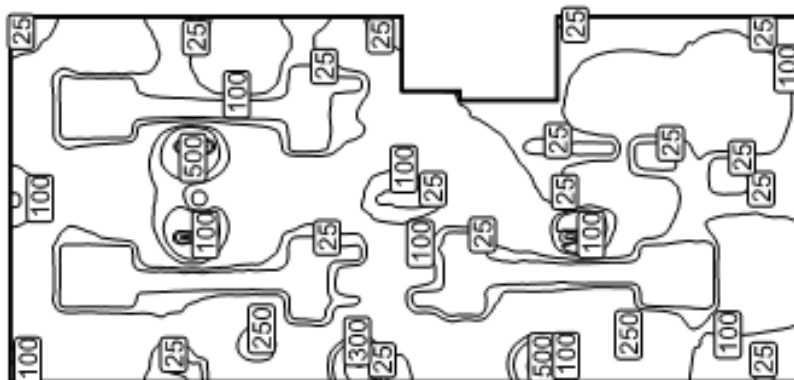


Fig.21. Diagrama isocintas (lx)

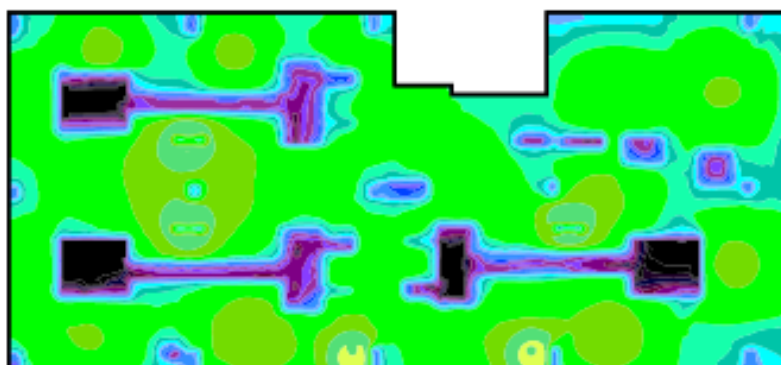
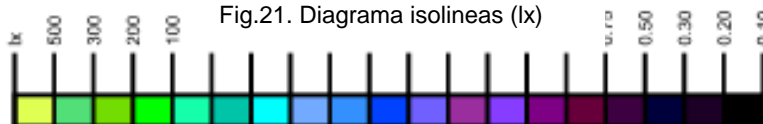


Fig.22. Diagrama colores falsos (lx)

En el diagrama de las isocintas (figura 21) se observa la variación de la cantidad de luxes en cada zona del área iluminada, mientras que el diagrama de colores falsos (figura22) muestra con mayor claridad lo que realmente está sucediendo con la

iluminación en cada zona. En este caso, se observa que las zonas que se encuentran en color “verde intenso” están entre 100 luxes y 200 luxes, lo cual es un valor adecuado, dado que la norma exige un promedio de 100 luxes para zonas de circulación. Además se observan unos puntos oscuros, estos representan la parte superior de algunas máquinas, las cuales no requieren una iluminación permanente.

Para esta bodega, en cada zona de trabajo se garantizarán 500 luxes según lo estipula la norma. A continuación se muestran las imágenes de los resultados obtenidos mediante la simulación.

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 22.6%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie      | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|-----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 41 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.000 m | 562 (≥ 500)     | 468 | 632 | 0.83       | 0.74      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 22.6%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie      | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|-----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 42 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.000 m | 573 (≥ 500)     | 450 | 659 | 0.79       | 0.68      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 22.6%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie      | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|-----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 43 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.000 m | 552 (≥ 500)     | 443 | 631 | 0.80       | 0.70      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 22.6%, Factor de degradación: 0.80

**Plano útil**

| Superficie      | Resultado   | Media (Nominal) | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|-----------------|---|-----------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 44 | Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m | 524 (≥ 500)     | 371 | 599 | 0.71       | 0.62      |

Fig.23. Resultados de iluminancia en zonas de trabajo 1, 2, 3, 4

## 6.4.4 BODEGA 4 – PISO 2

### 6.4.4.1 Iluminancia en zonas de trabajo

En la figura 24 se muestran las respectivas medidas tomadas con el luxómetro en los diferentes puestos de trabajo de esta área.



Fig. 24. Iluminancia en puestos de trabajo

Tabla 14. Iluminancia en zonas de trabajo

| <b>Bodega 4 -Piso 2</b> |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| <b>Zona de trabajo</b>  | <b>Iluminancia en lx</b> |
| 1                       | 494                      |
| 2                       | 472                      |

#### 6.4.4.2 ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN

En la figura 25 se observa la disposición de las luminarias en la bodega 4. En este caso, no se observan luminarias en mal estado, además, es evidente que la iluminación existente es excesiva, dado que, al efectuar medidas en las diferentes zonas de circulación se obtuvieron valores por encima de los 500 lx, mientras que, en las diferentes zonas de trabajo, algunas cumplen y otras no. Es decir, se está garantizando una iluminancia muy alta en lugares que no lo requiere, además, en esta bodega se cuenta con un aporte de luz natural en el día debido a la existencia de un ventanal en una de las paredes que conforman la bodega.

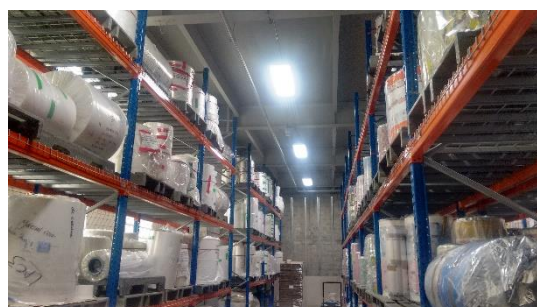


Fig.25. Iluminación en diferentes zonas de la bodega 4



### 6.4.4.3 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PROPUESTO



Fig.26. Vista de planta bodega 4



Fig.27. Vista "lateral" bodega 4



Fig.28. Vista interior bodega 4

En la figura 29 se muestra el plano útil de la bodega 4 y se muestra el promedio de la iluminancia en toda la zona (176 luxes), igual que en el caso de la bodega 1 y 3, este promedio puede verse afectado por que hay algunas zonas que no se encuentran iluminadas.

Es importante señalar que, en esta zona la iluminación tiene una particularidad, y es que con el propósito de ser lo más eficiente posible, el diseño se hizo de manera que cada máquina contara con una iluminación localizada, de manera que si en algún momento las máquinas se ubican en otro lugar, estas sigan cumpliendo con la iluminación requerida. Además, también se hizo una distribución de iluminación general, con la idea de garantizar los 100 luxes exigidos por la norma en zonas de circulación.



Plano útil 1: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)  
Escena de luz: Escena de luz 1  
Media: 176 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 0.006 lx, Max: 553 lx, Mín./medio: 0.000, Mín./máx.: 0.000  
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m

Fig.29. Vista interior bodega 4

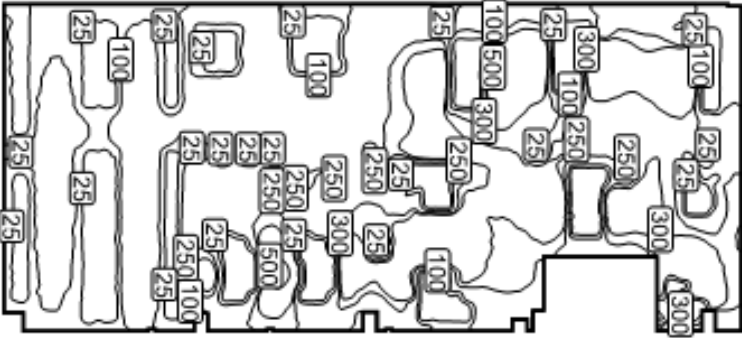


Fig.30. Diagrama isolineas (lx)

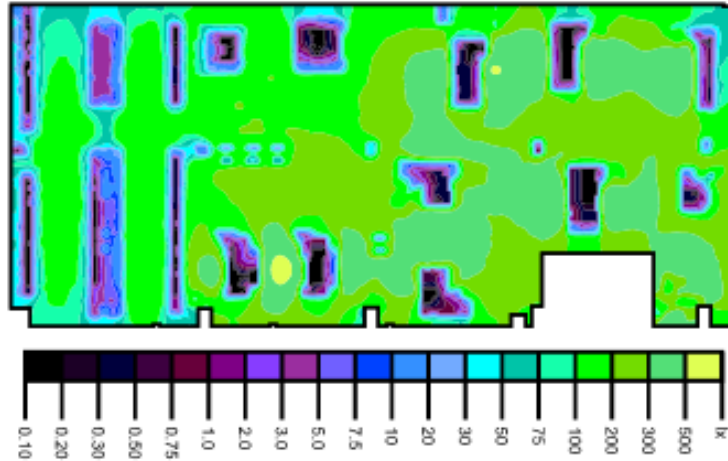


Fig.31. Diagrama colores falsos (lx)

El Diagrama de las isolíneas (figura 30) muestra las líneas de nivel de iluminancia, en este se observan algunos valores bajos que no afectan para nada el promedio general, dado que, son zonas que se encuentran a nivel de piso al lado de algunas estanterías; por otro lado, la figura 31 (diagrama de colores falsos) muestra el comportamiento de la cantidad de luxes en unos rangos establecidos, y es evidente que la zona de circulación general de la bodega cumple con los valores establecidos por la norma, ya que, este diagrama muestra que los rangos en los que se mueve la iluminación general son: entre 100 luxes - 200 luxes y entre 200 luxes y 300 luxes.

La figura 32 muestra los valores obtenidos para las zonas de trabajo de esta bodega después del modelamiento. Se observa que bajo el rediseño se garantiza la iluminación requerida en cada uno de estos puestos.

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 59.0%, Factor de degradación: 0.80

#### Plano útil

| Superficie     | Resultado   | Media (Nominal)    | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|----------------|---|--------------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 4 | Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 0.900 m, Zona marginal: 0.000 m | 566 ( $\geq 500$ ) | 420 | 691 | 0.74       | 0.61      |

Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 0.0%, Suelo 59.0%, Factor de degradación: 0.80

#### Plano útil

| Superficie     | Resultado   | Media (Nominal)    | Min | Max | Min./medio | Min./máx. |
|----------------|---|--------------------|-----|-----|------------|-----------|
| 1 Plano útil 5 | Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]<br>Altura: 0.900 m, Zona marginal: 0.000 m | 580 ( $\geq 500$ ) | 421 | 700 | 0.73       | 0.60      |

Fig.32. Resultados de iluminancia en zonas de trabajo 1, 2



#### 6.4.5 DISEÑO BODEGA 6 – VAREX

Además de hacer los rediseños de iluminación en las diferentes bodegas de la empresa ALICO S.A, también se decidió incluir el diseño de iluminación de una nueva máquina que será instalada en la empresa.

Ahora bien, en este diseño se conservó la misma filosofía bajo la cual se vinieron desarrollando los demás rediseños, la cual es: garantizar los niveles de iluminación adecuados en cada zona definida y ser lo más eficiente posible en este propósito.

A continuación se observan las imágenes del diseño de iluminación de la VAREX.



Fig.33. Vista "lateral" máquina VAREX



Fig.34. Vista frontal máquina VAREX

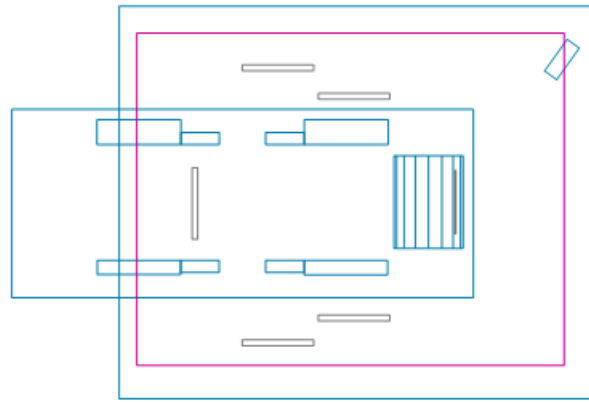


Fig.35. Vista "inferior" máquina VAREX



Fig.36. Vista "lateral" máquina VAREX

En este diseño se definieron algunas zonas de trabajo, de circulación y algunas zonas de inspección y montaje; para cada una de estas zonas se garantiza el nivel de iluminancia exigido por el RETILAP.



Plano útil 9: Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)  
 Escena de luz: Escena de luz 1  
 Media: 240 lx (Nominal:  $\geq 500$  lx), Min: 90.4 lx, Max: 402 lx, Min./medio: 0.38, Min./máx.: 0.22  
 Altura: 4.400 m, Zona marginal: 0.000 m

Fig.37. Esquema del plano útil máquina VAREX

En la figura 37 se muestra el plano útil de la bodega 6 y se muestra el promedio de la iluminancia en toda la zona (240 luxes), esta zona es la señalada en Fig.33 y Fig.34 mediante una flecha azul (es una zona donde no se ejecutan labores prolongadas), igual que en el caso de la bodega 1, este promedio puede verse afectado por que hay algunas zonas que no se encuentran iluminadas.

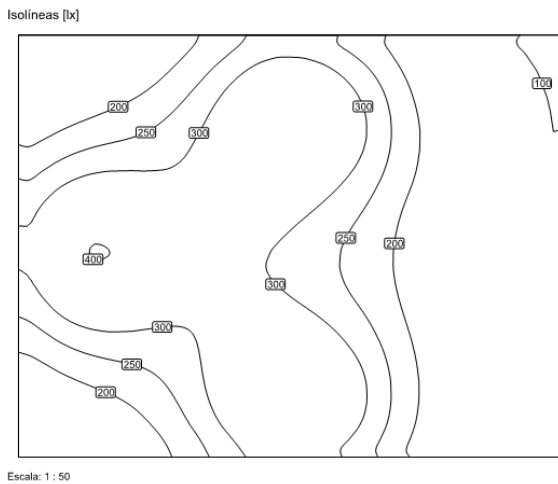


Fig.38. Diagrama de isocintas

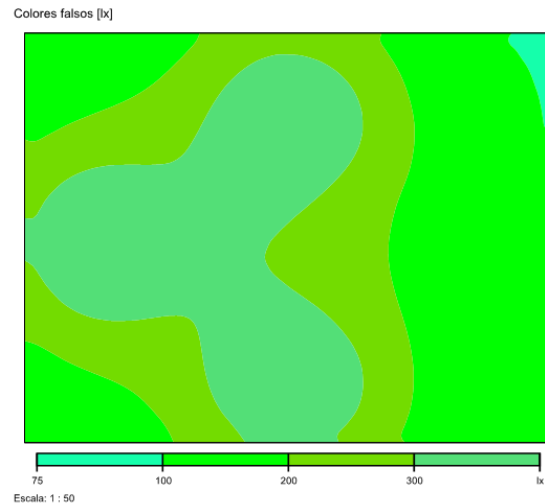


Fig.39. Diagrama de colores falsos

En la figura 38 se observa el comportamiento de la cantidad de luxes en cada área, en este caso es evidente que los valores están por encima de los valores medios establecidos por la norma (100 luxes), por lo tanto se está cumpliendo la normatividad para este tipo de zonas. Por otra parte, el diagrama de colores falsos (figura 35) muestra que algunos puntos se encuentran más calientes, pero existe uniformidad en la zona, a pesar de existir un pequeño “efecto cebra”.

## 7 CONCLUSIONES

- Como se percibe en el desarrollo del trabajo, un diagnóstico energético brinda información relevante acerca de cómo se está consumiendo la energía en una empresa y los principales responsables de este consumo.
- De igual forma, fue posible comprender la importancia que tiene la creación de un sistema de gestión de energía en una empresa y lo que representa la construcción de un diagnóstico energético para tal propósito, puesto que, este establece una referencia de consumo energético, para lo que se pueda proyectar o realizar posteriormente.
- También, el levantamiento de una línea base de consumo energético por producción, permitió de forma más precisa determinar cuanta energía eléctrica es requerida en determinados procesos para procesar una cantidad de material, además, es un procedimiento que se puede extender a cada máquina y facilita la toma de decisiones en diferentes aspectos.
- Fue evidente la importancia que tiene los diseños de iluminación de interiores, cuando estos se hacen, no solo garantizando el cumplimiento de la normatividad, sino también pensando en ser eficiente.
- En los rediseños de iluminación, se pudo constatar, que con menos cantidad de luminarias, dispuestas de manera óptima, se puede lograr mayor eficiencia en el aspecto lumínico en las diferentes áreas.
- Finalmente, es de mencionar que, el alcance de este proyecto no incluía propuestas de mejoras como lo establece el SGE, en este caso se hizo un diagnóstico, el cual sirve como referente en el momento que se vayan a tomar medidas adecuadas.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Omar P., Juan C., (2013), Implementación de un sistema de gestión de la energía, Bogotá, Universidad del Atlántico.
- [2] Reglamento Técnico de iluminación y alumbrado público, RETILAP, 2013.
- [3] Norma técnica colombiana 2050, NTC 2050, 1998.
- [4] Gemma V., (2014), *Instalaciones I, Iluminación interior*, Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena.
- [5] Julián R., Cristian L., (2012), *Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando DIALux*, Pereira, Universidad Tecnológica de Pereira.