

Cuantificación del consumo eléctrico de producción por producto con técnicas de modelado de procesos y de auditoría energética. Industria Licorera del Cauca



Trabajo de Grado en Automática Industrial

Modalidad Práctica Profesional

Rosa Estefany Portillo Ramos

Director: Magister Juan Fernando Flórez Marulanda

Asesor de la empresa: Ing. Juan Manuel Segura

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Programa Ingeniería en Automática Industrial

Popayán, enero de 2019

Rosa Estefany Portillo Ramos

**Cuantificación del consumo eléctrico de
producción por producto con técnicas de
modelado de procesos y de auditoría
energética. Industria Licorera del Cauca**

Informe presentado a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de

Ingeniero en Automática.

Director:
Magister Juan Fernando Flórez Marulanda

Popayán
2019

NOTA DE ACEPTACIÓN: _____

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, enero de 2019

Agradecimientos

A la vida

Contenido

Listado de Tablas	7
Listado de Graficas	7
Listado de Imágenes	8
Listado de figuras.....	8
1. Introducción.....	9
1.1. Costos de producción.....	9
1.2. Importancia de la medición de consumos energéticos.....	10
1.3. Metodologías de Auditorías energéticas utilizadas	10
1.4. Planteamiento del Problema.....	11
1.5. Objetivos	12
2. Aspectos Técnicos Para Cuantificar El Consumo Eléctrico De Producción Por Etapa Y Producto En La ILC	13
2.1. Introducción.....	13
2.2. Aspectos Técnicos	13
2.2.1. NTC ISO 50001.....	13
2.2.2. Auditoría Energética	14
2.2.3. ISO 50002[13].....	15
2.2.4. Modelado de Procesos.....	18
2.2.4.1. ISA 5	18
2.2.4.2. ISA 88	18
2.3. Método de cuantificación.....	19
3. Formatos Captura de información	25
3.1. Recolección de datos históricos.....	25
3.2. Definición de las áreas de interés	27
3.3. Formato de Censo de carga	28
3.4. Medición	29
3.5. Trabajo de Campo.....	29
4. Aplicación del Método.....	31
Descripción & Productos de la Industria Licorera del Cauca.....	31
4.1. Definición de objetivos	33
4.2. Recolección de datos históricos.....	34
4.2.1. Inventario de Facturas.....	34

4.2.2.	Recolección información de producción.....	35
4.3.	Definición de áreas de interés.....	38
4.3.1.	Recopilación de diagramas y modelos de la ILC	38
4.3.2.	Modelo Físico de la ILC	43
4.4.	Censo de Carga.....	44
4.4.1.	Definición del proceso productivo.....	44
4.4.2.	Censo de carga célula de preparación.....	46
4.4.3.	Censo de Carga célula de envasado	48
4.4.4.	Censo de carga de luminarias	50
4.4.5.	Definición del indicador de consumo energético por producto.	50
4.5.	Procedimiento de Medición.....	50
4.5.1.	Definición de los puntos de medida.....	51
4.5.2.	Definición de los equipos adecuados.....	52
4.5.3.	Duración de la Medición: Única o electrónicamente registrada	53
4.5.4.	Frecuencia y Periodo de adquisición de datos.....	53
4.5.5.	Período identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa.....	53
4.5.6.	Recolección de variables relevantes	54
4.6.	Trabajo de Campo.....	62
4.7.	Resultados	63
4.8.	Análisis de la información.....	65
5.	Conclusiones.....	69
5.2.	Recomendaciones	69
	Bibliografía.....	71

Listado de Tablas

Tabla 1. Descripción del modelo. Fuente Propia.....	24
Tabla 2. Descripción diseño y cantidad de formatos de adquisición de datos por pasos del método. Fuente Propia	25
Tabla 3. Formato inventario de facturas. Fuente propia	26
Tabla 4. Formato captura información de producción. Fuente ILC	26
Tabla 5. Formato Modelo Físico. Fuente ISA [20].....	28
Tabla 6. Formato censo de Carga. Fuente Propia.....	28
Tabla 7. Formato censo de carga luminaria. Fuente Propia	29
Tabla 8. Formatos recolección información de preparación. Fuente Propia.....	29
Tabla 9. Formato de recolección información de trabajo de campo. Fuente Propia	30
Tabla 10. Inventario de Facturas. Fuente Propia	34
Tabla 11. Información de producción año 2017 ILC. Fuente	35
Tabla 12. Información de producción año 2018. Fuente	36
Tabla 13. Tabla Relación consumo versus producción. Fuente Propia	37
Tabla 14. Equipos Instalados en el área de preparación. Fuente Propia.....	46
Tabla 15. Censo de carga área de preparación. Fuente Propia	47
Tabla 16. Censo de Carga para descarga de alcohol. Fuente Propia	48
Tabla 17. Información de placas motores Línea de envasado ILC. Fuente Propia	49
Tabla 18. Información de variables célula de preparación. Fuente propia	54
Tabla 19. Información sobre consumo energético de descarga de alcohol. Fuente Propia .	54
Tabla 20. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia.....	56
Tabla 21. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia	56
Tabla 22. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia.....	57
Tabla 23. Número de horas de funcionamiento por estado. Fuente Propia	59
Tabla 24. Censo de carga luminaria área de preparación. Fuente Propia	62
Tabla 25. Agrupación de información de trabajo de campo. Fuente Propia	62
Tabla 26. Tabla de porcentajes de consumo por área. Fuente Propia.....	65
Tabla 27. Porcentaje de Consumo unidad línea de envasado.....	66
Tabla 28. Valor real por consumo y total facturado. Fuente propia	67

Listado de Gráficas

Gráfica 1. Consumos eléctricos ILC. Fuente Propia.....	37
Gráfica 2. Producción febrero 2017 a agosto 2018. Fuente Propia	38
Gráfica 3. Comportamiento de la relación de consumo eléctrico y producción actual. Fuente Propia	38
Gráfica 4. Diagrama potencia Instalada en el área de preparación. Fuente Propia	47
Gráfica 5. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para botella aguardiente tradicional. Fuente Propia	56

Gráfica 6. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para media aguardiente sin azúcar. Fuente Propia	57
Gráfica 7. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para media aguardiente sin azúcar. Fuente Propia	57
Gráfica 8. Variación del porcentaje de consumo. Fuente Propia	68

Listado de Imágenes

Imagen 1. Industria licorera del Cauca. Fuente Google Maps	31
Imagen 2. Organigrama ILC. Fuente [21].	32
Imagen 3. Presentaciones aguardiente tradicional. Fuente [21].	32
Imagen 4. Presentaciones aguardiente sin azúcar. Fuente [21].	33
Imagen 5. Diagrama P&ID actual ILC. Fuente ILC	40
Imagen 6. Diagrama PFD ILC. Fuente adaptado diagrama ILC	41
Imagen 7. Diagrama P&ID ILC actualizado. Fuente adaptado diagrama ILC	42
Imagen 8. Línea de envasado Industria Licorera del Cauca. Adaptado diagrama ILC	43
Imagen 9. Tablero de distribución de energía ILC. Fuente Propia	51
Imagen 10. Medidores Instalados en puntos específicos de la ILC. Fuente propia	52
Imagen 11. Medidores instalados en el tablero de distribución. Fuente Propia	53
Imagen 12. Corriente compresor estado carga. Fuente Propia	58
Imagen 13. Consumo corriente compresor en estado normal. Fuente Propia	59

Listado de figuras

Figura 1. Agrupación y Estado Actual de la Familia de Normas ISO50001–Elaborado por GRISECUN/ 2017. Tomada de Boletín RECIEE #10	14
Figura 2. Diagrama de Flujo Proceso de Auditoria Energética, tomada de [13].	16
Figura 3. Modelo Físico, estándar ISA 88.1, tomado de [20].	19
Figura 4. Diagrama Modelo desarrollado. Fuente Propia	21
Figura 5. Diagrama flujo de proceso. Fuente [19].	27
Figura 6. Diagrama de proceso e instrumentación. Fuente [19].	28

1. Introducción

La energía desempeña un papel fundamental en el desarrollo de todos los sectores productivos cuya utilización debería realizarse con alta eficiencia, bajo impacto medioambiental y al menor costo posible. El consumo de energía se ha ido incrementando unido a la producción de bienes y servicios [1]. En las industrias, varios tipos de equipos (motores, calderas, compresores, hornos, aire acondicionado e iluminación ...) utilizan la energía en sus diferentes formas (térmica, mecánica, cinética, potencial, etc.). Un uso eficiente de la energía en ellos puede reducir considerablemente la factura energética y las emisiones de CO₂ [2]. Sin embargo, la evidencia sugiere que los administradores en la industria entenderán las inversiones en eficiencia energética como parte de un conjunto más amplio de parámetros que afectan la productividad y la rentabilidad de la empresa [3].

1.1. Costos de producción

En la actualidad los clientes son más exigentes en lo que se refiere a precios, servicio y calidad; esto obliga a las empresas a conocer mejor los requerimientos de los usuarios, bajar los costos, reducir tiempos de producción y mejorar la calidad de sus productos [4].

Para este caso es importante tener claro el concepto de *Costos de producción*, el cual se subdividen en dos principales categorías funcionales de producción. Los costos de producción (o de producto) que son aquellos que se asocian con la manufactura de artículos o con la prestación de servicios y los costos que no son de producción (no productivos) que se asocian con las funciones de venta y administración. La información de costos se utiliza también para la planeación y para el control. Debería ayudar a los administradores a decidir qué, por qué, cómo debería hacerse y qué tan bien se está haciendo.

Actualmente los costos de producción se calculan mediante la suma de los costos fijos más los costos variables:

$$CP = Cf + Cv \quad (1),$$

CP = Costos de Producción

Cf = Costos fijos

Cv = Costos Variables

Donde los costos fijos son los que se deben pagar independientemente si la industria produce mayor o menor cantidad de productos; y los costos variables son los que se cancelan de acuerdo a la producción [5]. Una característica de estos cálculos es que son de carácter global para toda la organización, no permiten una discriminación detallada por áreas, mucho menos por etapas del proceso productivo. Esto es importante, ya que entre estos una industria debe considerar las variaciones que puede tener los precios de la energía eléctrica, por ejemplo, el departamento del Cauca se encuentra como la tercera región del país con el costo más alto de kWh del mercado eléctrico [6]. Por lo cual los costos de producción se verán afectados y

ello obliga, entonces, a la organización a plantearse como disminuir sus costos eléctricos de producción.

1.2. Importancia de la medición de consumos energéticos.

Para quien gestiona recursos energéticos o instalaciones eléctricas en una empresa, un contador de energía general y la información que proporciona normalmente no son suficientes para tomar decisiones. La medida auxiliar (conocida como submedición), por el contrario, ofrece una imagen mucho más detallada del consumo energético, ayuda a identificar áreas específicas en las que es demasiado alto el consumo y los puntos básicos en los que hay que hacer inversiones. Con contadores de energía adicionales se podrá analizar los detalles de consumo energético, así como tomar medidas donde más se necesiten. Por otra parte, las instalaciones de estos equipos requieren una alta inversión económica y se debe tener un conocimiento preciso de las instalaciones eléctricas con las que cuenta una industria.

Que una organización, conozca plenamente los equipos que utiliza en sus procesos productivos y el uso de energía que estos requieren, le permitirá realizar una mejor gestión integral, como consecuencia de esto, se podría comprender que tan eficiente es el proceso o sus etapas, también brindaría una visión sobre el impacto ambiental que está generando, ya que para conocer el indicador de huella de carbón de una empresa tendría que recopilar la información sobre los consumos energéticos que se están produciendo [7]. El conocer esta información va de la mano con la obtención de Certificaciones Ambientales que garantizan que la empresa cumple con estándares internacionales y/o nacionales (o normas ambientales en los países que las tienen), y, aún más, que han realizado una evaluación integral de procesos y su impacto con el medio ambiente y ser más competitivas frente al mercado [8]. Algunas certificaciones ambientales importantes son: Sistemas de gestión ambiental ISO 14001, Gestión de Ecodiseño ISO 14006, Sistema de Gestión de Energía ISO 50001.

1.3. Metodologías de Auditorías energéticas utilizadas

El desarrollo de diferentes metodologías para la realización de auditorías energéticas demuestra el interés constante de tener un conocimiento claro del uso de la energía en diferentes sectores, con el fin de tener un mayor provecho de esta y obtener mayores rendimientos. A continuación, se aborda una serie de artículos que presentan las metodologías asociadas a auditorías energéticas y eléctricas fruto de una revisión sistemática que permitirán dilucidar lo que hasta el momento se ha realizado al respecto.

En [9] se realiza una auditoría energética a una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos para ganado en la ciudad de Fez (Marruecos), en el describe un análisis del uso de la energía por parte de la empresa, utilizando la siguiente metodología:

1. Visita técnica a la empresa y se recolección de todos los documentos necesarios, lista de estaciones transformadoras, lista de motores, instalaciones de aire comprimido, facturas mensuales de consumo de energía, etc.
2. Utilización de equipos como analizadores de red y cámaras infrarrojas para examinar las diferentes instalaciones eléctricas.
3. Análisis de la información recolectada y se realizaron las recomendaciones

De otro lado en [10] se efectuó un análisis del consumo eléctrico utilizando la norma ISO 50002, que aún se encontraba en desarrollo (2014), en una estación de metro en España, este análisis se realizó utilizando datos de encuestas y mediciones en el sitio, se utilizó una metodología compuesta por los siguientes puntos:

1. Se ejecutó una reunión preliminar con los interesados del proyecto para tener claro el alcance. Después se recopilaron datos de la red de distribución eléctrica y caracterización de la energía que utiliza cada equipo,
2. Posteriormente se analizó el consumo de energía por día, semana, estación y año, con los indicadores adecuados para este tipo de sistemas.

El resultado del análisis arrojó como se distribuía el consumo, permitiendo tomar acciones en la gestión energética de los equipos y sistemas.

Así mismo en [11] se realiza una serie de auditorías energéticas a 280 medianas y pequeñas empresas (PYME) en Europa, el objetivo principal de la realización de estas fue conocer el tipo de consumo energético que tiene las PYME, para tomar acciones necesarias que las ayuden en un proceso de eficiencia energética, en este informe se manejó una metodología basada en los siguientes pasos:

1. Reunión con los representantes de la industria y definición de las delimitaciones de la auditoría.
2. Recopilación de la información necesaria relacionada con la producción y las cargas eléctricas utilizadas, se complementó la información recolectada con cuestionarios a los funcionarios.
3. Análisis de los datos y si era necesario se ejecutaban mediciones a puntos específicos con lo cual se presentó un informe con las medidas de mejora de eficiencia energética.

Los anteriores artículos muestran diferentes formas de realizar una auditoría energética con el fin de conocer como es el comportamiento del uso de la energía, pero no se basan en alguna metodología enmarcada en una norma internacional que permita ser aplicada a cualquier tipo de industria y que al final del estudio se tenga certeza de que se incluyeron los elementos necesarios para entregar indicadores del uso de la energía correctos.

1.4. Planteamiento del Problema.

El presente estudio será desarrollado en la Industria Licorera del Cauca (ILC), que en la actualidad es una de las más importantes de la región; la ILC hoy en día no cuenta con un procedimiento preciso que permita definir indicadores clave en el desempeño eléctrico de la producción, esto se debe a razones como: todo el complejo industrial se encuentra con un único medidor de energía, las instalaciones físicas son antiguas y no cuentan con planos eléctricos actualizados y por último el proceso productivo se encuentra dividido en tres áreas: envasado, producción y almacenamiento de agua y alcohol, las cuales carecen de tecnología de submedición eléctrica.

Por esta razón cuando se realiza, por parte de la división financiera, el cálculo del costo por producto, no se conoce con exactitud el valor de la energía eléctrica consumida por el

proceso, y se aplica una relación de estimación soportado en una ponderación empírica 60% producción y 40% áreas administrativas y de apoyo, la cual no evidencia el verdadero costo eléctrico por producto, lo que hace que la ILC se encuentre en una incertidumbre de sus costos reales por área y en consecuencia afecte los dividendos y las posibles reinversiones. Por otra parte, no se puede realizar una gestión en el consumo energético de los equipos, tanto de producción como en el resto de la empresa; ya que el desconocimiento de la información no permite saber cuáles son los equipos de mayor impacto en consumo.

En el desarrollo de la presente práctica se aplicarán técnicas de auditoría energética y de modelado de procesos para proponer un método que le permita inferir a la ILC cuál es el valor del consumo eléctrico por producto fabricado, ya que con la actual infraestructura eléctrica de la ILC no se podría implementar un sistema de submedición en todas las áreas y por otra parte este acarrearía una inversión económica que la actual administración postergaría debido a mayores prioridades.

Por lo que se definió los siguientes objetivos para encontrar una solución a esta problemática.

1.5. Objetivos

Objetivo General

Proponer un método para cuantificar el consumo eléctrico de producción por etapa y producto en la Industria Licorera del Cauca haciendo uso de técnicas de modelado de procesos y de auditoría energética.

Objetivos Específicos

- Definir los aspectos técnicos de la norma ISO 50002 y estándares ISA para cuantificar el consumo eléctrico de producción por etapa y producto.
- Realizar la captura y procesamiento de información sobre consumos eléctricos mediante herramientas TIC.
- Calcular el consumo eléctrico de producción por etapa y producto.

2. Aspectos Técnicos para Cuantificar el Consumo Eléctrico de Producción por Etapa y Producto En La ILC

2.1. Introducción

Para la estimación de los consumos eléctricos por producción, es necesario la utilización de diferentes herramientas , como lo es la norma NTC ISO 50001 y su familia de normas asociadas, además de estas herramientas, como es un proceso industrial es importante aplicar aspectos de modelado de procesos industriales disponibles que permitan tener una visión clara de todos los equipos que hacen parte de la planta, como son la norma ISA 88, pero también estas normas deben estar basadas en modelos que corroboren lo que existe en el proceso, para ello es importante el conocimiento de modelos de flujo de procesos y modelos de diagrama e instrumentación.

2.2. Aspectos Técnicos

2.2.1. NTC ISO 50001

Esta es una adaptación de la norma internacional ISO 50001:2011, especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Un SGEn permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional [12].

La implementación de un Sistema de gestión integral de energía (ISO 50001) en una organización permitirá una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético con un enfoque sistemático. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero [12].

Para el desarrollo efectivo de un Sistema de gestión Integral de Energía se deben aplicar diferentes normas que permitan llegar a tenerlo, ver figura 1. Dentro del desarrollo del SGEn se tiene como requisito la identificación y evaluación del uso de la energía [12], muchas empresas optan por realizar auditorías eléctricas y/o diagnósticos eléctricos, ya sea utilizando la metodología basada en el estándar ISO 50002[13]o en otras metodologías [9], [10], [11].

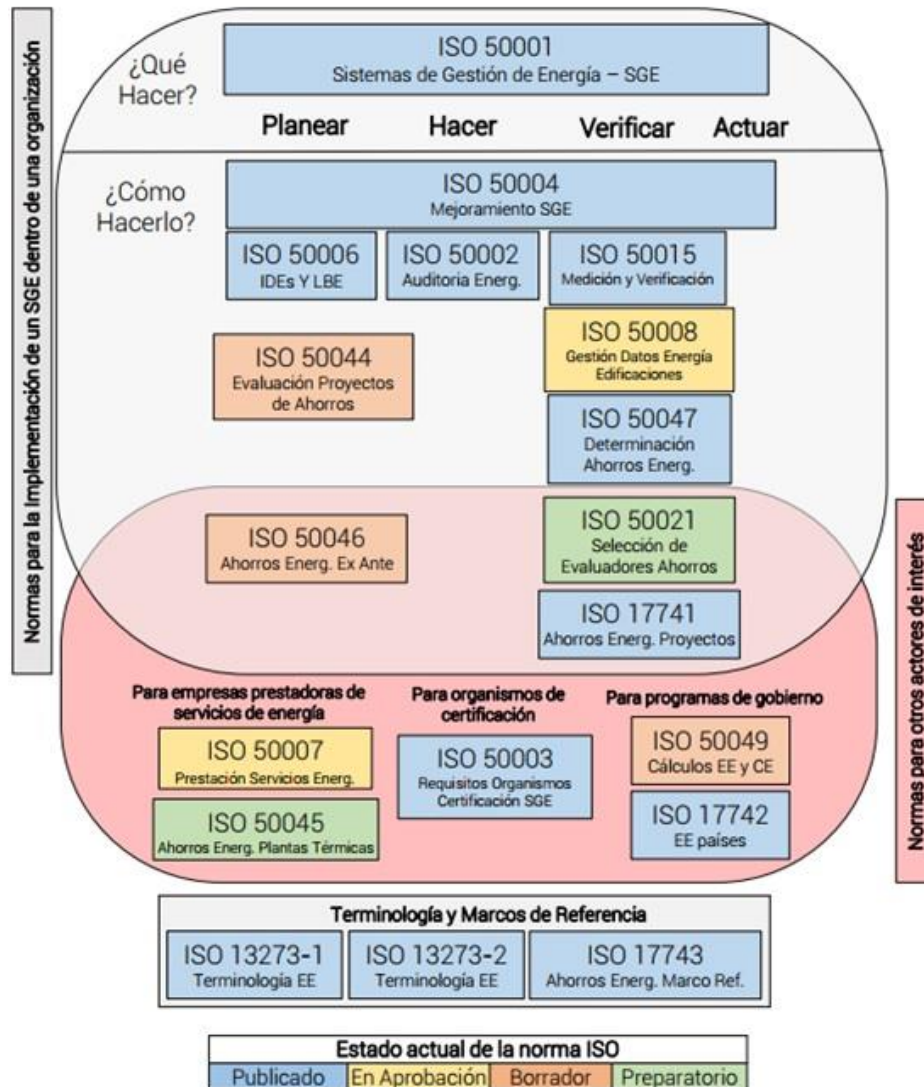


Figura 1. Agrupación y Estado Actual de la Familia de Normas ISO 50001 – Elaborado por GRISECUN/2017. Tomada de Boletín RECIEE #10

2.2.2. Auditoría Energética

Una auditoría energética es un análisis sistemático del uso de energía y el consumo de energía de los objetos auditados, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el rendimiento energético [13]. Las auditorías energéticas se pueden clasificar según el nivel de profundidad del estudio y según sean los requisitos del sistema de gestión que emplea, entre ellas están: Diagnóstico Energético, Auditoría Energética Básica, Auditoría Energética Profunda, Auditoría Energética Dinámica y Continua [14].

-Diagnóstico Energético

Se refiere a la etapa fundamental de la gestión energética, implica el análisis histórico del uso de energía relacionado con los niveles de producción y el estudio detallado de las condiciones de diseño y operación de los equipos, sistemas y procesos involucrados en la actividad industrial o empresarial [15]. Dentro del análisis de las condiciones de los equipos se puede aplicar un censo de cargas en las diferentes áreas.

El Censo General de Cargas de un inmueble es la recopilación de datos de placa de los equipos consumidores de energía eléctrica y sus tiempos de uso[16].

La información obtenida visualizará la situación real de consumo de energía del inmueble. Posteriormente dicha información puede servir para realizar el análisis energético, el cual consiste en examinar los resultados obtenidos del censo general de cargas y establecer acciones para disminuir el consumo de energía, balancear cargas, detectar fugas de corriente, etc. [16]. Además, se asume un margen de error, donde se consideran resultados bien calculados si la diferencia entre consumo real y consumo estimado es $\pm 10\%$ [17].

-Auditoría Energética Básica

Una auditoría puede ser básica cuando incluye un estudio sobre el estado actual de las instalaciones, propuestas de mejora enfocadas en el ahorro energético, identificación de potenciales reducciones en costos de operación, y disminución de emisiones de gases [14].

-Auditoria Energética Profunda

Se habla de auditorías energéticas profundas especialmente en aquellos estudios que se realizan en las industrias, ya que además de contener todos los elementos de los dos tipos de auditoría explicados con anterioridad, auditoría básica y diagnóstico energético, tiene como adicional un estudio sobre el proceso productivo y puede llegar al punto de proponer importantes modificaciones en dicho proceso debido a la relación costo/producto terminado [14].

-Auditoria Energética Dinámica y Continua

Esta forma de auditoría, contiene todos los elementos de las anteriores con el adicional que se realiza continuamente. Este tipo de auditorías son las que se incluyen en los Sistemas de Gestión Energética [14].

2.2.3. ISO 50002[13]

ISO 50002 es una norma internacional que especifica los requisitos del proceso para llevar a cabo una auditoría energética en relación con el rendimiento energético. Es aplicable a todo tipo de establecimientos y organizaciones, y todas las formas de uso de energía [13]. Esta norma fue desarrollada en el año 2014, por lo que los trabajos referentes a la utilización de esta son aún escasos, por lo cual procesos de auditoría energética se realizaban con la aplicación de otras metodologías, en Colombia El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, aún no ha realizado la adaptación de esta norma para el país por lo que se trabaja con la norma internacional existente.

El flujo de cómo se debe realizar una auditoría energética va desde unas primeras actividades donde se planifica la auditoría con los interesados, pasando por un trabajo de campo y finalmente la entrega de un reporte y cierre, entre otras, verla Figura 2.

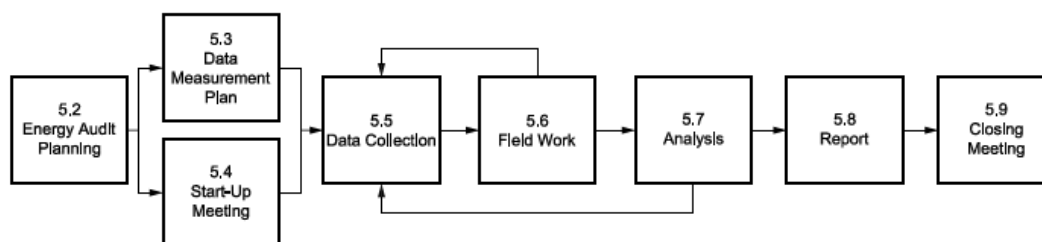


Figura 2. Diagrama de Flujo Proceso de Auditoría Energética, tomada de[13].

A continuación, se describirán algunas de las actividades potencialmente relacionadas con el propósito del presente trabajo.

Planificación de la auditoría energética

Las actividades de planificación de la auditoría energética son esenciales para definir el alcance de las obras y recopilar información preliminar de la organización, además de precisar el objetivo para el cual se está realizando la auditoría energética.

Plan de medición de datos

Para cualquier medición y recolección de datos en el sitio, se deberá llegar a un acuerdo sobre:

- La lista de los puntos de medición existentes y sus procesos asociados.
- Identificación de puntos de medición adicionales necesarios, equipo de medición adecuado, sus procesos asociados y factibilidad de instalación.
- Duración de la medición: única o electrónicamente registrada.
- Frecuencia de adquisición para cada medición.
- Período identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa.
- Definir la metodología de las mediciones y su nivel de precisión.

Reunión de puesta en marcha

El objetivo de la reunión de puesta en marcha es informar a todas las partes interesadas sobre los objetivos, el alcance, los límites y el nivel de detalle de la auditoría y acordar las disposiciones para la auditoría energética, se deberá solicitar a la organización que:

- Identifique a una persona que trabaje con el auditor de energía.

- Informe al personal afectado y a otras personas interesadas de la auditoría energética.
- Asegure la cooperación de las partes afectadas.

Recopilación de Datos

Cuando sea necesario se deberá recopilar información sobre:

- Lista de sistemas, procesos y equipos que consumen energía.
- Características de los objetos auditados.
- Datos actuales e históricos.
- Variables relevantes.
- Documentos de diseño, operación y mantenimiento.
- Tarifa corriente.
- Conocimiento sobre cómo la organización maneja su energía.

Trabajo de Campo

Dentro del trabajo de campo se deberá:

- Inspeccionar los objetos auditados dentro del límite.
- Evaluar el uso de energía de los objetos auditados de acuerdo con el alcance, los límites, el objetivo de la auditoría y el nivel de detalle.
- Comprender el impacto de las rutinas operativas y el comportamiento del usuario en el rendimiento energético.
- Asegurar que los datos históricos proporcionados sean representativos del funcionamiento normal.

Análisis

Se deberá

- Evaluar la fiabilidad de los datos proporcionados y poner de relieve las deficiencias o anomalías y juzgar si la información facilitada permite o no el proceso de auditoría energética y los objetivos acordados de auditoría.
- Utilizar métodos de cálculo transparentes y técnicamente apropiados.
- Documentar los métodos utilizados y cualquier suposición realizada.
- Someter los resultados del análisis a controles de calidad y validez apropiados
- Considerar las limitaciones reglamentarias o de otra índole de las oportunidades para mejorar el rendimiento energético.

2.2.4. Modelado de Procesos

Los aspectos de automatización se han extendido en todos los niveles de las organizaciones dentro del sector industrial ampliando los conceptos y requerimientos más allá del lazo de control y de las máquinas, hasta afectar los procesos de negocios de toda la empresa. De esta manera, los procesos de integración empresarial dependen del conocimiento y del flujo libre pero controlado de la información y la coordinación de las actividades de la empresa; por tanto, es fundamental identificar claramente los recursos, procedimientos y actividades que deben considerarse esenciales para el modelado del proceso de producción y la consolidación de su información [18].

2.2.4.1. ISA 5

El propósito de este estándar es establecer un medio uniforme para designar instrumentos y sistemas de instrumentación utilizados para la medición y el control. Con este fin, se presenta un sistema de designación que incluye símbolos y un código de identificación de un área y procesos.

Diagrama de flujo de procesos PFD

Estos diagramas se identifican como PFD, por sus siglas en inglés *Process Flow Diagram*. En este diagrama se usan símbolos recomendados para diferentes tipos de industrias para representar las tuberías y unidades interconectadas en un proceso [19]. Con este diagrama se conocerá las áreas que se encuentran involucradas directamente en el proceso.

Diagrama de proceso e Instrumentación P&ID

En un diagrama de tubería / proceso e instrumentación o P&ID (por sus siglas en inglés *piping /process and instrumentation diagram*), se representan los instrumentos auxiliares y principales, dependiendo del nivel de detalle, de todo un PFD o simplemente de una unidad, interconectados ilustrando los esquemas de control realizados en el proceso [19].

2.2.4.2. ISA 88

El estándar ANSI/ ISA 88 ofrece un conjunto coherente de normas y terminología para el control de lotes ampliamente usada para describir los equipos y operaciones que definen el modelo físico, los procedimientos y las recetas [20].

Modelo Físico

En esta sección se analiza un modelo de activos que se puede usar para describir los elementos físicos de una empresa en términos de empresas, sitios, áreas, celdas de proceso, unidades, módulos de equipos y módulos de control.

Los activos físicos de una empresa involucrada en la fabricación de lotes generalmente se organizan de manera jerárquica como se describe en la Figura 3. Las agrupaciones de niveles inferiores se combinan para formar niveles más altos en la jerarquía [20].

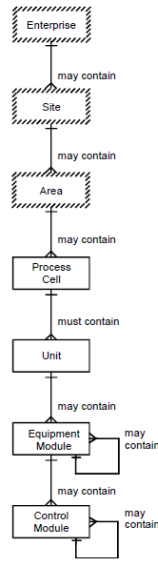


Figura 3. Modelo Físico, estándar ISA 88.1, tomado de [20].

El modelo físico permitirá conocer los equipos involucrados en el proceso productivo y así definir cuáles de ellos son de funcionamiento eléctrico y cuáles de funcionamiento manual, además de dar una idea de cuál puede llegar a tener un consumo eléctrico relevante en todo el proceso. Aunque el estándar ISA 88 cuenta con muchos otros modelos, este es el de interés para el presente el trabajo de grado.

2.3. Método de cuantificación

El objetivo del presente trabajo de grado es cuantificar el consumo eléctrico por producto en la ILC, por lo que se deberá desarrollar indicadores que relacionen estas dos variables. Para el desarrollo de un producto se ven involucradas diferentes áreas de producción, donde la materia prima sufre cambios con el fin de obtener un producto final, para realizar estos cambios, se utiliza energía eléctrica en dichas áreas, así el indicador de consumo eléctrico por producto estará dado, por la energía consumida en las áreas de proceso sobre la cantidad de productos elaborados:

$$\text{Consumo Eléctrico por Unidad} = \frac{\text{Consumo eléctrico áreas involucradas}}{\text{No productos Elaborados}} \quad (2)$$

Como se definió anteriormente hay que tener claro cuál es el uso de la energía (utilización en diferentes equipos) y el comportamiento de esta, por lo que para ello se utilizan algunas de las herramientas de auditoría energética descritas en la norma ISO 50002. Un punto clave en el uso del indicador es el conocimiento exacto de las áreas de proceso involucradas y los equipos que se encuentran en estas, para ello los estándares de ISA 5 e ISA 88 darán certeza de esto. De esta manera, el método será la combinación de actividades relacionadas con conocer el comportamiento de la energía eléctrica de una serie de equipos, que van a ser identificados a partir de herramientas de modelado de procesos.

Con la contextualización previa de los diferentes aspectos que se podrían tener en cuenta para el desarrollo del método, tanto de auditoría energética y modelado de procesos, esto conduce

a que este sea una secuencia lógica de ocho pasos propuestos en la presente práctica: definición de objetivos, recolección de datos históricos, definición de las áreas de interés, realización del censo de carga, proceso de submedición, análisis y resultados, ver figura 4.

- **Definición de Objetivos:** La primera etapa del método busca tener claro cuál es la problemática que se desea solucionar, además esto permitirá conocer los límites y las fronteras que existen para resolver el problema.
- **Recolección de Datos históricos:** Se busca conocer cómo es el estado actual del uso de la energía en el lugar donde se esté desarrollando el proceso, para tener una referencia o para realizar una comparación al final del proceso.
- **Definición de las áreas de interés:** Se debe tener claro cuáles son las áreas y equipos que están directamente relacionadas con el proceso productivo, con el fin de no incluir equipos o elementos adicionales que puedan afectar el indicador.
- **Realización del Censo de carga:** Una vez identificadas las áreas y los equipos que se encuentran dentro de estas, se recolecta la información de consumos eléctricos que presentan los equipos en sus placas y tiempos de uso, para tener un referente en el consumo real y así poder corroborarlo más adelante.
- **Procedimiento de Medición:** Este procedimiento debe realizarse para cumplir con lo que especifica los requerimientos del censo de carga, descrito anteriormente, además que dará certeza de los valores de consumo eléctrico obtenidos a lo largo de una jornada de producción. Así mismo, aparte de la información de consumos eléctricos, este paso también implica recolectar información de variables relevantes.
- **Resultados:** Finalmente con la información idónea tanto de consumos eléctricos como de las variables pertinentes se procede a realizar los cálculos matemáticos para obtener el indicador deseado.
- **Análisis:** Se deberá verificar que la información obtenida dentro del proceso de censo de carga y de medición tenga información lógica y de calidad, para no tener errores al momento de realizar los cálculos pertinentes.

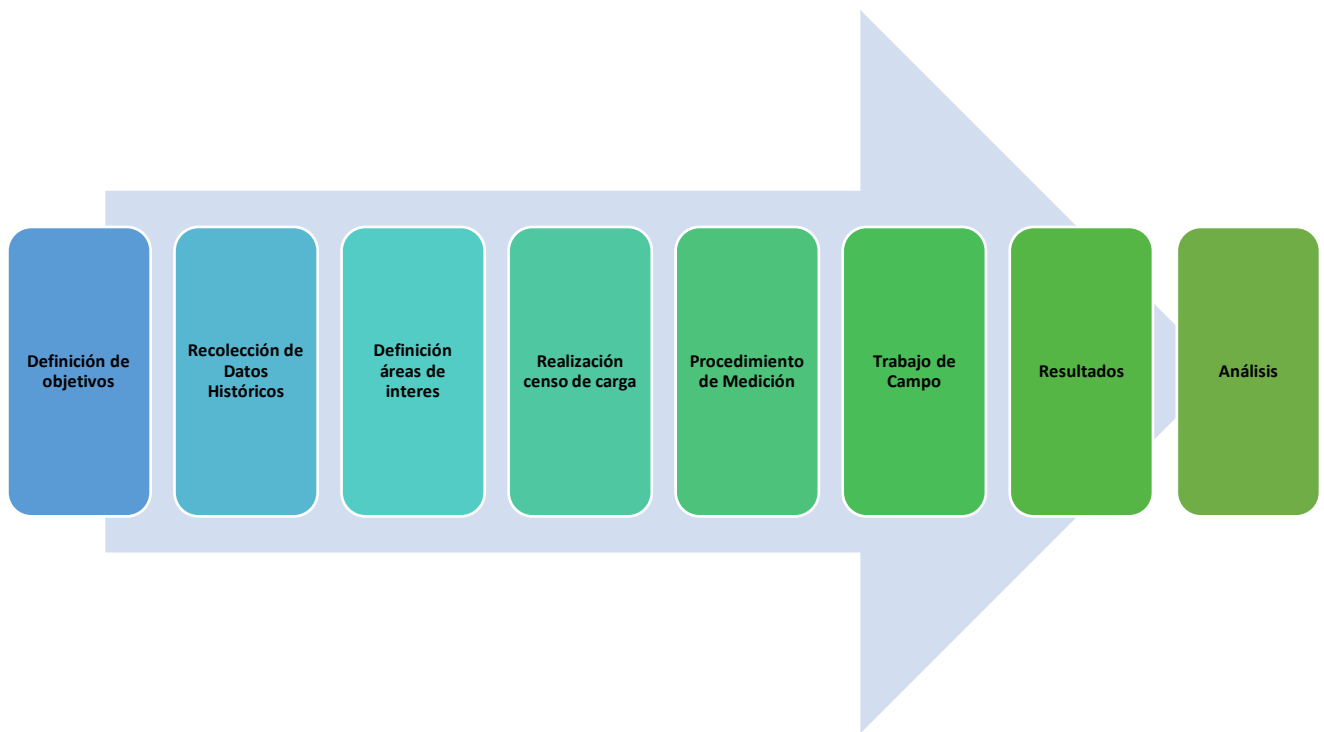


Figura 4. Diagrama Modelo desarrollado. Fuente Propia

Una explicación más detallada de los elementos normativos y técnicos que involucra cada uno de los pasos propuestos en este método se desarrolla en la Tabla 1.

Pasos	Norma	Descripción
1. Definición de objetivo	ISO 50002	Se definirá la necesidad y con ello las limitaciones tanto técnicas como infraestructurales con las que cuenta la organización.
2. Recolección datos histórico	ISO 50002	Se recolectan datos históricos que permitan conocer el comportamiento actual del uso de la energía, tener una referencia o poder hacer una comparación con los resultados finales (producción, consumos eléctricos).
3. Definición áreas de interés 3.1. Recolección P&ID, PFD (desarrollar o actualizar) 3.2. Recolección modelo físico	ISO 50002 ISA 5.1 ISA 88.1	Se debe tener claro cuáles son las áreas involucradas en el proceso, que permitan solucionar la necesidad planteada. Una vez definida el área se debe recolectar los siguientes diagramas: - Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID) y diagrama de flujo de proceso

		<p>(PFD) permitirán conocer el flujo del proceso y los equipos involucrados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con el modelo físico se identificarán los equipos involucrados en todo el proceso productivo, además dará información sobre el tipo de energía que utiliza para funcionar.
4. Censo de Carga	ISO 50002	Con los equipos involucrados ya identificados Se debe conocer las características eléctricas de los equipos consumidores de energía eléctrica y los tiempos de uso con el fin de tener un previo de consumo.
<p>5. Procedimiento Medición.</p> <p>5.1.Definir los puntos de medición</p> <p>5.2.Definir el equipo de medición.</p> <p>5.3.Duración de la medición: única o electrónicamente registrada</p> <p>5.4.Frecuencia de adquisición para cada medición</p> <p>5.5.Período identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa</p> <p>5.6.Ser responsable de las medidas tomadas en el sitio</p> <p>5.7.Comprobar el correcto funcionamiento del equipo de medición</p> <p>5.8.Comprobar que las medidas tomadas por el equipo de medición</p>	ISO 50002	<p>El proceso de Medición permitirá contrastar los valores obtenidos con el censo de carga y dar valores reales para realizar un análisis y satisfacer la necesidad planteada en los objetivos.</p> <p>Este paso requiere de 9 subpasos vitales para realizar un proceso ideal de medición, para el desarrollo de estos se debe tener claridad sobre las características de la energía que se está utilizando, como los puntos de distribución, estos puntos pueden ser módulos de control, módulos de equipo, unidades, células o áreas, depende de las necesidades, además los niveles de tensión y corriente eléctrica, el tipo de circuito (monofásico, bifásico, trifásico), con estos datos se podrá definir los equipos a utilizar.</p> <p>Con los equipos definidos se procede a establecer los tiempos en que se va a realizar la medición y las frecuencias de estas.</p> <p>Además, es de vital importancia realizar la recolección de variables relevantes, que para el caso presente serán el consumo energético entregado por los equipos de medición en los puntos específicos instalados y los niveles de producción de estos mismos puntos durante un periodo identificado.</p>

<p>son exactas y repetibles</p> <p>5.9.Recolecciones variables relevantes (datos de producción, horarios de trabajo, medidas relevantes relacionadas, tarifas, etc.)</p>		
<p>6. Trabajo de Campo</p> <p>6.1. Inspeccionar los objetos auditados dentro del límite</p> <p>6.2. Evaluar el uso de energía de los objetos auditados de acuerdo con el alcance, los límites, el objetivo de la auditoría y el nivel de detalles</p> <p>6.3. Comprender el impacto de las rutinas operativas y el comportamiento del usuario en el rendimiento energético</p>	<p>ISO 50002</p>	<p>Enel trabajo de campos inspeccionarán los lugares donde se estableció como de puntos objetivos y se observará como es el funcionamiento de los equipos a los cuales se les está realizando el proceso de medición, además de las rutinas de los operarios, esto con el fin de comprender los niveles de eficiencia en consumo energético relacionado con la producción.</p>
<p>7. Resultados</p>	<p>ISO 50002</p>	<p>Con el análisis de la información obtenida se procede a realizar los cálculos necesarios para obtener los indicadores deseados y así resolver la problemática planteada</p>
<p>8. Análisis de información obtenida</p> <p>8.1.Evaluar la fiabilidad de la información obtenida</p>		<p>El análisis de la información es realizado para definir si los valores obtenidos son coherentes y así utilizarlos en cálculos para resolver la problemática planteada.</p>

<p>8.2. Utilizar métodos de cálculo apropiados</p> <p>Someter los resultados a un control de calidad</p>		<p>Permitirá entregar información sobre el estado actual de la empresa.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------

Tabla 1. Descripción del modelo. Fuente Propia

3. Formatos Captura de información

Para el desarrollo del método anteriormente descrito se debe realizar la captura de información en los diferentes pasos, aunque no para todos involucra un formato, ver Tabla 2. Estos deben agrupar la información necesaria para poder llegar hasta el paso final, donde se realizan los cálculos para cumplir con el objetivo propuesto.

Los formatos de captura de información se desarrollan y se soportan (utilizando los formatos actuales de la empresa) en la herramienta Excel, la cual facilitara más adelante las operaciones matemáticas.

Paso	Formato	Cantidad	Descripción
Definición de Objetivos	x		Se definirá el objetivo para el cual se aplica el método, pero no es necesario un formato.
Recolección de Datos Históricos	✓	2	Se debe recolectar información sobre la producción y los consumos energéticos históricos, por lo cual se diseñarán dos formatos.
Definición de áreas de interés	✓	1	No requiere un formato específico para la definición del área de interés, pero se realiza la propuesta de un diseño de formato dentro del subpaso No 3, para el modelo físico.
Realización del censo de carga	✓	2	Se propone dos formatos que recoge todas las características de un censo de carga, unos para equipos y otro para las luminarias.
Procedimiento de Medición	✓	1	Dentro del proceso de Medición existen 9 subprocesos de los cuales solo se requiere un formato para el ítem 9, de recolección de variables relevantes.
Trabajo de campo	✓	1	Se propone un formato que abarca las necesidades de inspección de los puntos elegido en la medición con el fin de conocer el funcionamiento de los equipos y las rutinas operativas.
Resultados	x		
Análisis	x		

Tabla 2. Descripción diseño y cantidad de formatos de adquisición de datos por pasos del método. Fuente Propia

3.1. Recolección de datos históricos

Con el fin de conocer el comportamiento del uso de la energía a lo largo de un periodo especificado se recoge información sobre los consumos eléctricos y la producción, es

recomendable que el periodo elegido sea mayor a un año. Para este paso se utilizaron dos formatos.

Inventario de Facturas Eléctricas

Para ello se desarrolló un formato que recoge la información del periodo facturado, el consumo de energía durante ese periodo y las tarifas, ver Tabla 3.

Periodo Facturado	Consumo KW/h	Tarifa (kWh)	Total, Facturado \$
			0
			0
			0

Tabla 3. Formato inventario de facturas. Fuente propia

Inventario de producción

Continuando con el análisis del comportamiento del uso de la energía, mediante la recolección de datos históricos, se debe reunir información sobre la producción, esta debe ser recolectada durante el mismo periodo del cual se recolecta la información sobre facturas eléctricas. Esto permitirá observar cómo es la relación que se está dando actualmente entre el consumo eléctrico y los niveles de producción.

Toda empresa organizada cuenta con formatos de captura de datos de producción. Se deben utilizar este tipo de formatos o en caso contrario realizar un diseño que se adapte a las necesidades. Es importante conocer cuantas fuentes de información hay de este tipo de data, en caso de haber más de una fuente se debe realizar un cruce de información y corroborar que esta sea la misma en todos. Para el estudio presente, la ILC cuenta con un formato de captura, ver Tabla 4, en el que realizan la recolección de la información de producción por mes, de todos los tipos de presentación de aguardiente.

Tabla 4. Formato captura información de producción. Fuente ILC

Producción en cajas año												
TIPO/MES	Enero	febrero	marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
M/b												
Bot												
garrafa												
garrafa sin azúcar												
PET												
M/B sin azúcar												
PET S.A. Z												
Bot sin azúcar												

3.2. Definición de las áreas de interés

Se debe acordar, con el interesado de conocer como es el comportamiento del consumo energético, cuál es el área dónde se desea ejecutar el método, una vez identificada el área deseada se debe proceder a la recolección de los diagramas de proceso e instrumentación (P&ID) y diagrama de flujo de proceso (PFD) los cuales permitirá conocer el flujo del proceso y los equipos involucrados, estos equipos deben estar agrupados en el modelo físico que también se debe recolectar, tanto los diagramas como el modelo físico se deben corroborar que cuenten con la información actualizada, si no cumple con esta condición se debe realizar la respectiva actualización de datos, si la empresa no cuenta con este tipo de diagramas se debe hacer el levantamiento de la información y diseñar los diagramas correspondientes. Para el desarrollo o actualización de los diagramas se debe basar en el estándar ISA 5, por lo cual no aplica un formato único. Para el desarrollo o actualización del modelo físico se utiliza el estándar ISA 88, el cual describe claramente todos los equipos involucrados en las diferentes células, unidades, módulos de equipos y módulos de control; además este modelo dará información sobre el tipo de energía que utilizan estos para su funcionamiento, para el desarrollo del presente trabajo se diseñó un formato, ver Tabla 4, que integra de manera ordenada todos los requerimientos que presenta el estándar, se puede utilizar este diseño o realizar uno con otras características, ver Tabla 5.

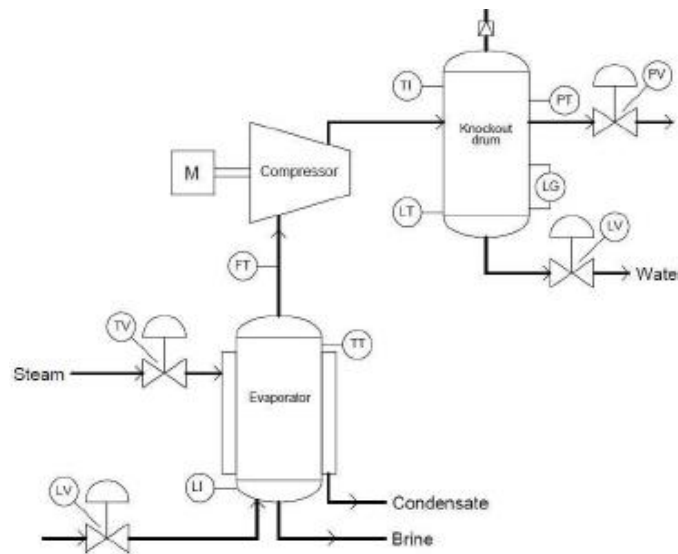


Figura 5. Diagrama flujo de proceso. Fuente [19].

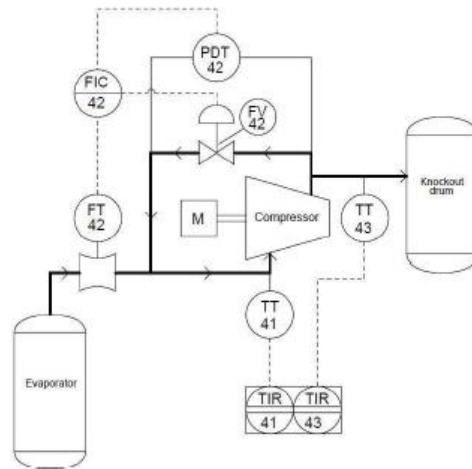


Figura 6. Diagrama de proceso e instrumentación. Fuente [19].

Modelo Físico			
Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control

Tabla 5. Formato Modelo Físico. Fuente ISA [20].

3.3. Formato de Censo de carga

Una vez listados los equipos involucrados en el proceso, se deben agrupar solo los de funcionamiento eléctrico, y recolectar sus características de funcionamiento presente en las placas de información, para ello se utiliza un formato que recoge todas las necesidades, ver Tabla 6.

Censo de Carga										
Ítem	Etiqueta	Célula	Unidad	No DE SERIE	Motor	Tensión	Corriente	Potencia (KW)	Utilización (H/Dia)	Energía (kWh)
					-					0
					-					0
					-					0
								0		

Tabla 6. Formato censo de Carga. Fuente Propia

Dentro de los elementos vitales para el desarrollo del proceso productivo se tienen las luminarias, que también se le debe realizar un censo de carga, para este tipo de equipos se realizó un formato adecuado que recolecte a información necesaria, ver Tabla 7.

ITEM	Unidad	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de Luminaria	Potencia	Energía Wh
				Total	

Tabla 7. Formato censo de carga luminaria. Fuente Propia

3.4. Medición

Durante el paso de medición se realizan nueve subpasos importantes, dentro de estos el ítem 9 que requiere la recolección de variables relevantes como son consumos energéticos por células de proceso y los niveles de producción en esta misma, para luego realizar la relación que hay entre consumo y producción. Para ello se diseñó un formato que abarca estas dos variables, ver Tabla 8.

Célula		
Día	Consumo kWh	Producción
Promedio		

Tabla 8. Formatos recolección información de preparación. Fuente Propia

3.5. Trabajo de Campo

Continuando con los pasos del método, se desarrolló un formato que agrupa la información relevante para el trabajo de campo donde se realizará la inspección en planta de los puntos elegidos, con el fin de conocer el funcionamiento de los equipos y las rutinas operativas. Entre esta información se tiene: El tipo de producto, los valores entregados de los equipos de medición instalados en estos puntos, ya sea que la obtención de datos sea mediante inspección visual o electrónico se debe recolectar esta información para realizar un contraste posteriormente, el número de unidades y/o cajas producidas, las paradas durante el proceso productivo y comentarios adicionales que sean relevantes, para el caso de la presente práctica de desarrollo un formato que agrupa esta información, ver Tabla 9. Esta información cobra vital importancia para entender las rutinas operativas en los diferentes turnos y como esto está afectando los niveles de eficiencia.

Trabajo de Campo		
Tipo de Producto		
Día/ Hora	Medición eléctrica Punto 1	Medición eléctrica Punto 2
Subtotal Consumo Energético	0	0
Total, Consumo Energético	0	0
Producción 1	Mañana	Tarde
Producción 2		
Descripción de paradas		
Detalle	duración/minutos	turno
Comentarios		
-		
-		

Tabla 9. Formateo de recolección información de trabajo de campo. Fuente Propia

4. Aplicación del Método

Descripción & Productos de la Industria Licorera del Cauca

La ILC es una empresa productora de licor ya reconocida en el año 1910 en diferentes municipios del departamento del Cauca y Colombia. Desde el año 1858 ya se elaboraba aguardiente a través de alambiques y trapiches; luego en 1915, se emprendieron mejoras en el campo industrial, tres columnas de destilación con diseño francés convirtieron la antigua “Aguardientera” en la fábrica de aguardiente más importante que abasteció al departamento del Cauca[21]. La misión de la ILC es producir y comercializar licores de calidad para satisfacer a los clientes y consumidores generando recursos dirigidos a la salud, educación, cultura y recreación, que contribuyan al desarrollo y bienestar de la comunidad con el apoyo y compromiso de su equipo humano. La visión de la ILC es posicionarse a nivel departamental y nacional para el presente año como una empresa responsable, competitiva y rentable, mediante el continuo mejoramiento y diversificación del portafolio de productos, la consolidación y ampliación del mercado[21].

La ILC se encuentra ubicada el departamento del Cauca en la calle 4 No. 1E – 40 cerca al Santuario de Belén y el Colegio San José de Tarbes, ver imagen 1. En este sector se encuentra ubicado tanto las áreas de administración como las de producción.

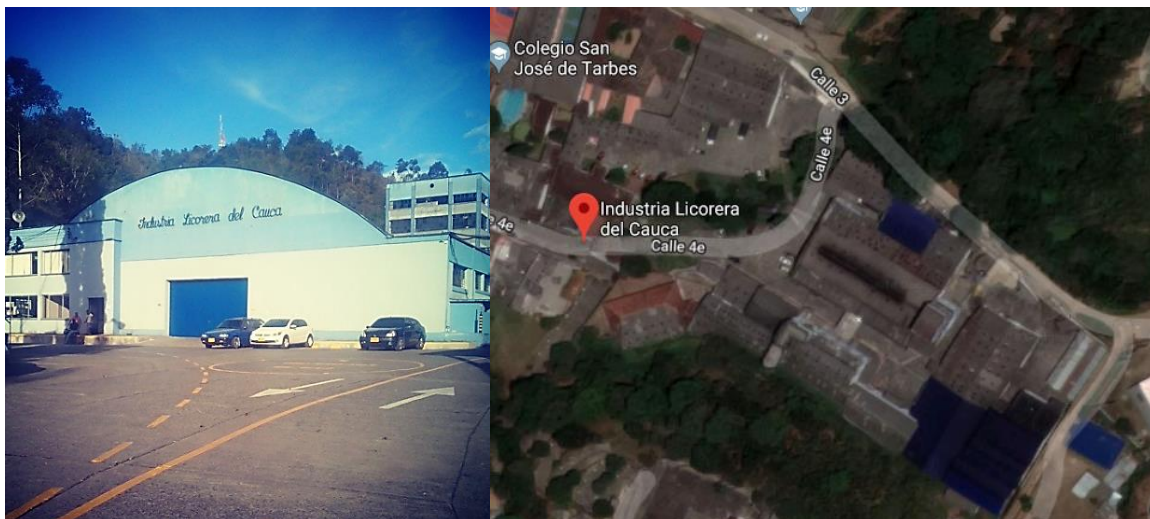


Imagen 1. Industria licorera del Cauca. Fuente Google Maps

La estructura administrativa por la cual se rige la ILC es dada por el Acuerdo No. 020 de 2009, en el que se determina la nomenclatura y clasificación de los cargos, planta de personal de empleados públicos, funciones a nivel de dependencia, requisitos mínimos y escala salarial de los empleados públicos, la Junta Directiva presidida por el Señor Gobernador, Secretario de Hacienda, Jefe de Planeación Departamental, Gerencia, Divisiones, Secciones y Grupos, ver imagen 2[21].

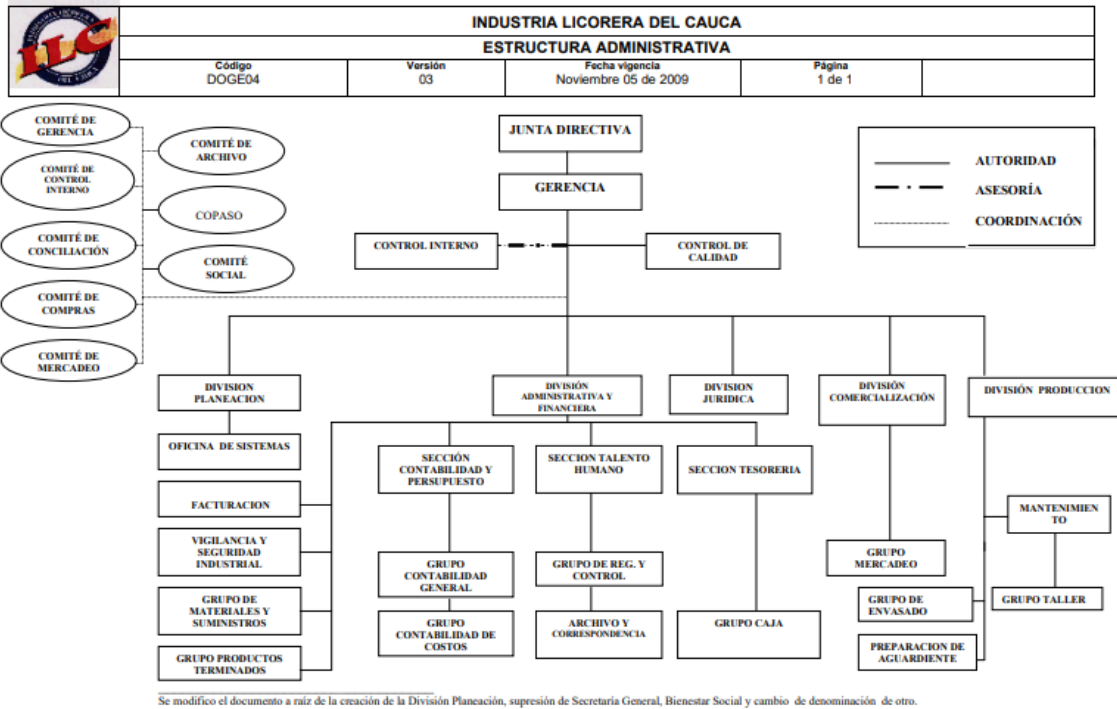


Imagen 2. Organigrama ILC. Fuente [21].

El producto más representativo de la industria licorera del cauca es el aguardiente caucano, este cuenta con una serie de premios que lo certifican como el mejor aguardiente del mundo, según el premio Monde Selection de Bélgica por calidad y sabor; además se manejan otros productos como: Ron, Ginebra, Escarchados y Cremas; el Aguardiente Caucaño cuenta con dos tipos de producto, aguardiente tradicional y aguardiente sin azúcar, estos dos productos están disponibles en presentaciones de media botella (375cc.), botella (750cc.), garrafa (1750cc.), litro (1000cc), ver imagen 3 y 4.



Imagen 3. Presentaciones aguardiente tradicional. Fuente [21].



Imagen 4. Presentaciones aguardiente sin azúcar. Fuente [21].

De las presentaciones descritas anteriormente, el envasado de PET se realiza de manera manual, a diferencia de la media, botella y garrafa de vidrio que son envasados mediante una línea de envasado industrial; para el envasado en Tetra pack el aguardiente es maquilado en la fábrica de procesamiento de Casa Grajales, en La Unión Valle, así mismo los productos de Ron, Ginebra y Escarchados se envasan de manera manual debido a que la producción de estos no es constante y la línea de envasado no tiene las características para adaptarse a los envases de este tipo de productos.

La ILC maneja un proceso productivo que va de lunes a viernes, desde las 6 de la mañana hasta las 7 de la noche, se manejan dos turnos, cada turno es manejado por un coordinador que cuentan con más de 20 años de experiencia, en cambio dentro del personal de operarios se presentan cambios continuos, un grupo de personal ingresa a las 6 am y sale a la 1 pm, momento en el cual ingresa el siguiente grupo que termina a las 7 pm. Los trabajadores de las áreas administrativas cuentan con una jornada laboral normal (8 horas), tanto el personal de las áreas admirativas como los de las áreas de preparación cuentan con dos descansos establecidos a las 10 am y 4 pm de una duración de 15 minutos cada uno.

La ILC por ser una industria de alto consumo eléctrico, se denomina como una industria no regulada, es decir que pueden realizar la compra de la energía a la empresa distribuidora que considere que haga la mejor oferta en precios, para este caso la ILC compra la energía a la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A E. S.P de Popayán.

El proceso productivo del aguardiente será descrito más adelante en la sección 4.4.

4.1. Definición de objetivos

Como se definió en el planteamiento del problema la ILC no cuenta con un procedimiento que les permita conocer cuál es el consumo eléctrico en el área de producción, por ende, tampoco se conoce el consumo eléctrico por presentación de aguardiente, por lo cual con el presente trabajo pretende aplicar el método descrito anteriormente para encontrar indicadores que relacionen el consumo de energía eléctrica con la producción.

Cabe recordar que en la actualidad la ILC cuenta con un solo equipo de medición de energía para todo el complejo industrial, es decir la parte productiva y la administrativa. Además, por las características físicas de la infraestructura para la instalación de un sistema de medición dividido por áreas involucraría una alta inversión, ya que se debería hacer un cambio de la

mayoría de las instalaciones eléctricas, del sistema de distribución actual se tienen identificados algunos puntos, pero estos no son exclusivos y se comparten entre dos o más puntos de trabajo.

4.2. Recolección de datos históricos

El paso No 2 del método planteado indica la recolección de datos históricos para tener el conocimiento actual del comportamiento de la energía, por lo que se procedió a realizar la recolección de datos históricos de consumo eléctricos y de producción desde el año 2017 hasta agosto de 2018.

4.2.1. Inventario de Facturas

A continuación, se presenta la información de las facturas eléctricas comprendidas entre enero de 2017 hasta agosto de 2018. En ella se recogió el valor de consumo energético, la tarifa durante esos meses y el total facturado, ver tabla 10.

Inventarios de facturas Industria Licorera del Cauca			
Periodo de facturación	Consumo energía (kWh)	Tarifa	Total, Facturado \$
ene-17	8.623	387,07	\$ 3.337.705
feb-17	9.207	387,07	\$ 3.563.753
mar-17	10.767	387,07	\$ 4.167.583
abr-17	7.844	387,07	\$ 3.036.177
may-17	15.445	387,07	\$ 5.978.296
jun-17	12.634	387,07	\$ 4.890.242
jul-17	18.133	387,07	\$ 7.018.740
ago-17	14.538	387,07	\$ 5.627.224
sep-17	12.494	387,07	\$ 4.836.053
oct-17	11.949	387,07	\$ 4.625.099
nov-17	11.446	387,07	\$ 4.430.403
dic-17	11.957	387,07	\$ 4.628.196
ene-18	9.803	369,03	\$ 3.617.601
feb-18	9.786	369,03	\$ 3.611.328
mar-18	9.828	369,03	\$ 3.626.827
abr-18	10.910	369,03	\$ 4.026.117
may-18	13.607	369,03	\$ 5.021.391
jun-18	16.859	369,03	\$ 6.221.477
jul-18	12.433	369,03	\$ 4.588.150
ago-18	15.572	369,03	\$ 5.746.535

Tabla 10. Inventario de Facturas. Fuente Propia

La ILC definió que el porcentaje de consumo eléctrico para el proceso productivo es de 60% del total del periodo facturado, este porcentaje fue definido sin un proceso que indique cual fue el procedimiento por el cual se obtuvo, es decir que la información de los consumos eléctricos asignados a producción no es certera.

4.2.2. Recolección información de producción

Además de los consumos eléctricos se debe reunir información sobre la producción, para ello se utilizó los formatos desarrollados por la ILC y se recolectó la información en el mismo periodo definido en el ítem anterior, ver Tablas 11 y 12.

Producción en cajas año 2017												
TIPO/ MES	Enero	febrero	marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep- tiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
M/b					9.280	10.656	2.217	11.488	13.195		147	22.200
Bot		6.615		996	6.120	14.295	13.379			21.129	23.561	
Garrafa		1.505						6.137				
Garrafa sin azúcar								4.064				
PET									8.678			
M/B sin azúcar		804	14.857				7.841	3.081				
PET S.A. Z												
Bot sin azúcar				461	6.875	5.919	14.763	10.390				

Tabla 11. Información de producción año 2017 ILC. Fuente

Producción en cajas año 2017								
TIPO/MES	Enero	febrero	marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
M/b	7.686	4.014	1.388	4.653		9.957	3.170	8.786
Bot				8.001	2.426	2.748	8.177	9.391
Garrafa	3.315				6.116			
Garrafa sin azúcar					2.411			
PET	91							
M/B sin azúcar		2.579	8.627		8.084	3.257		6.358
PET S.A. Z	513							1.120
Bot sin azúcar		2.753	9.527		6.050		789	12.998

Tabla 12. Información de producción año 2018. Fuente

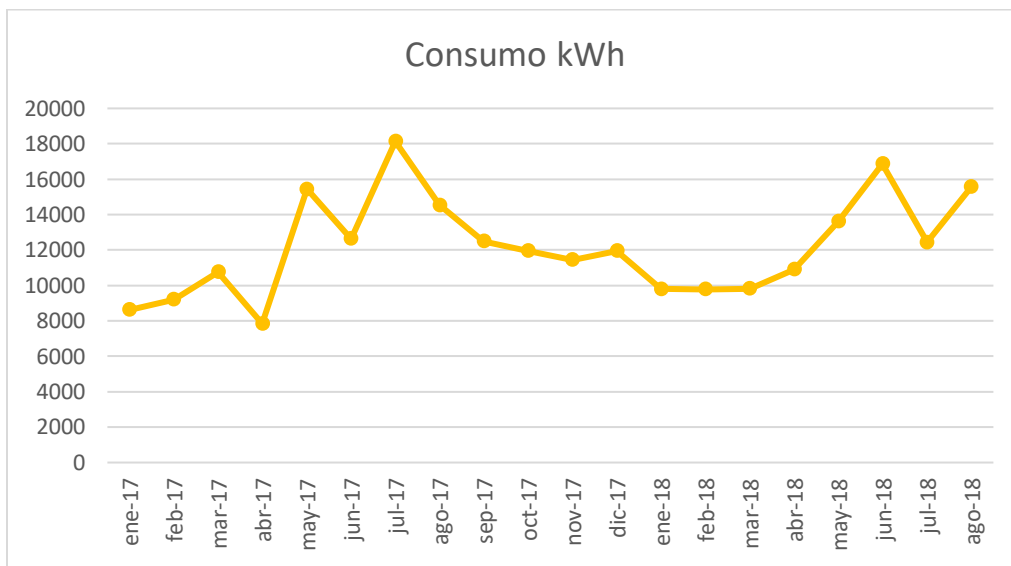
Para el presente caso en el mes de enero de 2017 no hay registro de producción de aguardiente, debido a que en este mes se realizó un proceso de mantenimiento a las áreas involucradas con la producción, por lo cual no hubo fabricación de aguardiente en ninguna de sus presentaciones.

La unidad estándar que maneja la ILC de sus productos es el de botella (750cc), así que la producción descrita en las tablas anteriores, Tabla 11 y 12, fue llevada a una misma unidad, ver Tabla 13, para el desarrollo de la tabla solo se tomó en cuenta los productos que son envasados automáticamente, es decir media, botella y garrafa; las unidades de PET son envasadas de manera manual, se realizó una relación entre consumo energético total y producción, y cómo fue su comportamiento a lo largo del periodo determinado, ver Gráficas 1,2 y 3.

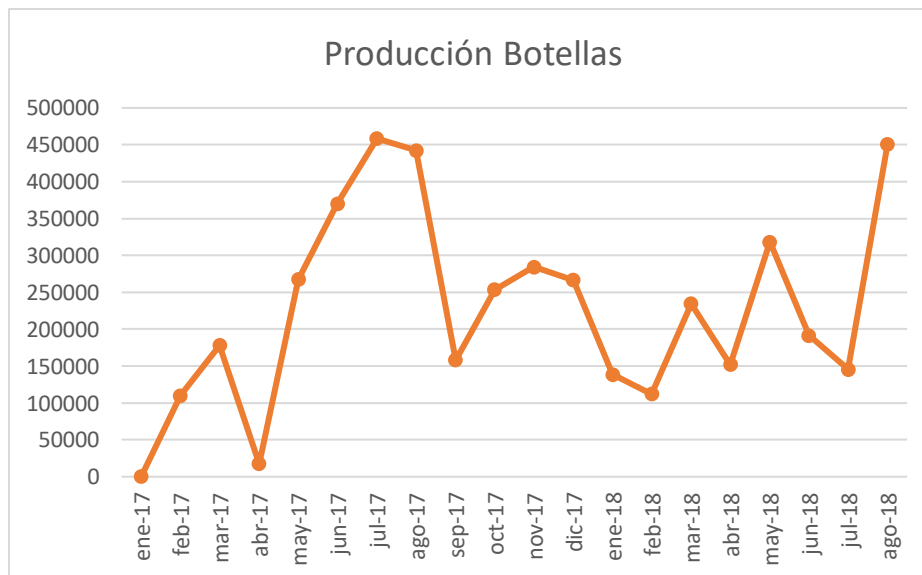
Mes/año	Producción	Consumo kWh	Relación de Consumo
ene-17	0	8.623	
feb-17	110.098	9.207	0,08
mar-17	178.284	10.767	0,06
abr-17	17.484	7.844	0,44
may-17	267.300	15.445	0,05
jun-17	370.440	12.634	0,03
jul-17	458.400	18.133	0,03
ago-17	442.322	14.538	0,03
sep-17	158.340	12.494	0,07
oct-17	253.548	11.949	0,04
nov-17	284.496	11.446	0,04

Mes/año	Producción	Consumo kWh	Relación de Consumo
dic-17	266.400	11.957	0,04
ene-18	138.642	9.803	0,07
feb-18	112.152	9.786	0,08
mar-18	234.504	9.828	0,04
abr-18	151.848	10.910	0,07
may-18	318.098	13.607	0,04
jun-18	191.544	16.859	0,08
jul-18	145.632	12.433	0,08
ago-18	450.396	15.572	0,03

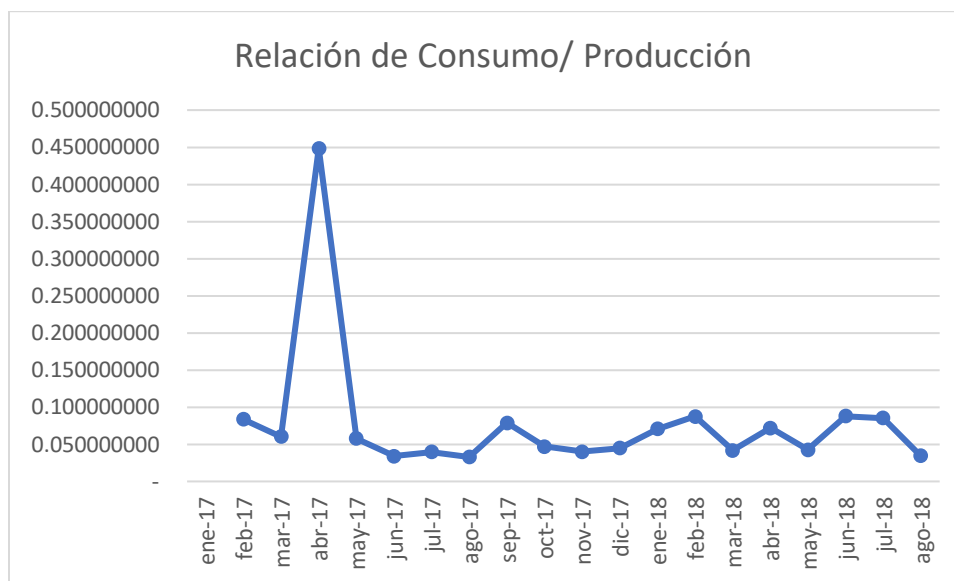
Tabla 13. Tabla Relación consumo versus producción. Fuente Propia



Gráfica 1. Consumos eléctricos ILC. Fuente Propia



Gráfica 2. Producción febrero 2017 a agosto 2018. Fuente Propia



Gráfica 3. Comportamiento de la relación de consumo eléctrico y producción actual. Fuente Propia

De la información recolectada se observa que, en el mes de enero, aunque no hubo producción de aguardiente, si se presenta un consumo eléctrico de 8.623kWh, esta información permite suponer que hay elementos externos a las áreas de producción que tienen un consumo eléctrico relevante, así mismo con el mes de abril de 2017 donde la producción fue de un nivel bajo pero el consumo es elevado. Por otra parte, se observa que los meses de mayo a agosto son los de más alto picos en los niveles de producción.

4.3. Definición de áreas de interés

Conociendo el comportamiento del uso actual de la energía se procede a estimar el consumo eléctrico por producto con consumo eléctricos reales, para ello se define las áreas de interés, es decir las áreas en las que se encuentran directamente relacionadas con el proceso productivo.

La ILC cuenta con diferentes áreas: área de producción, área de administración, área de carpas, área de esparcimiento (cafetín y gimnasio), área de taller, laboratorio entre otras.

Para la presente práctica se definió con el jefe de mantenimiento que el área de interés involucrada directamente en el proceso productivo de aguardiente de la ILC es el área de producción, que a su vez cuenta con dos células de proceso, célula de preparación y célula de envasado, esta información se deberá corroborar más adelante con el modelo físico, así con esta información se procede a recolectar los diagramas de información, que establecerá las fronteras de producción, las unidades de cada célula y todos los equipos involucrados.

4.3.1. Recopilación de diagramas y modelos de la ILC

Diagramas de flujo de procesos PFD, P&ID

Con el área identificada se procedió a la recolección de los diagramas de flujo de proceso (PFD) y de proceso e instrumentación (P&ID) de los cuales solo se encontró disponible el diagrama P&ID de la célula de producción, y un diagrama exclusivo que describe a la célula de envasado. Una vez obtenido este diagrama, P&ID, se procedió a verificar que contara con la información correcta, de la cual se comprobó que no tenía la información actualizada, poseía errores en los equipos presentes y el etiquetado.

Basados en el diagrama P&ID actual, ver Imagen 5, en la presente práctica profesional se desarrolló el diagrama PFD en el que se definió el flujo de proceso y las unidades en las que se encuentra dividido esta célula, ver Imagen 6, se actualizó el diagrama P&ID con los equipos reales presentes en la célula identificados mediante una inspección visual y se desarrolló el etiquetado correcto para este, ver imagen 7.



INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA

Diagrama P&ID de la Infraestructura de Producción de Aguardiente Caucano

Código
DOMA08

Versión
01

Fecha vigencia
Noviembre 29 de 2017

Página
1 de 1

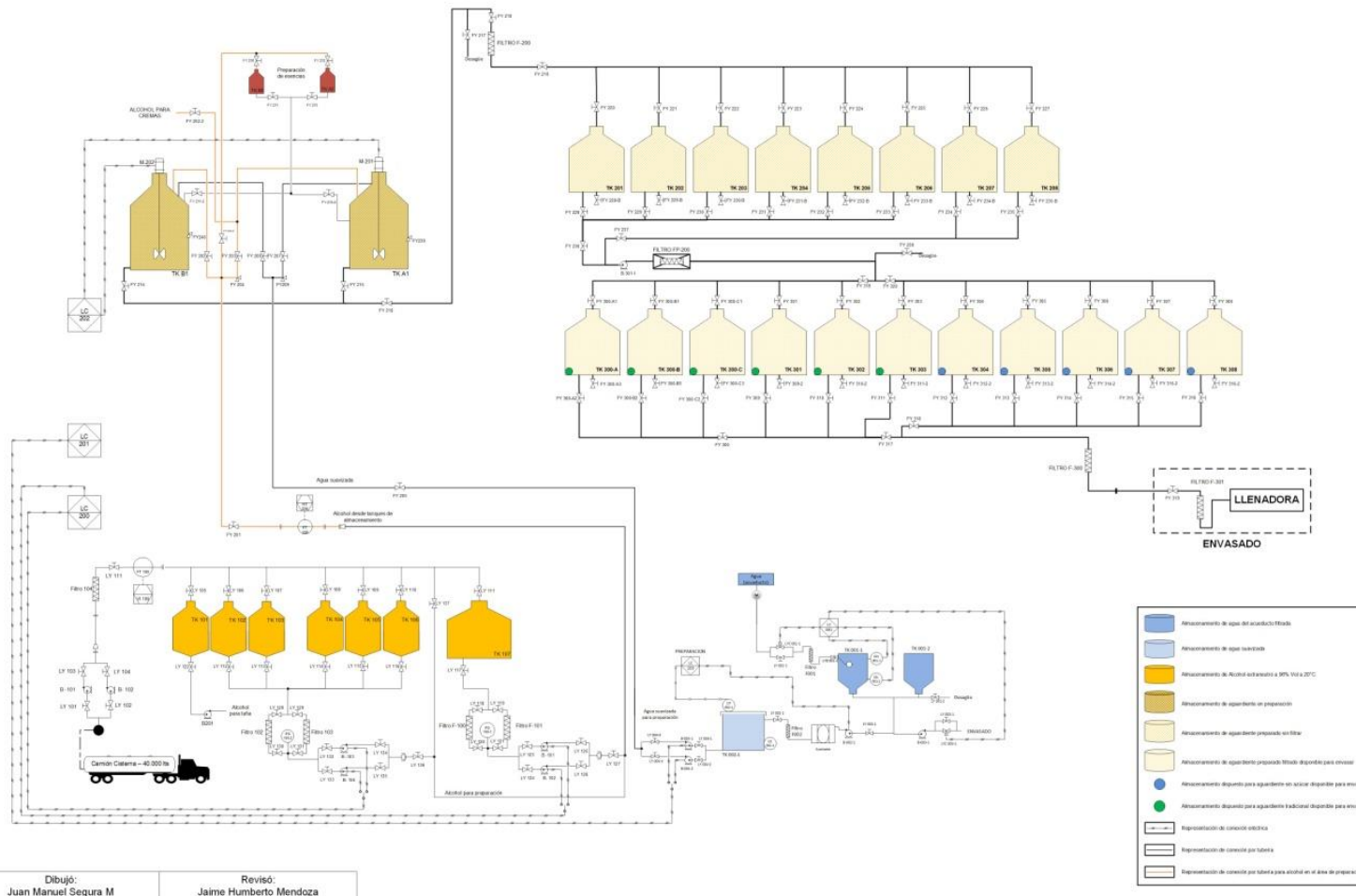


Imagen 5. Diagrama P&ID actual ILC. Fuente ILC



INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCANO

Diagrama PFD de la Infraestructura de Producción de Aguardiente Caucaño

Código	Versión 01	Fecha vigencia Octubre 23 de 2018
		Página 1 de 1

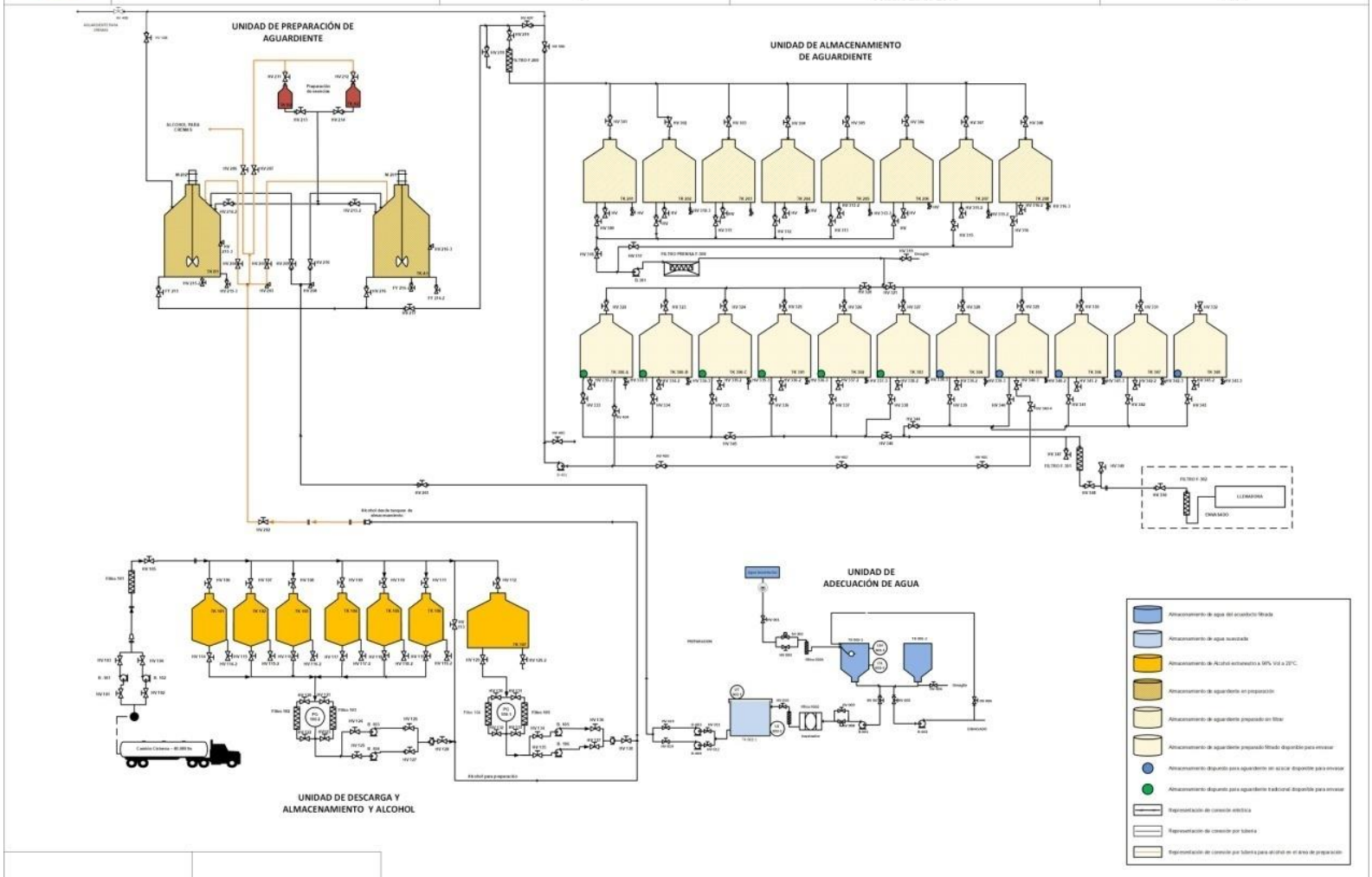


Imagen 6. Diagrama PFD ILC. Fuente adaptado diagrama ILC



INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA

Diagrama P&ID de la Infraestructura de Producción de Aguardiente Caucaño

Código
DOMAGS

Versión
01

Fecha vigencia
Noviembre 20 de 2017

Página
1 de 1

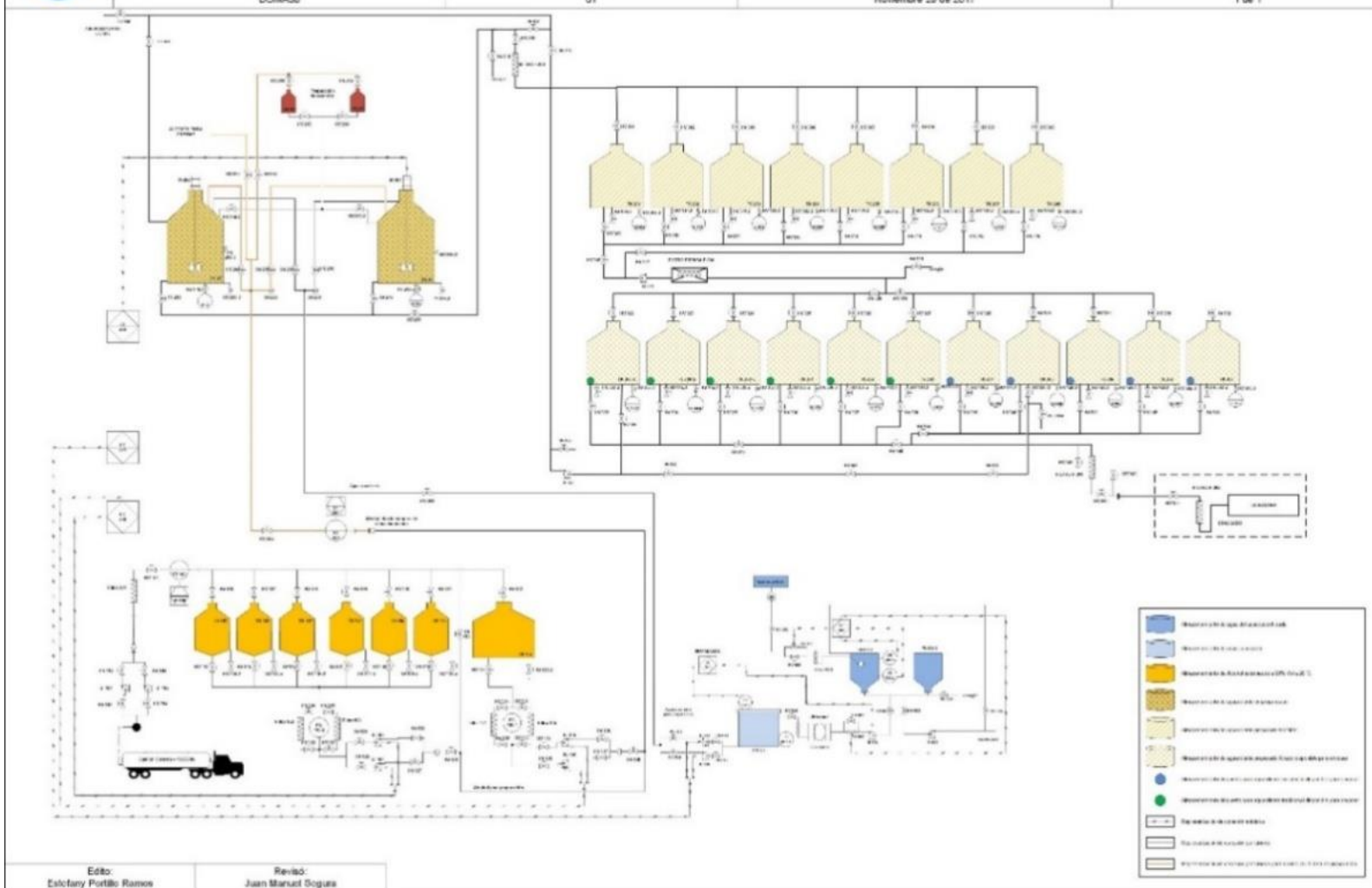


Imagen 7. Diagrama P&ID ILC actualizado. Fuente adaptado diagrama ILC

Por otra parte, la ILC maneja un diagrama exclusivo para la célula de envasado, pero este se encontraba desactualizado, por lo que fue necesario realizar la inspección visual necesaria e identificar la totalidad de equipos con los que cuenta esta célula, además de realizar un etiquetado acorde al diagrama, ver imagen 8.

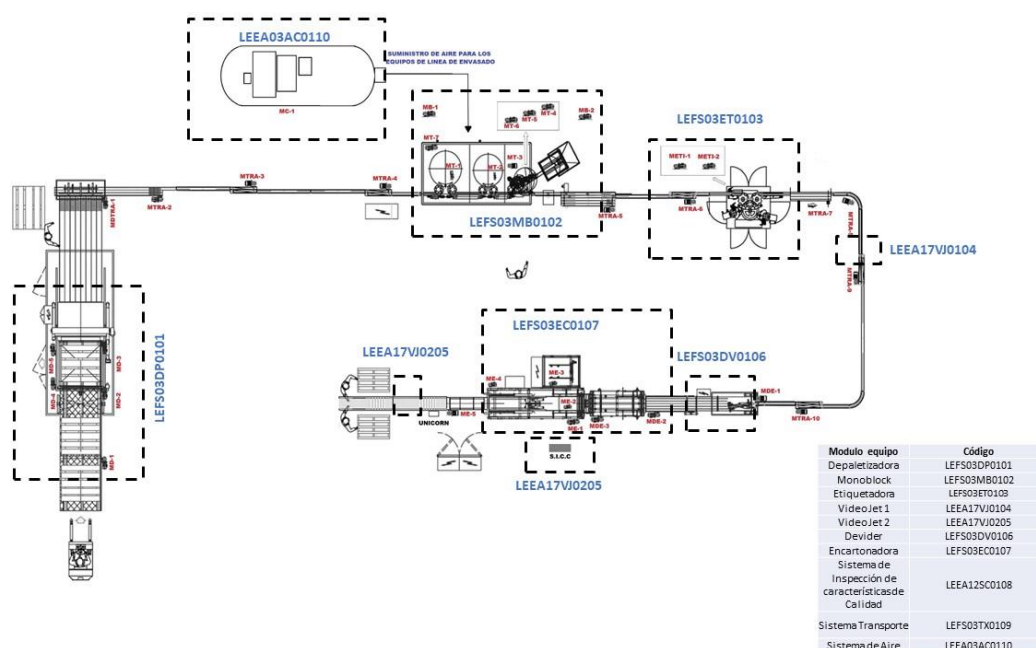


Imagen 8. Línea de envasado Industria Licorera del Cauca. Adaptado diagrama ILC

Los modelos descritos anteriormente se encuentran disponibles en formato digital en el Anexo A, “diagramas ILC”.

4.3.2. Modelo Físico de la ILC

Una vez recolectados y actualizados los diagramas PFD y P&D y diagrama de la línea de envasado se realizó la propuesta del modelo físico de toda el área de producción, este modelo se encuentra dividido en dos células, la célula de preparación compuesta por las unidades de: unidad de tratamiento de agua, unidad de almacenamiento de alcohol, unidad preparación de aguardiente y unidad de almacenamiento de aguardiente, en estas unidades se cuenta con 33 módulos de equipo y 221 módulos de control, principalmente válvulas; y la célula de envasado compuestas por las unidades de: unidad de línea de envasado y unidad de aire para equipos, la unidad de línea de envasado cuenta con módulos de equipos característicos de una línea de llenado industrial como: Depaletizadora, triblock (enjuaga, llena y tapa botellas), etiquetadora, deviver (mecanismo de enfilear botellas), encartonadora y el transporte, debido a la complejidad de esta para la presente práctica profesional se listaron principalmente los motores con los que cuentan estos módulos de equipo, así las células del proceso productivo están compuestas por un total de 39 módulos de equipo y 261 módulos de control. Como se

señaló anteriormente para la presente práctica toman vital relevancia los motores presentes en el proceso productivo, ya que estos son los que presentan un alto consumo energético, en las dos células se cuenta con 45 motores alimentados eléctricamente con una línea trifásica, 10 motores en la célula de preparación y 35 en la célula de envasado, dentro de estos motores se tiene equipos tan grandes como el utilizado por el compresor dentro de la unidad de aire para equipos, hasta tan pequeños como las motobombas de bajo bombeo.

El modelo físico desarrollado para la ILC, se encuentra disponible en formato Excel, en el Anexo B, “Modelo Físico ILC”.

4.4. Censo de Carga

Con el fin de desarrollar el censo de carga, fue necesario tener primero un conocimiento del proceso productivo, con el modelo físico ya conocido y los equipos que se encuentran involucrados a continuación se dará una descripción de los procedimientos que se desarrollan en la elaboración del aguardiente y los equipos involucrados en este.

4.4.1. Definición del proceso productivo.

El proceso de producción inicia con la llegada del alcohol, este es transportado desde el Ecuador en camiones cisterna de 40.000 litros cada uno, pueden llegar entre 4 o 5 camiones, dependiendo de las necesidades y el comportamiento del mercado; para la descarga del alcohol éste debe pasar por un análisis de control de calidad, el cual se dará como resultado si entrega o no la orden de descarga. Si cumple con los requisitos necesarios se procede a descargar mediante el uso de una motobomba (se cuentan con dos motobombas para intercalar), este proceso se realiza en la unidad de descarga y almacenamiento de alcohol, tiene un tiempo de duración de 2,5 horas (150 minutos), y el alcohol es almacenado en 7 tanques de almacenamiento, desde TK 101 hasta TK 107.

Cada lote de aguardiente preparado es de 10.000 litros, este representa 13.333,33 unidades de presentación tipo botellas, 26.666,66 unidades de presentación tipo media y 5.714,28 unidades presentación tipo garrafa, este proceso es desarrollado en la unidad de preparación de aguardiente, para ello se necesitan 3.000 litros de alcohol y 7.000 litros de agua, el agua debe pasar por un tratamiento denominado suavizado que consiste en disminuir la cantidad de agentes que le dan dureza al agua tales como: carbonato de calcio y magnesio, la cantidad de cloro, entre otros y cumplir con los requerimientos organolépticos, fisicoquímicos y biológicos que la hacen apta para la preparación y fabricación de los productos. Este proceso se realiza en la unidad de adecuación de agua, para ello el agua tomada del acueducto y almacenada en los tanques TK 001-1 y TK 001-1 es llevada al suavizador por medio de la motobomba B-001, este proceso dura 1,5 horas (90 minutos) y es almacenada en el tanque TK 002-1, hasta que sea necesario su uso.

Para la preparación de aguardiente es necesario transportar la cantidad de materia prima antes mencionada desde la unidad de almacenamiento de alcohol y unidad de adecuación de agua hasta la unidad de preparación, para ello se requiere dos motobombas, una motobomba, ya sea B-103, B-104, B-105 o B-106 (se cuentan con cuatro motobombas porque los tanques de almacenamiento están separados y estas se intercalan por cada preparación), encargada de transportar 3000 litros de alcohol, el tiempo de este proceso es de 15 minutos, y otra

motobomba, ya se B-003 o B-004, (también se cuenta con dos motobombas para intercalarlas) para transportar 7.000 litros de agua suavizada, que tiene un tiempo de 40 minutos.

La materia prima es llevada la unidad de preparación y es distribuida en dos tanques, TKB1 y TKA1, ahí se realiza el proceso de mezcla con las esencias, para este proceso se utiliza dos agitadores, M-201 y M-202, uno en cada tanque, en un tiempo de 1,5 horas (90 minutos). Una vez el aguardiente esté listo, es llevado la unidad de almacenamiento de aguardiente mediante un sistema de tubería por gravedad, este en un primer proceso se deja reposar por 10 horas, en los tanques comprendidos entre TK-201 hasta TK-208, a continuación se realiza un proceso de filtrado, este se realiza con la ayuda de una motobomba y un filtro tipo prensa, en un tiempo de 50 minutos y se lleva el aguardiente a los tanques comprendidos entre TK 301-A hasta TK 308.

Después de tener el aguardiente preparado este es llevado hasta la unidad de envasado mediante una serie de tuberías por gravedad, en esta unidad se realizan diferentes operaciones que se describen a continuación como: depaletización de Pallets, enjuagado, llenado y tapado de botellas, etiquetado y encartonado para obtener finalmente el producto terminado, en estas operaciones se utilizan gran cantidad de equipos.

Inicialmente los pallets de botellas llegan y operarios los acomodan para que un robot cartesiano se encargue de la carga y descarga en la línea de envasado, una vez las botellas estén en la línea un mecanismo se encarga de formar los grupos de botellas y enfilearlas. Posteriormente cada botella es enjuagada con un chorro a presión de agua, previamente filtrada a 0,5 micrones. La máquina enjuagadora después de la inyección (capacidad para 24 botellas) de agua gira las botellas boca abajo para el secado de estas.

Con las botellas enjuagadas, la máquina de llenado que consta de 24 válvulas se encarga de dejar pasar el aguardiente cuando la botella hace presión contra la válvula, una vez pasa esto sale una cánula que saca el aire de la botella y permite el paso del aguardiente previamente filtrado.

Posteriormente en la operación de tapado se encuentran tres sub operaciones en una misma máquina: elevación de las tapas, distribución y tapado. La botella es tapada gracias a esas tres operaciones donde se utilizan diferentes motores.

Para la operación de etiquetado hay un rodillo que pone pegante sobre la botella y otro rodillo que pasa la etiqueta sobre el pegante de la botella, quedando así el proceso de etiquetado completo, después de esto un dispositivo de impresión (video Jet) se encarga de rotular con la fecha, la hora y el lote a las etiquetas y en las tapas.

A través de la cinta transportadora hay operarios que se encargan de inspeccionar el producto (nivel, etiquetado, exceso de pegante), al pasar por la inspección, se forman las filas utilizando el devider, con ayuda de un operario se organiza las botellas en forma de matriz, la cantidad de botellas para la matriz depende del tipo de producto que se está realizando, la matriz de botellas pasa a la encartonadora, los operarios inspeccionan que la matriz de

botellas se encuentre completa, la encartonadora adaptara una caja alrededor de las botellas y realiza el pegado de sus partes de manera automática. Una vez obtenido el producto final se realiza el arrumado manual de las cajas en pallets y es llevado al área de bodega de productos terminados.

En el desarrollo de obtener el producto terminado (cajas de botellas) se ven involucrados 35 motores, incluidos los de las motobombas. Estos motores funcionan unos continuamente y otros se alternan, por lo que definir un tiempo total de uso es un proceso complicado y presentaría una alta incertidumbre. Para el correcto funcionamiento de la unidad de envasado es indispensable la unidad de aire para equipos, en esta se ve involucrado un compresor que alimenta con aire a presión los diferentes sub operaciones, así mismo gran cantidad de luces son utilizadas para el desarrollo de todo el proceso.

4.4.2. Censo de carga célula de preparación

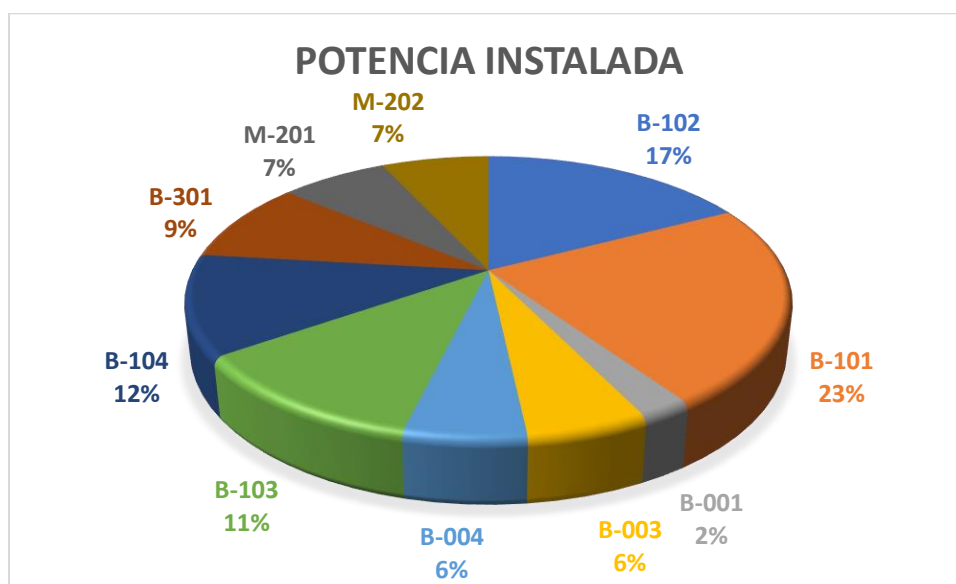
Un censo de carga es definido como la recopilación de datos de placa de los equipos consumidores de energía eléctrica y los tiempos de uso [16].

En cada preparación de aguardiente se producen 10.000 L, en el que se utilizan 3.000 litros de alcohol y 7.000 litros de agua, en este proceso se ven involucrados 10 equipos, ver Tabla 14. De estos equipos no todos se utilizan al mismo tiempo, ya que se van intercalando como se describió anteriormente.

Área\Equipos	Equipos Utilizados	Tensión	Corriente	Potencia	Utilización/h
Energía de descarga y almacenamiento de alcohol	B-102	230	25	5,59	2,5 HORAS/40.000 L (alcohol)
	B-101	230	20,4	7,45	2,5 HORAS/40.000 L (alcohol)
Áreas de adecuación de agua y almacenamiento de alcohol	B-001	220	6,8	0,75	1,5 horas/ (agua)
	B-003	220	8,5	1,78	40 min (7.000 L agua)
	B-004	220	8,5	1,78	40 min (7.000 L agua)
	B-103	230	13,6	3,72	15 min (3.000 L alcohol)
	B-104	230	13,6	3,72	15 min (3.000 alcohol)
Energía Preparación y almacenamiento de Aguardiente	B-301	220	11,5	3	50 min (10.000 LL Aguardiente)
	M-201	230	8,6	2,23	1,5 (5.000 L)
	M-202	230	8,6	2,23	1,5 (5.000 L)
		Potencia Instalada		32,29	

Tabla 14. Equipos Instalados en el área de preparación. Fuente Propia

Según los datos agrupados para el proceso del área de preparación, se tiene una potencia instalada de 32,29 KW, de estos el equipo de mayor potencia es la motobomba B-101 (23%), correspondiente a la descarga de alcohol y el equipo de menor potencia instalada es la motobomba B-001(2%) que se utiliza en el proceso adecuación de agua, ver Gráfica 4.



Gráfica 4. Diagrama potencia Instalada en el área de preparación. Fuente Propia

Ahora bien, para obtener el consumo estimado de energía que se utiliza para una preparación se agruparon únicamente los equipos necesarios para este proceso, ver Tabla 15.

Energía consumida para una preparación de 10.000 Litros					
Equipo	Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia (kW)	Utilización/h (10.000 L)	Energía kWh
B-001	220	6,8	0,75	1,5	1,12
B-003	220	8,5	1,78	0,66	1,18
B-103	230	13,6	3,72	0,25	0,93
B-301	220	11,5	3	0,83	2,49
M-201	230	8,6	2,23	1,5	3,35
M-202	230	8,6	2,23	1,5	3,35
Total					12,43

Tabla 15. Censo de carga área de preparación. Fuente Propia

Por otra parte, el proceso de descarga de alcohol que se realiza cada 3 o 4 meses de acuerdo a las necesidades de consumo, en este proceso se ven involucradas dos motobombas, B-101 y B-102, para la descarga de 5 camiones cisterna de 40.000 litros. Cada descarga tiene una duración de 2.5 horas y se intercalan las motobombas presentes en esta área. Para la estimación de la energía se asume que la motobomba B-101 se utiliza 3 veces en este proceso

ya que cuenta con característica de mayor potencia y la motobomba B-102 se utiliza dos veces, ver Tabla 16.

Energía para descarga de 200.000 litros de alcohol					
Equipo	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	utilización horas	Energía kWh
B-102	230	25	5,59	5	27,96
B-101	230	20,4	7,45	7,5	55,92
				Total	83,89

Tabla 16. Censo de Carga para descarga de alcohol. Fuente Propia

Según la Tabla 16 se utilizan 83,89 kWh para la descarga de 200.000 Litros de alcohol, con esta cantidad de alcohol se pueden realizar aproximadamente 66,66 preparaciones, ya que se utilizan 3.000 litros de alcohol en cada preparación, así la energía que se utiliza por preparación es de 1,25 kWh.

De este modo, de la estimación realizada con los datos anteriores se puede decir que, para preparar 10.000 litros de aguardiente, y que se encuentren en el punto de almacenaje, se necesitan 13,68 kWh. Este valor es necesario corroborarlo con un valor de referencia real y que no supere un margen de error de un 10% [17], por lo que se debe realizar un proceso de submedición.

4.4.3. Censo de Carga célula de envasado

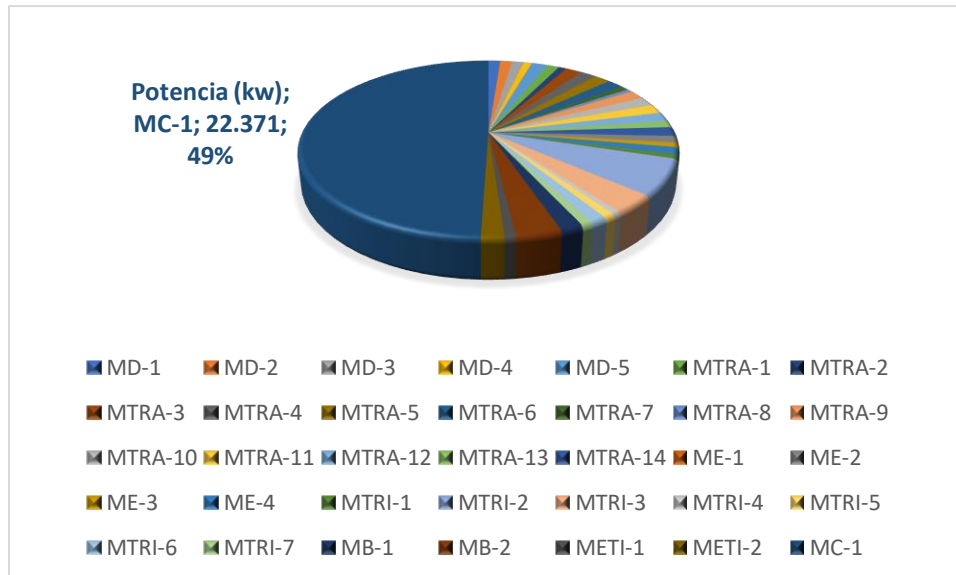
Debido a la complejidad que presenta la línea de envasado, tanto en tiempo de uso y como en cantidad de equipos presentes, es necesario el proceso de medición para conocer el consumo eléctrico de los equipos involucrados en esta célula. Ya que, al realizar una estimación de consumo energético, solo con los datos entregados por la placa y los tiempos de uso, se estaría obteniendo una información estimada errónea. Sin embargo, se realizó el registro de datos de placas de los motores para conocer la capacidad instalada con la que cuenta esta sección. Ver Tabla 17.

Ítem	Etiqueta	Módulo de equipo	No DE SERIE	Voltaje (v)	Corriente (A)	Potencia (kW)
1	MD-1	DEPALETIZADORA	40.01008826.01.0001.03.00	230	3,05	0,55
2	MD-2	DEPALETIZADORA	40.01008826.01.0003.03.00	230	3,05	0,55
3	MD-3	DEPALETIZADORA	40.01005720.01.0001.03.03	230	3,05	0,55
4	MD-4	DEPALETIZADORA	5A47DT71D4BED	220	2,1	0,37
5	MD-5	DEPALETIZADORA	40.01008190.03.0001.03.00	230	3,8	0,75
6	MTRA-1	TRANSPORTE	01.3077502802.0001.03	220	3,2	0,55
7	MTRA-2	TRANSPORTE	01.3077502801.0002.03	220	2,1	0,37
8	MTRA-3	TRANSPORTE	01.3375788903.0001.03	220	3,8	0,75

Ítem	Etiqueta	Módulo de equipo	No DE SERIE	Voltaje (v)	Corriente (A)	Potencia (kW)
9	MTRA-4	TRANSPORTE	01.3375788902.0001.03	220	3,8	0,75
10	MTRA-5	TRANSPORTE	01.3375788902.0002.03	220	3,8	0,75
11	MTRA-6	TRANSPORTE	01.3375788901.0003.03	220	3,8	0,75
12	MTRA-7	TRANSPORTE	40.01008797.01.0002.03	230	2	0,37
13	MTRA-8	TRANSPORTE	8011020003	220	1,52	0,25
14	MTRA-9	TRANSPORTE	01.3375788901.0002.03	220	3,8	0,75
15	MTRA-10	TRANSPORTE	01.3375788001.0001.03	220	3,8	0,75
16	MTRA-11	TRANSPORTE	01.3375788901.0004.03	220	3,8	0,75
17	MTRA-12	TRANSPORTE	40.01005720.03.0001.03.03	230	3,65	0,75
18	MTRA-13	TRANSPORTE	40.01005720.02.0001.03.03	230	3,05	0,55
19	MTRA-14	TRANSPORTE	01.3375788902.0003.03	220	3,8	0,75
20	ME-1	ENCARTONADORA	-	0	0	0
21	ME-2	ENCARTONADORA	8H310301154-M616410	230	2,72	0,55
22	ME-3	ENCARTONADORA	01.3375617302.0001.03	230	2	0,37
23	ME-4	ENCARTONADORA	01.3375647301.0001.03	230	3,05	0,55
24	MTRI-1	TRIBLOCK	40.01004963.01.0001.03.01	220	2,15	0,37
25	MTRI-2	TRIBLOCK	01.3375638901.0001.03	220	11,5	3
26	MTRI-3	TRIBLOCK	01.3375638902.0001.03	220	6,5	1,5
27	MTRI-4	TRIBLOCK	01.3375752201.0001.03	220	1,24	0,25
28	MTRI-5	TRIBLOCK	40.01001373.02.0002.03.01	220	2,13	0,37
29	MTRI-6	TRIBLOCK	-	220	2,1	0,55
30	MTRI-7	TRIBLOCK	01.3375638904.0001.03	220	2,1	0,37
31	MB-1	MOTOBOMBA	1013487288	230	3,14	0,75
32	MB-2	MOTOBOMBA	A4C090D00017	230	5,6	1,5
33	METI-1	ETIQUETADORA	400013490.01.001.03	220	2,10	0,37
34	METI-2	ETIQUETADORA	4000113771.01.001.03	230	3,65	0,75
35	MC-1	COMPRESOR	54735625	230	69,5	22,37
				Potencia Instalada		45,23

Tabla 17. Información de placas motores Línea de envasado ILC. Fuente Propia

Según los datos anteriores de las potencias instaladas que registran en las placas de los motores, el de mayor consumo energético es el compresor (49%), este abarca aproximadamente la mitad de la potencia instalada en el área de envasado. Ver Gráfica 4.



Gráfica 4. Potencia Instalada área de preparación de los módulos de control tipo motor. Fuente Propia

4.4.4. Censo de carga de luminarias

Las luminarias también forman parte importante en el momento de realizar todo el proceso productivo, de ahí que se levantó el censo de carga de estas en las células involucradas, y con esta información se realizará un análisis de consumo más adelante.

El censo de carga de luminarias realizado para la ILC se encuentra disponible en archivo digital, Anexo C “Censo de carga Luminarias ILC”.

4.4.5. Definición del indicador de consumo energético por producto.

Con el conocimiento del proceso productivo, los equipos y los tiempos involucrados se define que el consumo eléctrico para obtener un producto terminado está dado por la siguiente fórmula:

$$EPUA = ECP + ECE \quad (3)$$

Donde:

EPUA= Energía para preparar una unidad de Aguardiente

EP = Energía de célula de preparación

ECE= Energía de célula de envasado

Esta fórmula (3) está dada en función del indicador descrito en (2), donde se busca obtener el consumo eléctrico por áreas en relación con la cantidad de unidades producidas, para así tener el valor de energía utilizado por unidad producida.

4.5. Procedimiento de Medición

Con el fin de corroborar los datos obtenidos mediante el censo de carga en la célula de preparación, y obtener un valor de consumo eléctrico en la célula de envasado fue necesario un proceso de medición en estos dos puntos. Este proceso se realizó con el soporte técnico

de la Compañía Energética de Occidente (CEO), en la consecución de equipos idóneos para realizar la medición y soporte técnico.

Según lo especificado en el método el procedimiento de submedición debe cumplir con las siguientes características:

- Definir los puntos de medición.
- Definir el equipo de medición.
- Duración de la medición: única o electrónicamente registrada.
- Frecuencia de adquisición para cada medición.
- Período identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa.
- Ser responsable de las medidas tomadas en el sitio.
- Comprobar el correcto funcionamiento y funcionamiento del equipo de medición.
- Comprobar que las medidas tomadas por el equipo de medición son exactas y repetibles.
- Recolecciones variables relevantes (datos de producción, horarios de trabajo, medidas relevantes relacionadas, tarifas, etc.).

4.5.1. Definición de los puntos de medida

Tanto la célula de envasado y la célula de preparación tienen sus puntos de distribución eléctrica en el tablero principal con el que cuenta la ILC, ver imagen 9.

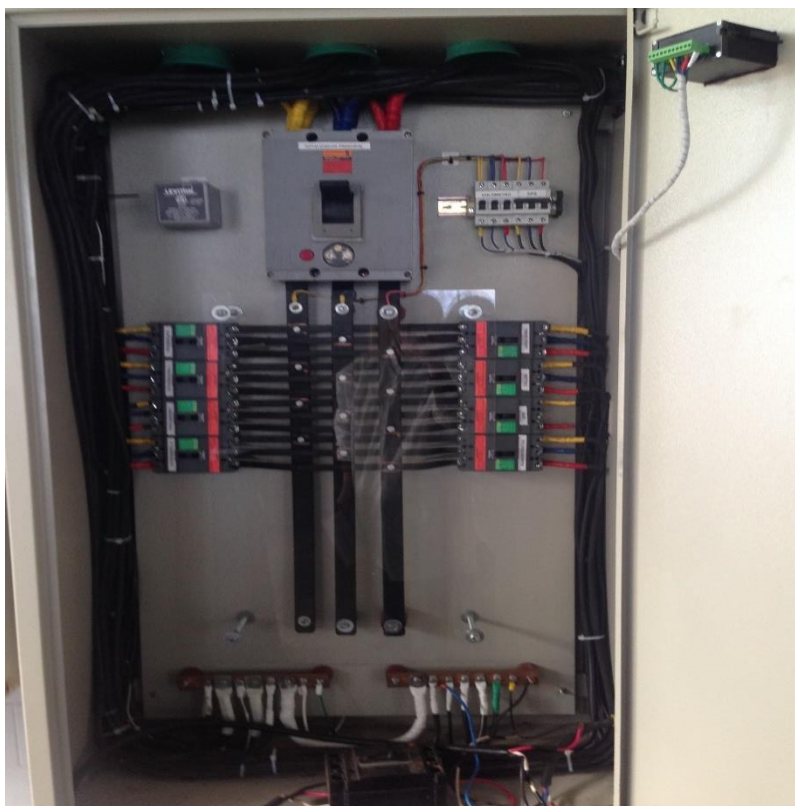


Imagen 9. Tablero de distribución de energía ILC. Fuente Propia

El tablero de distribución de energía es el punto ideal para la instalación de los equipos de submedición debido al espacio requerido y a las características eléctricas con las que cuenta. En él cada área tiene un breaker de distribución eléctrica, de 30 A por línea y una tensión 220 v, aunque no todos los equipos de dichas áreas en específico se encuentran conectados a este punto, como sucede en la unidad de envasado, el punto de distribución presente es exclusivo para la línea de envasado, y la unidad de aire para equipos se encuentra conectada a otro punto de distribución así mismo como la luminaria, por lo que se deberá estimar su consumo de energía mediante un procedimiento que se adecue a los equipos presentes. Caso que no sucede con la unidad de preparación, donde todo el equipo se encuentra conectados a un mismo punto.

4.5.2. Definición de los equipos adecuados

Las características eléctricas de los puntos de distribución son de una instalación trifásica con neutro, por lo que fue necesario un equipo con conexión tetra filar. Por parte de Compañía Energética de Occidente fueron prestados dos equipos cumplían con las necesidades, ver imagen 9. Un medidor marca Meter, equipo de medición manual, con capacidad de medición hasta de 100 Amperios y 400 Voltios el cual fue instalado en la célula de preparación, y un equipo ELSTER A1800 equipo de medición digital instalado en la célula de envasado, con capacidad de medición de 10 A y 200 Voltios, este equipo es de medida semidirecta por lo que fue necesario la utilización de transformadores de corriente, con relación de 300/5 para su instalación, este valor de relación se debe tener en cuenta al momento del análisis de los datos.



Imagen 10. Medidores Instalados en puntos específicos de la ILC. Fuente propia

Para la instalación de estos equipos fue necesario desconectar toda la energía de la ILC y que lo realizara personal experto. Por lo que la ILC asumió los costos económicos para este procedimiento y los permisos necesarios para poder acceder a las instalaciones en un día no laboral.

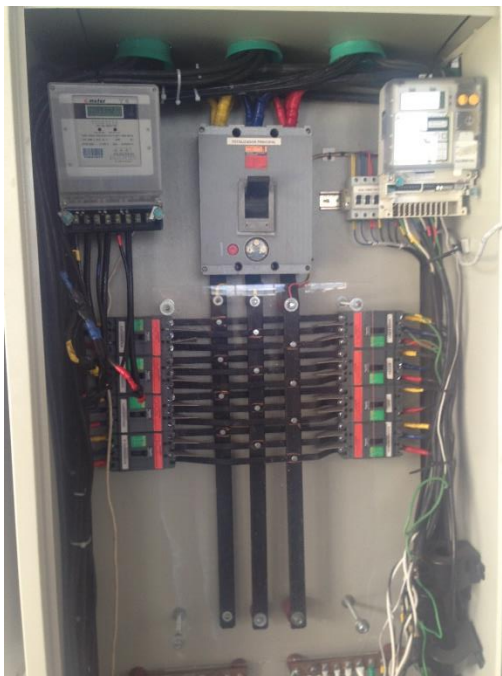


Imagen 11. Medidores instalados en el tablero de distribución. Fuente Propia

4.5.3. Duración de la Medición: Única o electrónicamente registrada

Debido a que el proceso de preparación de aguardiente es igual para cualquier tipo de producto (tradicional o sin azúcar) y a que el medidor instalado en esta área es de inspección manual, la recolección de información de variables relevantes se realizó durante 10 días. Para la célula de envasado el periodo de medición fue durante más de tres meses, debido a que el medidor cuenta con la capacidad de almacenamiento de 30 días, pero no se contó con los equipos necesarios para la descarga y se depende de la disposición de tiempo de la compañía energética de occidente, durante este periodo de tiempo se realizó el registro de consumo eléctrico durante los diferentes tipos de presentación de envasados, media, botella y garrafa.

4.5.4. Frecuencia y Periodo de adquisición de datos.

Los turnos de envasado en la ILC se desarrollan de 6:00 am a 7:00 pm, con dos descansos de 15 min a las 9:00 am y 4:00 pm. Por lo que se definió que la frecuencia de adquisición de datos sería a las 6:00 am cuando se inicia la producción y a las 7:00 pm al finalizar el turno durante un periodo de dos semanas para el trabajo de campo y para la recolección de información de consumos eléctricos entregados por el dispositivo en la célula de preparación.

4.5.5. Período identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa

El desarrollo de la presente práctica fue durante los meses de julio a diciembre donde se realizó el levantamiento de la información, la elección de los puntos de medida entre otros.

Debido a que la ILC no cuenta con un cronograma de producción establecido, sino que depende de las características del mercado para establecer su programa de producción, se realizó el levantamiento de la información que se produjo en estos meses.

4.5.6. Recolección de variables relevantes

Como se definió anteriormente las variables relevantes en el ejercicio son, el consumo energético en la célula y la producción en esta misma durante un mismo periodo. Para el presente caso se definen dos células, la célula de preparación donde su producción está asociada a al número de preparaciones de aguardiente y la célula de envasado donde su producción está asociada a la cantidad de cajas producidas. A continuación, se mostrará la información recolectada en estas dos células y se realizará el análisis de consumos versus producción.

Célula de preparación

Para la presente práctica se habla de preparación de aguardiente, al cual se le asigna un lote. Cada preparación de aguardiente es de 10.000 litros, esto significan 13.333,33 botellas, 26.666,66 medias o 5.714,28 garrafas de aguardiente, independiente del tipo de producto (aguardiente tradicional o sin azúcar), se realizó la recolección de información de las variables relevantes durante 7 días en esta célula, ver tabla 18.

Consumo Área Preparación			
Día	Consumo kWh	No Preparaciones	Consumo kWh/No Preparación
1	25,1	2	12,55
2	24,3	2	12,15
3	33,32	3	11,10
4	23,9	2	11,95
5	22,4	2	11,2
6	14,9	1	14,9
7	21	2	10,5
Promedio	23,56	2	12,05

Tabla 18. Información de variables célula de preparación. Fuente propia

Con los valores diarios de consumo energético y No de preparaciones se realizó la relación, consumo/preparación, y finalmente se promedió los valores obtenidos, teniendo que para una preparación se consume 12,05 kWh con un valor de incertidumbre de medición es 0,54.

Como se mencionó anteriormente, la descarga de alcohol se realiza cada 3 o 4 meses. El día de la realización de este proceso se registraron los siguientes datos, ver tabla 19.

Descarga de alcohol			
Día	Consumo kWh	No descargas	Relación
1	86,8	5	17,36

Tabla 19. Información sobre consumo energético de descarga de alcohol. Fuente Propia

Así la energía por descarga fue de 17,36 kWh, no es posible calcular la incertidumbre de medición debido a que solo se tiene un dato para este proceso, esta descarga es de 40.000 litros de alcohol que se pueden utilizar en 13,33 preparaciones, entonces para una preparación la energía utilizada es de 1,30 kWh,

De este modo, el consumo energético real para una preparación esta dado por la suma de la energía de equipos de preparación más energía de descarga de alcohol, así este consumo es de **13,08 ± 0,54kWh/preparación** ó **13080 ± 540 Wh/preparación**.

Con el valor de energía de preparación se procedió a relacionar con la cantidad de productos que se puede obtener por cada presentación de aguardiente y así obtener el valor de consumo energético por unidad producida, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo Unidad} = \frac{\text{Consumo enegético por preparación}}{\text{No de botellas,medias o garrafas}} \quad (2)$$

Entonces

$$\text{Consumo Unida botella} = \frac{13.080 \pm 540 \text{ Wh}}{13.333,33 \text{ botellas}} = \mathbf{0,98 \pm 0,040 \text{ Wh/Botella}}$$

$$\text{Consumo Unidad media} = \frac{13.080 \pm 540 \text{ Wh}}{26.666,66 \text{ medias}} = \mathbf{0,49 \pm 0,020 \text{ Wh/Media}}$$

$$\text{Consumo Unidad garrafa} = \frac{13.080 \pm 540 \text{ Wh}}{5.714,28 \text{ garrafas}} = \mathbf{2,28 \pm 0,094 \text{ Wh/garrafa}}$$

Estos valores de energía obtenidos se utilizarán más adelante para encontrar el valor total de energía que se utiliza para la preparación de una unidad de aguardiente en sus diferentes presentaciones.

Célula de envasado

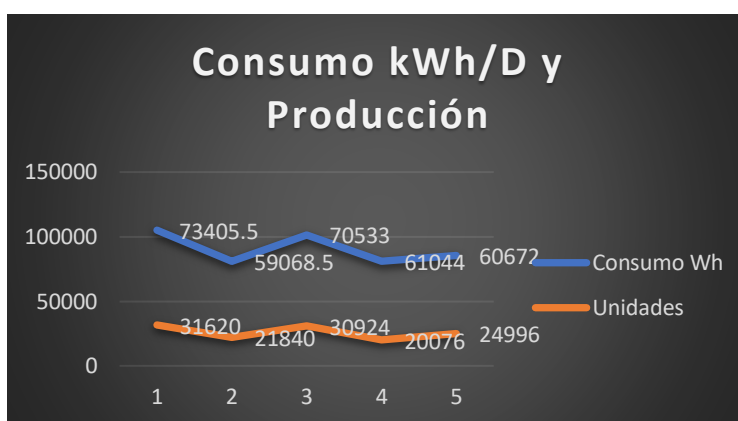
- **Unidad Línea de envasado**

Para la célula de envasado se instaló el medidor ELSTER A1800 el cual abarca el consumo energético exclusivo de la unidad línea de envasado, la descarga de la información de este equipo fue realizada por parte de la Compañía Energética de Occidente, una vez obtenidos los datos de consumo se procedió a recolectar la información de producción dada en cajas de los días de los cuales se obtuvo el registro. Esta información fue agrupada en el formato de recolección de variables relevantes, pero se realizó la adición de dos casillas más para tener facilidad en los cálculos de consumo eléctricos por unidad, además esta información esta discriminada por tipo de producto y por presentación, ver tablas 20, 21, 22. También se

realizó las gráficas de comportamiento de consumo energético y de producción para observar si el consumo está directamente relacionado con la producción, ver Gráficas 5,6 y 7.

Botella Tradicional				
Dia	Consumo Wh	No Cajas	Unidades	Relación consumo/producción
1	73.405.5	2.635	31.620	2,32
2	59.068.5	1.820	21.840	2,70
3	70.533	2.577	30.924	2,28
4	61.044	1.673	20.076	3,04
5	60.672	2.083	24.996	2,42
Promedio	64.944,6		25.891,2	2,55

Tabla 20. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia



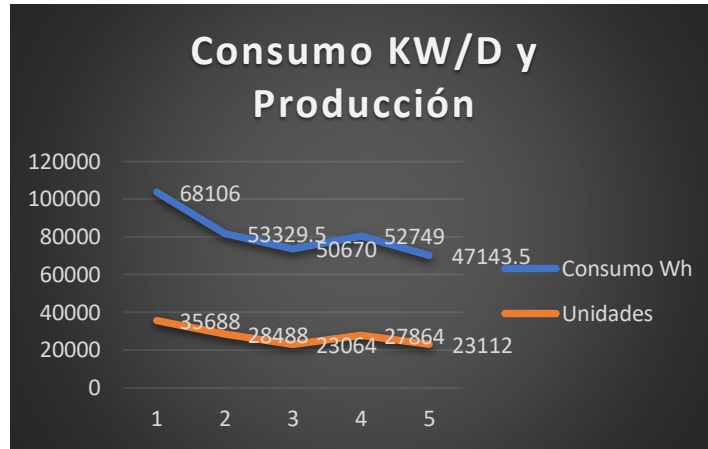
Gráfica 5. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para botella aguardiente tradicional. Fuente Propia

Así el promedio de la relación consumo energético sobre unidades producidas y su incertidumbre de medición es:

$$\text{Consumo Unida botella Tradicional} = 2.55 \pm 0,14 \text{ Wh/botella Tradicional}$$

Media Azul				
Dia	Consumo Wh	No Cajas	Unidades	Relación consumo/producción
1	68.106	1.487	35.688	1,90
2	53.329,5	1.187	28.488	1,87
3	50.670	961	23.064	2,19
4	52.749	1.161	27.864	1,89
5	47.143,5	963	23.112	2,03
Promedio	54.399.6		27.643,2	1,98

Tabla 21. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia



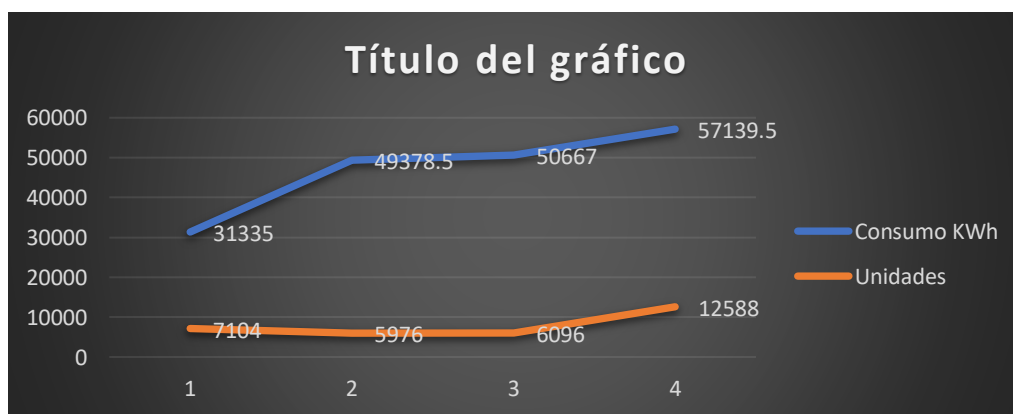
Gráfica 6. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para media aguardiente sin azúcar.
Fuente Propia

La relación de consumo energético y producción, para media de aguardiente azul y su valor de incertidumbre de medición es:

$$\text{Consumo Unidad media sin azúcar} = 1,98 \pm 0,061 \text{ Wh/ media Sin Azúcar}$$

Garrafa Sin Azúcar				
Dia	Consumo kWh	No Cajas	Unidades	Relación consumo/producción
14	31.335	1.184	7.104	4,41
19	49.378,5	996	5.976	8,26
20	50.667	1.016	6.096	8,31
21	57.139,5	2.098	12.588	4,53
Promedio	47.130		7.941	6,38

Tabla 22. Información de variables relevantes en célula de envasado. Fuente Propia



Gráfica 7. Comportamiento de consumo energético y producción célula de envasado para media aguardiente sin azúcar.
Fuente Propia

Finalmente, para la presentación de aguardiente de garrafa sin azúcar se tiene:

Consumo Unidad garrafa sin azúcar = 6,38 ± 1,10 Wh/ garrafa Sin Azúcar

- **Unidad de aire para equipos**

Como se dijo anteriormente el medidor instalado en la célula de envasado es exclusivo para la unidad de línea de envasado, por lo que para la unidad de aire para equipos se realizó una estimación de consumos energéticos al único módulo de control que existe que es el compresor, con un procedimiento adecuado para este.

En esta unidad se encuentra un compresor marca Ingersoll rand con una capacidad de 180L, 80 hp de potencia, un voltaje de 230 V, un consumo de corriente 69,5 A y un factor de potencia de 0,86; datos obtenidos de la placa de información del motor. El compresor cuenta con dos estados de funcionamiento: Carga y Normal. En el estado de carga la corriente consumida es mayor a la corriente del estado normal, además el compresor tiene su propio sistema de medición de estos estados en horas, con lo cual se procedió a realizar la estimación de consumo energético de este equipo.

Primero se realizó la medición de la corriente, con el uso de equipos idóneos para este proceso, con el cual se obtuvo los valores de corriente de funcionamiento en los dos estados, ver Imágenes 12 y 13.

De esta medición, se obtuvo que los promedios de consumo de corriente de las tres líneas de alimentación del compresor para los dos estados son:

Consumo de corriente en estado Normal: 19,56 A

Consumo de corriente en estado Carga: 40,66 A



Imagen 12. Corriente compresor estado carga. Fuente Propia



Imagen 13. Consumo corriente compresor en estado normal. Fuente Propia

A continuación, se recolectó el número de horas en estado de carga y en estado normal durante 4 días de jornada laboral común, es decir de 12 a 13 horas de trabajo, y así obtener un promedio respecto al total de horas de funcionamiento, ver Tabla 23.

Dia	Horas de carga	Horas normales	total
1	6	7	13
2	5	8	13
3	4	7	11
4	6	6	12
Promedio	5,25	7	12,25

Tabla 23. Número de horas de funcionamiento por estado. Fuente Propia

Con el promedio de horas de uso en los estados de Carga y Normal para una jornada, la corriente, el voltaje y la información de la placa, se procedió a encontrar la energía consumida por el compresor utilizando la ecuación 4, así la energía total sería la suma de las energías encontradas en los dos estados

$$Wh = \sqrt{3}.V.I.Fp.h \quad (4)$$

Wh = Energía

V = Voltaje

I= Corriente

Fp = Factor de potencia

H = Horas de uso

$$\text{Energía en estado de Carga} = \sqrt{3} * 230V * 19,56 A * 0,86 * 5,25h = 35.182,55 Wh$$

$$\text{Energía en estado Normal} = \sqrt{3} * 230V * 40,66A * 0,86 * 7 = 97.510,71 Wh$$

De este modo la energía utilizada por el compresor para una jornada de 12,25 horas es de 132.693,26 Wh o 132.69 KWh

Este valor de energía se relaciona con la información de promedio de unidades producidas, entregado en el ítem anterior de las diferentes presentaciones de aguardiente con el fin de obtener un valor de energía adjudicado por el compresor correspondiente a una unidad producida.

$$\text{Energía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 Wh}{25.891.2 \text{ botella tradicional}} = 5,12 Wh/\text{botella T}$$

$$\text{Energía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 Wh}{27.643.2 \text{ media Sinazúcar}} = 4,8 Wh/\text{media SA}$$

$$\text{Energía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 Wh}{7.941 \text{ garrafas Sinazúcar}} = 16,70 Wh/\text{garrafa SA}$$

- **Luminaria**

De la luminaria instalada a lo largo de las diferentes áreas, se observó que algunas no se encuentran conectadas a los mismos circuitos eléctricos de donde procede la electricidad para el resto de equipos, para el caso de las células involucradas con el proceso de preparación de aguardiente esto solo sucede en la célula de envasado, debido a que esta cuenta con un circuito de distribución eléctrica exclusivo para la línea de envasado, por lo que la alimentación eléctrica para la luminaria de esta es de otro circuito, se debió entonces estimar la energía que se utiliza a lo largo de un día de producción con la información de los consumos eléctricos de las luces instaladas. Ver Tabla 24.

ITEM	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de Luminaria	Voltaje (v)	Energía Wh
1	12,5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3.000
2	12,5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3.000
3	12,5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3.000
4	12,5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3.000
5	0	Luminaria Led Campana (180W)	180	0
6	0	Luminaria Led Campana (180W)	180	0
7	12,5	Reflector 50	50	625
8	12,5	Tubo led	22	275
9	12,5	Tubo led	22	275

ITEM	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de Luminaria	Voltaje (v)	Energía Wh
10	12,5	Tubo led	22	275
11	12,5	Tubo led	22	275
12	12,5	Tubo led	22	275
13	12,5	Tubo led	22	275
14	12,5	Tubo led	22	275
15	12,5	Tubo led	22	275
16	12,5	Tubo led	22	275
17	12,5	Tubo led	22	275
18	12,5	Tubo led	22	275
19	12,5	Tubo led	22	275
20	12,5	Tubo led	22	275
21	12,5	Tubo led	22	275
22	12,5	Tubo led	22	275
23	12,5	Tubo led	22	275
24	12,5	Tubo led	22	275
25	12,5	Tubo led	22	275
26	12,5	Tubo led	22	275
27	12,5	Tubo led	22	275
28	12,5	Tubo led	22	275
29	12,5	Tubo led	22	275
30	12,5	Tubo led	22	275
31	12,5	Tubo led	22	275
32	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
33	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
34	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
35	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
36	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
37	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
38	12.5	Tubo led	22	275
39	12.5	Tubo led	22	275
40	12.5	Tubo led	22	275
41	12.5	Tubo led	22	275
42	13	Tubo led	22	286
43	13	Tubo led	22	286
44	13	Incandescente	60	780
45	12.5	Bombillo Ahorrador	25	312,5
46	12.5	Tubo led	18	225
47	12.5	Tubo led	18	225

ITEM	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de Luminaria	Voltaje (v)	Energía Wh
48	12.5	Tubo led	18	225
49	12.5	Tubo led	18	225
50	12.5	Bombillo Ahorrador	25	312.5
Total, Consumo				28,602

Tabla 24. Censo de carga luminaria área de preparación. Fuente Propia

De la Tabla 24 se observa que en una jornada laboral de duración de 12,5 horas se consumen 28,602 kWh.

Este valor es relacionado con los niveles de producción obtenidos en los ítems anteriores para obtener un valor de energía de luminarias consumida por unidad producida.

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28,602 \text{ Wh}}{25.891,2 \text{ botella tradicional}} = 1,10 \text{ Wh/botella T}$$

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28,602 \text{ Wh}}{27.643,2 \text{ mediaSinazúcar}} = 1,03 \text{ Wh/ media SA}$$

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28,602 \text{ Wh}}{7,941 \text{ garrafasSinazúcar}} = 3,60 \text{ Wh/garrafa SA}$$

4.6. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se desarrolló durante 8 días en la unidad de envasado, en la cual se encuentra la mayoría de equipos utilizados dentro del proceso productivo, para el registro de la información se utilizó el formato de captura de información de la sección 3.5, y está fue agrupada, ver tabla 20.

Día	Turno	No Cajas	Paradas en min	Descripción Parada
1	A	1.020	126	Falla etiquetadora y triblock
	B	1.615	-	
2	A	460	50	Falla triblock y depaletizadora
	B	1.360	60	Falla triblock y video Jet
3	A	1.240	75	Falla triblock, video jet, depaletizadora
	B	1.337	15	Falla triblock encartonadora
4	A	833	-	
	B	840	63	Falla triblock
5	A	1.240	49	Falla triblock, sin aguardiente
	B	843	32	Falla encartonadora, sin aguardiente
6	A	96	321	Cambio de presentación
	B	590	57	Falla encartonadora y etiquetadora
7	A	637		
	B	850	62	falla encartonadora, etiquetadora y triblock
8	A	479		
	B	656	126	falla etiquetadora, triblock, actividad extra

Tabla 25. Agrupación de información de trabajo de campo. Fuente Propia

De este trabajo se obtuvo como resultados que:

- Existe un turno más productivo que el otro, evidenciado en la producción, esto es debido al conocimiento que tienen los operarios de los equipos y cómo ellos solucionan las fallas que se presentan; el conocimiento de la maquinaria y como solucionar las fallas presentes es influenciado por el coordinador de cada turno.
- Existen un descanso no establecido en los horarios normales, este se da en el turno de la mañana donde todo el personal sale al cafetín interno de esta unidad a las 7 am haciendo que se detenga proceso productivo.
- Existen fallas continuas en los equipos que hacen que el proceso productivo se detenga.
- El cambio de presentación puede llegar a tomar hasta 3 horas.
- Los descansos establecidos en el horario, suelen extenderse de 20 a 30 minutos.
- En el momento en que hay paradas por fallas técnicas, el sistema de transporte sigue funcionando, gastando energía sin que se realice trabajo alguno.

4.7. Resultados

Con los valores de consumos energéticos por unidad producida encontrados en las unidades relacionadas directamente con producción y según la ecuación (3), se tiene que

$$EPUA = ECP + ECE$$

La energía presente en la unidad de envasado se encuentra dividida en tres: energía de línea de envasado, energía de aire para equipos y energía de luminarias.

De ahí que la energía para producir una botella de aguardiente es:

$$EBT = \left(0,98 \pm 0,040 \frac{Wh}{Botellas T}\right) + \left(2,55 \pm 0,14 \frac{Wh}{Botellas T} + 5,12 \frac{Wh}{Botellas T} + 1,10 \frac{Wh}{Botellas T}\right) = 9,75 \pm 0,18 \frac{Wh}{Botellas T}$$

$$EMSA = \left(0,49 \pm 0,020 \frac{Wh}{media SA}\right) + \left(1,98 \pm 0,061 \frac{Wh}{media SA} + 4,8 \frac{Wh}{media SA} + 1,03 \frac{Wh}{media SA}\right) = 8,3 \pm 0,081 \frac{Wh}{media SA}$$

$$EGSA = \left(2,28 \pm 0,094 \frac{Wh}{garrafa SA}\right) + \left(6,38 \pm 1,10 \frac{Wh}{garrafa SA} + 16,70 \frac{Wh}{garrafa SA} + 3,60 \frac{Wh}{garrafa SA}\right) = 29,48 \pm 0,194 \frac{Wh}{garrafa SA}$$

Donde:

EBT= Energía Botella de Aguardiente Tradicional

EMSA = Energía Media de Aguardiente Sin Azúcar

EGSA = Energía garrafa de Aguardiente Sin Azúcar

Según el jefe de mantenimiento, actualmente en la unidad de línea de envasado el rendimiento de producción (unidades envasadas) es un 10% mayor en aguardiente Tradicional respecto al aguardiente Sin azúcar, esto se debe a que el envase para el aguardiente sin azúcar presenta un tratamiento de opalizado, que hace que se presenten más fallas en toda la línea, así con esta información se realizan los cálculos de consumos eléctricos y producción en la célula de envasado nuevamente, donde se adiciona o se resta el valor de este porcentaje a los niveles de producción y se encuentra la relación. En la célula de preparación no es necesario realizar nuevamente los cálculos, debido a que en esta no es relevante el tipo de producto, por lo cual para encontrar los valores totales de energía consumida se utilizaran los encontrados anteriormente.

- **Envasado**

$$\text{Consumo Unidas Botella Sin Azúcar} = 2,80 \pm 0,15 \text{ Wh/botella SA}$$

$$\text{Consumo Unidad media Tradicional} = 1,70 \pm 0,054 \text{ Wh/ media T}$$

$$\text{Consumo Unidad garrafa Tradicional} = 5,74 \pm 0,99 \text{ Wh/garrafa T}$$

- **Compresor**

$$\text{Energía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 \text{ Wh}}{23.302,08 \text{ botella Sin Azúcar}} = 5,69 \text{ Wh/botella SA}$$

$$\text{Energía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 \text{ Wh}}{30.407,52 \text{ media Sin azúcar}} = 4,36 \text{ Wh/ media T}$$

$$\text{nergía de compresor por unidad} = \frac{132.693,26 \text{ Wh}}{8.735,1 \text{ garrafas Sin azúcar}} = 15,19 \text{ Wh/garrafa T}$$

- **Luminaria**

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28.602 \text{ Wh}}{23.302,08 \text{ botella Sin Azúcar}} = 1,22 \text{ Wh/botella SA}$$

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28.602 \text{ Wh}}{30.407,52 \text{ media Sin azúcar}} = 0,94 \text{ Wh/ media T}$$

$$\text{Energía de Luminaria por unidad} = \frac{28.602 \text{ Wh}}{8.735,1 \text{ garrafas Sin azúcar}} = 3,27 \text{ Wh/garrafa T}$$

Así se realiza la suma de los valores de energía encontrados en las diferentes unidades teniendo que:

$$\begin{aligned} EBSA &= \left(0,98 \pm 0,040 \frac{\text{Wh}}{\text{Botella SA}} \right) + \left(2,80 \pm 0,15 \frac{\text{Wh}}{\text{Botella SA}} + 5,69 \frac{\text{Wh}}{\text{Botella SA}} + 1,22 \frac{\text{Wh}}{\text{Botella SA}} \right) \\ &= 10,96 \pm 0,19 \frac{\text{Wh}}{\text{Botella SA}} \end{aligned}$$

$$EMT = \left(0,49 \pm 0,020 \frac{Wh}{media T}\right) + \left(1,70 \pm 0,054 \frac{Wh}{media T} + 4,36 \frac{Wh}{media T} + 0,94 \frac{Wh}{media T}\right)$$

$$= 7,49 \pm 0,074 \frac{Wh}{media T}$$

$$EGT = \left(2,28 \pm 0,094 \frac{Wh}{garrafa T}\right) + \left(5,74 \pm 0,99 \frac{Wh}{garrafa T} + 15,19 \frac{Wh}{garrafa T} + 3,21 \frac{Wh}{garrafa T}\right)$$

$$= 26,42 \pm 1,08 \frac{Wh}{garrafa T}$$

Donde:

EBSA= Energía Botella de Aguardiente Sin Azúcar

EMT = Energía Media de Aguardiente Tradicional

EGT = Energía garrafa de Aguardiente Tradicional

4.8. Análisis de la información

-Con el estudio realizado, se logró comprobar que los valores obtenidos mediante la estimación de consumo energético con censo de carga y el método desarrollado en la célula de preparación son cercanos, $13,68 \frac{kWh}{preparación}$ y $13,08 \frac{kWh}{preparación}$, del cual se obtuvo un error de 4.5% entre los dos valores, es decir que la estimación realizada se encuentra entre el rango de referencia según [17].

-De las dos células involucradas en el proceso productivo para la preparación de aguardiente, la de mayor relevancia es la célula de envasado, el porcentaje de consumo energético es de un 91,6% y para la célula de preparación un porcentaje de 8,33%, ver Tabla 26.

Producto	Consumo kWh Preparación	Consumo kWh Envasado	Porcentaje preparación %	Porcentaje envasado %
BT	0,98	8,77	10	90
MT	0,49	7	7	93
GT	2,28	24,14	9	91
BSA	0,98	9,98	9	91
MSA	0,49	7,81	6	94
GSA	2,8	26,68	9	91
Promedio			8,33	91,66

Tabla 26. Tabla de porcentajes de consumo por área. Fuente Propia

El compresor es un equipo que presenta gran consumo energético, como se observó en la gráfica 4, al momento de realizar la estimación de consumo eléctrico mediante las horas de uso y luego sumarlo al resto de energías se comprueba que efectivamente este es el valor más representativo en la célula de envasado, con un porcentaje de 61%, ver Tabla 27.

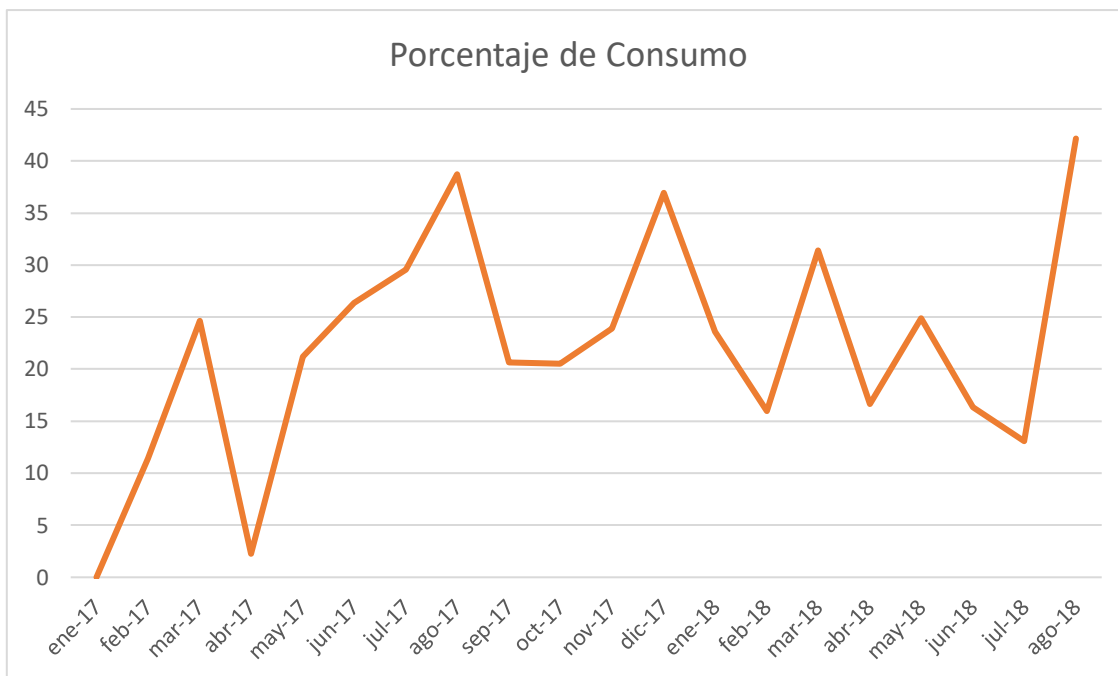
Producto	Consumo kWh línea	Consumo kWh Compresor	Consumo kWh Luminaria	Porcentaje Línea	Porcentaje Compresor	Porcentaje Luminaria
BT	2,55	5,12	1,1	29	58	13
MT	1,7	4,36	0,94	24	62	14
GT	5,74	15,19	3,21	24	63	13
BSA	2,8	5,6	1,22	29	58	13
MSA	1,98	4,8	1,03	25	62	13
GSA	6,38	16,7	3,6	24	63	13
Promedio				25,83	61	13,16

Tabla 27. Porcentaje de Consumo unidad línea de envasado.

-Una vez obtenido el valor de consumo energético por unidad producida se procedió a encontrar el costo de producción, con la tarifa de kWh al cual compró la energía la ILC, desde enero de 2017 hasta agosto de 2018, es decir, el valor de energía en las diferentes presentaciones, por la totalidad de unidades y finalmente por el valor de kWh en los diferente meses, así se encontró el costo asignado a producción, con cual se obtuvo el porcentaje de costos de producción con respecto con respecto al total facturado mes a mes, ver Tabla 28.

Producción en Unidades							Consumo kWh Producción	Precio \$ kWh/mes	Total \$ Producción	Total \$ Facturado	Porcentaje Producción %
Mes/año	M/b	Bot	garrafa	garrafa SA	M/B SA	Bot SA					
ene-17							0	344,41	0	3.218.753	0
feb-17		79.380	9.030		19.296		1.168,71	346,36	404.796,26	3.538.745	11.43
mar-17					356.568		2.959,51	347,02	1.027.010,68	4.167.565	24.64
abr-17		11.952				5.532	176,56	387,07	68.343,06	3.036.198	2.25
may-17	222.720	73.440				82.500	3.284,74	387,07	1.271.424,62	5.994.768	21.20
jun-17	255.744	171.540				71.028	3.284,74	388,14	1.274.939,29	4.839.401	26.34
jul-17	53.208	160.548			188.184	177.156	5.459,40	395,74	2.160.503,14	7.313.733	29.54
ago-17	275.712		36.822	24.384	73.944	124.680	5.736,98	403,34	2.313.956,91	5.976.072	38.72
sep-17	316.680						2.371,93	411,07	975.030,58	4.720.942	20.65
oct-17		253.548					2.459,41	377,86	929.314,77	4.530.801	20.51
nov-17	3.528	282.732					2.768,92	379,18	1.049.921,02	4.389.271	23.92
dic-17	532.800						3.990,67	383,48	1.530.342,89	4.141.525	36.95
ene-18	184.464		19.890				2.314,79	346,37	801.775,40	3.396.325	23.60
feb-18	96.336				61.896	33.036	1.597,36	346,37	553.280,35	3.467.373	15.95
mar-18	33.312				207.048	114.324	3.220,99	354,32	1.141.263,41	3.632.703	31.41
abr-18	111.672	96.012					1.767,73	369,53	653.232,84	3.924.457	16.64
may-18		29.112	36.696	14.466	194.016	72.600	3.389,72	355,22	1.204.098,44	4.833.532	24.91
jun-18	238.968	32.976			78.168		2.758,53	412,8	1.138.721,97	6.959.322	16.36
jul-18	76.080	98.124				9.468	1.625,41	414,26	673.342,87	5.150.889	13.07
ago-18	210.864	112.692			152.592	155.976	5.648,49	414,29	2.340.114,71	5.550.722	42.15

Tabla 28. Valor real por consumo y total facturado. Fuente propia



Gráfica 8. Variación del porcentaje de consumo energético en producción. Fuente Propia

-Realizando una comparación entre el valor total facturado, y el valor total consumido por producción se tiene que este no supera un porcentaje superior al 50% del total de la factura; debido a que mes a mes el valor del kWh.

-Se observa que los precios por unidad disminuyen de acuerdo a la presentación, garrafa mayor precio, media menor precio, esto es debido a la cantidad de unidades producidas, ya que se está utilizando un mismo nivel de energía en la unidad de aire para equipos independientemente el tipo de presentación, pero el nivel de producción en garrafa es bajo y el nivel de producción en media es el más alto con respecto a los otros productos.

- Con el conocimiento del consumo energético fijo necesario para producir una unidad de aguardiente en cualquiera de las presentaciones, es posible encontrar el costo por unidad producida, por lo que la estructura de costos actual de la ILC debería modificarse.

5. Conclusiones

- Los resultados obtenidos muestran, que tanto la estimación de energía mediante la utilización de equipos de medición como la estimación realizada teóricamente, en las diferentes células de proceso, convergen hacia un mismo valor, por tanto, se puede afirmar, que el método desarrollado es apropiado en la implementación práctica
- Se comprobó que el indicador energético actual con el que cuenta la ILC para el área de producción, tiene una gran variación respecto a los valores encontrados al finalizar el estudio; actualmente se asigna el 60% del total facturado al área de producción, el análisis de los datos encontrados mostró que dicho consumo no obedece a un porcentaje superior al 50%, sin embargo, es bastante variable. Indicando esto que mes a mes hay consumos de energía no identificados en la empresa. Aun así, se puede afirmar que el costo de energía actual asignado a la parte productiva, del precio total por unidad producida de la ILC 60-40 no es certero.
- Se encontró un valor fijo de consumo de energía para la producción de las diferentes presentaciones de aguardiente, pero no se puede asignar un precio fijo a estas debido a la variación de valor del kWh mes a mes, sin embargo, se le puede hacer un seguimiento a su costo si se cuenta con el valor del kWh que cada mes el operador de red le cobra a la ILC.
- Es necesario contar con un sistema de medición eléctrica fija y en diferentes puntos de la empresa, debido que para la presente práctica se realizó la instalación de equipos de medición de manera temporal. Estos equipos se deben instalar en las células que conforman el área de preparación y relacionarse con el sistema de medición de producción con el que cuenta actualmente la ILC.

5.2. Recomendaciones

En la presente sección se realizarán recomendaciones a la empresa, con lo que se busca reafirmar el valor de los datos obtenidos y obtener mejoras en el desempeño:

-Se debe realizar la independización de los circuitos eléctricos para las células de preparación y línea de envasado, con sus respectivas unidades, para así tener claridad sobre las conexiones eléctricas y la cantidad de equipos conectados en cada circuito.

-Como se identificó en la célula de línea de envasado, el equipo de mayor consumo es el compresor, por lo que se debe realizar un análisis a profundidad de su funcionamiento y verificar si presenta un sobredimensionamiento, además observar si las líneas de transmisión del aire que este alimenta presentan fugas, lo que puede estar ocasionando un consumo de energía innecesario. Por otra parte, contar con un sistema de alimentación con energías alternativas para este sistema podría representar una buena opción para la disminución de costos.

- En el momento de la descarga se debe utilizar la motobomba B-101 que cuenta con una mayor capacidad de potencia para el trabajo.
- Se debe instalar un sistema de control de velocidad en los motores del sistema de transporte, el cual permita disminuir o finalizar el movimiento cuando se presente una falla en los otros módulos de equipo.
- Se debe realizar la formación del manejo de equipos a todo el personal que labora en la unidad línea de envasado, así cuando se presenten fallas todos estarán en la capacidad de resolverlo con rapidez.

Bibliografía

- [1] P. Larraz, «Buenas prácticas para el ahorro de energía en la empresa,» <http://www.optimagrid.eu>, 01 01 2011. [En línea]. Available: <http://4.interreg-sudoe.eu/ESP/f/138/70/OPTIMAGRID/Los-proyectos-aprobados/>. [Último acceso: 05 02 2018].
- [2] A. Boharb, A. Allouhi, R. Saidur, T. Kousksou y A. Jamil, «Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Morocco.,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, pp. 569-581, 2017.
- [3] M. Pye y A. McKane, «Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits,» *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 28, pp. 171-183, 2000.
- [4] A. Tinoco, «Integración Empresarial, una Posición,» [En línea]. Available: <http://www.bpicenter.com/eBPublicacion/Integraci%F3n%20empresarial%20u>. [Último acceso: 14 05 2018].
- [5] H. Mowen, Administración de Costos contabilidad y control, Mexico DF: CENGAGE Learning., 2006.
- [6] Energía, «La Superservicios revela en qué regiones están las tarifas más altas de energía,» *Revista Dinero*, 17 5 2017. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/pais/articulo/tarifas-de-energia-mas-altas-en-colombia/245467>. [Último acceso: 5 15 2018].
- [7] R. Estévez, «La huella de carbono como indicador de competitividad,» *ECO Inteligencia*, 3 5 2012. [En línea]. Available: <https://www.ecointeligencia.com/2012/05/huella-de-carbono-indicador-de-competitividad/>. [Último acceso: 14 5 2018].
- [8] C. Galarza, «CERTIFICACIÓN AMBIENTAL: OPORTUNIDAD DE NEGOCIOS SUSTENTABLES,» *sustentator*, 1 10 2012. [En línea]. Available: <http://www.sustentator.com/blog-es/2012/10/certificacion-ambiental-oportunidad-de-negocios-sustentables/>. [Último acceso: 14 05 2018].
- [9] A. Boharb, A. Allouhi, R. Saidur, T. Kousksou y A. Jamil, «Auditing and analysis of energy consumption of an industrial site in Morocco,» *ENERGY*, vol. 101, pp. 332-342, 2016.
- [10] M. Casals, M. Gangolellsa, N. Forcada, M. Macarulla y A. Giretti, «A breakdown of energy consumption in an underground station.,» *Energy and Buildings*, vol. 78, pp. 89-97, 2014.

- [11] J. Fresner, F. Morea, C. Krenn, J. Uson y F. Tomasi, «Energy efficiency in small and medium enterprises: Lessons learned from 280 energy audits across Europe,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, pp. 1650-1660, 2016.
- [12] ISO, *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001*, Bogotá: IContec, 2011.
- [13] ISO, *DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS50002*, Suiza, 2013.
- [14] L. C. J. Carlos, *Criterios para la realización de auditorías energéticas en los sectores público, comercial y residencial de Colombia*, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- [15] C. FIDE, *PROGRAMA INTEGRAL DE “ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE ESPECIALISTAS EN AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE GUATEMALA*, Guatemala, 2010.
- [16] L. Omar, «El espacio del ing. Guerrero,» 18 05 2009. [En línea]. Available: <https://iguerrero.wordpress.com/2009/05/18/censo-general-de-cargas/>. [Último acceso: 15 10 2018].
- [17] G. F. M. Isabel, «GUÍA DE ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AHORRO ELÉCTRICO NTC ISO 50001,» *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, vol. 42, p. 15, 2016.
- [18] R. I. V. Q. K. R. R. O. A. Chacón Edgar Alfonso, «Aplicación del Estándar ISA88 en el Modelado del Proceso de Producción de Azúcar en un Central Azucarero,» *Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice*, p. 20, 2009.
- [19] C. S. Antonio, *Instrumentación Industrial*, Bogotá: Alfaomega S.A, 1997.
- [20] T. I. S. O. AUTOMATION, *ISA-88.01-1995 (R2006)*, North Carolina: ISA, 2006.
- [21] I. L. d. Cauca, «Industria Licorera del Cauca,» [En línea]. Available: <http://aguardientecaucano.com/institucional/nuestra-historia/>. [Último acceso: 11 12 2018].
- [22] V. L. ., V. G. K. ., M. G. B. Amghizar Ismaël, «New Trends in Olefin Production,» *Engineering*, pp. 171-178, 2017.

ANEXO A

Se anexan los diagramas PFD, P&ID y línea de envasado en herramienta digital de edición Visio.

ANEXO B

Modelo Físico ILC

Modelo físico área preparación Industria Licorera del Cauca					
Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control	
Industria licorera del Cauca	Preparación	Unidad de Tratamiento de Agua	TK 001-1	HV 001	
			TK 001-2	SV 002	
			TK 002-1	HV 003	
				HV 004	
				HV 005	
				HV 006	
				HV 007	
				SV 008	
				HV 009	
				HV 010	
				HV 011	
				HV 012	
				HV 013	
				HV 014	
				LSH 001-1	
				LSL 001-1	
				LG 002-2	
				LIT 002-1	
				B-001	
				B-002	
			B-003		
			B-004		
			F 001		
			F 002		
			Unidad Almacenamiento de Alcohol	TK 101	HV 101
				TK 102	HV 102
				TK 103	HV 103
				TK 104	HV 104
				TK 105	HV 105
				TK 106	HV 106
	TK 107	HV 107			
		HV 108			
		HV 109			

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control
				HV 110
				HV 111
				HV 112
				HV 113
				HV 114
				HV 114-2
				HV 115
				HV 115-2
				HV 116
				HV 116-2
				HV 117
				HV 117-2
				HV 118
				HV 118-2
				HV 119
				HV 119-2
				HV 120
				HV 121
				HV 122
				HV 123
				HV 124
				HV 125
				HV 126
				HV 127
				HV 128
				HV 129
				HV 129-2
				HV 130
				HV 131
				HV 132
				HV 133
				HV 134
				HV 135
				HV 136
				HV 137
				HV138
				B-101
				B-102
				B-103
				B-104

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control
				B-105
				B-106
				FT 100
				Filtro 101
				Filtro 102
				Filtro 103
				Filtro 104
				Filtro 105
		Unidad de Preparación de Aguardiente	TK A1	HV 202
			TK A2	HV 203
			TK B1	HV 204
			TK B2	HV 205
				HV 206
				HV 207
				HV 208
				HV 209
				HV 210
				HV 211
				HV 212
				HV 213
				HV 213-2
				HV 214
				HV 214-2
				HV 215
				HV 215-2
				HV 215-3
				HV 216
				HV 216-2
				HV 216-3
				HV 217
				HV 218
				HV 219
				M-202
				M-201
				LI-B1
				LI-A1
				FT 200
				Filtro F-200
			TK 201	HV 301

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control	
		Unidad de Almacenamiento de aguardiente	TK 202	HV 302	
			TK 203	HV 303	
			TK 204	HV 304	
				TK 205	HV 305
				TK 206	HV 306
				TK 207	HV 307
				TK 208	HV 308
				TK 300-A	HV 309
				TK 300-B	HV 309-2
				TK 300-C	HV 309-3
				TK 301	HV 310
				TK 302	HV 310-2
				TK 303	HV 310-3
				TK 304	HV 311
				TK 305	HV 311-2
				TK 306	HV 311-3
				TK 307	HV 312
				TK 308	HV 312-2
					HV 312-3
					HV 313
					HV 313-2
					HV 313-3
					HV 314
					HV 314-2
					HV 314-3
					HV 315
					HV 315-2
					HV 315-3
					HV 316
					HV 316-2
					HV 316-3
					HV 317
					HV 318
				HV 319	
				HV 320	
				HV 321	
				HV 322	
				HV 323	

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control
				HV 324
				HV 325
				HV 326
				HV 327
				HV 328
				HV 329
				HV 330
				HV 331
				HV 332
				HV 333
				HV 333-2
				HV 333-3
				HV 334
				HV 334-2
				HV 334-3
				HV 335
				HV 335-2
				HV 335-3
				HV 336
				HV 336-2
				HV 336-3
				HV 337
				HV 337-2
				HV 337-3
				HV 338
				HV 338-2
				HV 338-3
				HV 339
				HV 339-2
				HV 339-3
				HV 340
				HV 340-2
				HV 340-3
				HV 341
				HV 341-2
				HV 341-3
				HV 342
				HV 342-2
				HV 343-3
				HV 343

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control
				HV 343-2
				HV 343-3
				HV 344
				HV 345
				HV 346
				HV 347
				HV 348
				HV 349
				HV 350
				LI 201
				LI 202
				LI 203
				LI 204
				LI 205
				LI 206
				LI 207
				LI 208
				LI 300A
				LI 300B
				LI 300C
				LI 301
				LI 302
				LI 303
				LI 305
				LI 306
				LI 307
				LI 308
				B-301
				Filtro FP-200
				Filtro F-300
				Filtro F-301
	Envasado	línea Envasado	Depaletizadora	MD-1
			Triblock	MD-2
			Etiquetadora	MD-3
			Devider	MD-4
			Encartonadora	MD-5
			Sistema Transporte	MT-1
				MT-2
				MT-3
				MT-4

Área	Célula	Unidad	Modulo equipo	Modulo Control
				MT-5
				MT-6
				MT-7
				METI-1
				METI-2
				VJ-E1
				MDE-1
				MDE-2
				MDE-3
				ME-1
				ME-2
				ME-3
				ME-4
				ME-5
				S.I.C.C
				UNICORN
				VJ-E1
				MTRA-1
				MTRA-2
				MTRA-3
				MTRA-4
				MTRA-5
				MTRA-6
				MTRA-7
				MTRA-8
				MTRA-9
				MTRA-10
				MB-1
				MB-2
		unidad de sistema de Aire		MC-1

Anexo C

Censo de Carga luminaria área de producción

Ítem	Unidad	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de luminaria	Potencia	Energía Wh
1	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
2	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
3	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
4	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
5	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
6	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
7	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
8	PRODUCCION	2	Tubo led	22	44
9	PRODUCCION	2	Bombillo Ahorrador	15	30
10	PRODUCCION	0.1	Luminaria Led Campana (180W)	180	18
11	PRODUCCION	0.1	Luminaria Led Campana (180W)	180	18
12	PRODUCCION	0.1	Luminaria Led Campana (180W)	180	18
13	PRODUCCION	0	Fluorescente tubo	39	0
14	PRODUCCION	0	Fluorescente tubo	39	0
15	PRODUCCION	0.25	Tubo led	22	5.5
16	PRODUCCION	0.25	Tubo led	22	5.5
17	PRODUCCION	0.1	Reflector 50	50	5
18	PRODUCCION	0	Lámpara Halógena	250	0
19	PRODUCCION	12.5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3000
20	PRODUCCION	12.5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3000
21	PRODUCCION	12.5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3000
22	PRODUCCION	12.5	Luminaria Led Campana (240W)	240	3000
23	PRODUCCION	0	Luminaria Led Campana (180W)	180	0
24	PRODUCCION	0	Luminaria Led Campana 25(180W)	180	0
25	PRODUCCION	12.5	Reflector 50	50	625
26	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
27	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275

Ítem	Unidad	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de luminaria	Potencia	Energía Wh
28	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
29	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
30	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
31	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
32	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
33	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
34	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
36	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
37	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
38	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
39	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
40	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
41	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
42	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
43	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
44	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
45	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
46	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
47	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
48	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
49	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
50	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
51	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
52	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
53	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
54	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
55	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
56	PRODUCCION	5	Luminaria Led Campana (180W)	180	900
57	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
58	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
59	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
60	PRODUCCION	12.5	Tubo led	22	275
61	PRODUCCION	13	Tubo led	22	286

Ítem	Unidad	Utilización (H/Día) 3MI - 6 MIN	Tipo de luminaria	Potencia	Energía Wh
62	PRODUCCION	13	Tubo led	22	286
63	PRODUCCION	13	Incandescente	60	780
64	PRODUCCION	12.5	Bombillo Ahorrador	25	312.5
65	PRODUCCION	12.5	Tubo led	18	225
66	PRODUCCION	12.5	Tubo led	18	225
67	PRODUCCION	12.5	Tubo led	18	225
68	PRODUCCION	12.5	Tubo led	18	225
69	PRODUCCION	12.5	Bombillo Ahorrador	25	312.5
70	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
71	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
72	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
73	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
74	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
75	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
76	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
77	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
78	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
79	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
80	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
81	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
82	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
83	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
84	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
85	PRODUCCION	4	Bombillo Ahorrador	10	40
86	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
87	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
88	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
89	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
90	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
91	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
92	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
93	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
94	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
95	PRODUCCION	4	Tubo led	22	88
96	PRODUCCION	4	Lámpara Halógena	250	1000
97	PRODUCCION	4	Lámpara Halógena	250	1000