Propuesta de un modelo de eficiencia energética como estrategia de reducción de costos para el sector confección en el área metropolitana de Bucaramanga

Laura Milena Arango Mendoza, Diana Carolina Martínez Villamizar

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieras Industriales

Directora:

Martha Liliana Torres Barreto

Doctora en estrategia y marketing

Codirector

Ricardo Alzate Castaño

Doctor en automatización

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías físico mecánicas

Escuela de estudios industriales y empresariales

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A Dios por darme sabiduría para cumplir con esta meta.

A mi papá, mamá y hermano; y mi familia por confiar en mí y brindarme su apoyo.

A mis amigos por su apoyo incondicional, consejos y motivación.

A mi compañera de proyecto por su esfuerzo y entrega en esta aventura.

Diana.

A Dios por concederme la fortaleza y la sabiduría necesaria para alcanzar este reto.

A mi familia por su ejemplo, sus consejos, su apoyo incondicional y la resistencia en los momentos difíciles.

A mi papá y mi hermano por darme el soporte en los conceptos eléctricos.

A mis amigos que estuvieron ahí a cada paso de este camino apoyándome y aconsejándome, aportando en cada detalle de este trabajo.

A mi compañera por mantener el equilibrio y esforzarse hasta el final.

Laura.

Agradecimientos

Gracias a Dios por darnos fortaleza.

Queremos agradecer a todos los que contribuyeron al desarrollo del proyecto por sus aportes valiosos y apoyo incondicional en los momentos difíciles.

Al maravilloso equipo de Galea por ser el hogar ideal para desarrollarnos como personas y profesionales.

A Alejandro Parado por sus aportes y enseñarnos sobre conocimientos el área eléctrica.

A Paola Villabona por su guía, consejos y exigencias que hicieron de este proyecto un gran trabajo.

A la profesora Martha Liliana Torres Barreto por haber depositado su confianza en nosotras, brindarnos su apoyo y respaldo en todo el proceso.

A las empresas por abrirnos las puertas y brindarnos la información que hizo posible la realización de este trabajo.

Contenido

Pág.

Introducción 17

1. Planteamiento del problema 21

2. Objetivos 24

2.1 Objetivo general 24

2.2 Objetivos específicos 24

3. Marco de referencia 25

3.1 Marco teórico 25

3.1.1 Eficiencia energética (EE). 25

3.1.2 Modelo de gestión energética. 26

3.1.2.1 ¿Qué es un modelo de gestión? 26

3.1.2.2 Diferencia entre modelo y sistema. 27

3.1.2.3 Partes esenciales de un modelo de gestión energética. 27

3.1.2.4 Herramientas de diagnóstico. 29

3.1.2.5 Análisis económico y/o análisis de factibilidad. 30

3.2 Marco de antecedentes 31

3.2.1 Antecedentes en Universidad Industrial de Santander. 31

3.2.2 Antecedentes en Colombia. 33

3.2.3 Antecedentes en otros países. 35

4. Metodología 37

4.1 Fase 1: Determinación de las variables, estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras..... 38

4.1.1 Análisis bibliométrico. 38

4.1.2 Identificación de elementos, herramientas, instrumentos y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras. 39

4.1.3 Selección de la herramienta o estrategia. 39

4.2 Fase 2: Elaboración de un perfil de consumo energético de la empresa del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga..... 39

4.2.1 Identificación de empresas del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga. 40

4.2.2 Elaboración de un perfil preliminar de consumo energético del sector. 40

4.2.3 Caracterización del perfil empresarial del sector a partir de las particularidades propias de las empresas seleccionadas. 40

4.2.4 Selección de empresas. 41

4.3 Fase 3: Determinación las variables y elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga..... 41

4.3.1 Realización de un inventario de los sistemas de energía de las instalaciones. 41

4.3.2 Realización de un diagnóstico energético de las empresas seleccionadas. 44

4.4 Fase 4: Adaptación de un modelo de eficiencia energética al sector..... 45

4.4.1 Selección de propuestas de mejora adecuadas para el escenario evaluado. 45

4.4.2 Planteamiento de un modelo de gestión energética. 45

4.5 Fase 5: Artículo académico 45

5. Resultados 46

5.1 Fase 1: Variables, estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras. 46

5.1.1 Análisis bibliométrico. 46

5.1.2 Elementos, herramientas, instrumentos y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras. 62

5.1.3 Herramienta o estrategia. 66

5.2 Fase 2: Perfil de consumo energético de la empresa del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga 68

5.2.1 Empresas del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga. 69

5.2.2 Perfil preliminar de consumo energético del sector. 69

5.2.3 Perfil empresarial del sector a partir de las particularidades propias de las empresas seleccionadas 72

5.2.4 Empresas seleccionadas. 75

5.3 Fase 3: Variables y elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga 76

5.3.1 Inventario de los sistemas de energía de las instalaciones 76

5.3.2 Diagnóstico de la gestión energética. 81

5.3.2.1 Balance energético 82

5.3.2.2 Consumo de energía por áreas de trabajo 83

5.3.2.3 Consumo de energía por máquinas 85

5.3.2.4 Perfil de energía y costos asociados 88

5.3.2.5 Evaluación de los factores críticos 95

5.3.2.6 Resultados del diagnóstico 99

5.4 Fase 4: Modelo de eficiencia energética adaptado al sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga. 103

5.4.1 Propuestas de mejora. 103

5.4.1.1 Política energética. 103

5.4.1.2 Indicadores de Desempeño Energético (IDE) 104

5.4.1.3 Elementos y variables del sistema de gestión de la energía. 105

5.4.2 Modelo adaptado 110

6. Conclusiones 120

7. Recomendaciones 122

Referencias Bibliográficas 124

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Requisitos de un modelo. Adaptado de Bianchini, P. A. (1999). Conceptos y definiciones de hipertexto. 26
Figura 2. Ciclo PHVA para un modelo. Adaptado de ISO 50001. (2015). Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. 27
Figura 3. Desarrollo metodológico 37
Figura 4. Diagrama de flujo básico para confeccionar prendas de vestir 43
Figura 5. Nube de palabras claves Scopus. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 47
Figura 6. Nube de palabras claves Web of Science. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 47
Figura 7. Publicaciones por año artículos encontrados. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 49
Figura 8. Países con mayor número de publicaciones. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 50
Figura 9. Cantidad de publicaciones por año en los países más representativos. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 50
Figura 10. Aduna de autores para producciones científicas en colaboración. Adaptado del Software Vantage Point (2019). 51
Figura 11. Diagrama de flujo de la metodología de aplicación de la norma ISO 50001. Tomado de ISO 50001. (2015). Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. 54
Figura 12. Esquema del Modelo de Gestión Integral de la Energía.. 56
Figura 13. Diagrama del modelo Energy Star Tomado de Energy star. (2016). 59
Figura 14. Modelo de gestión total eficiente de la energía CEEMA. 59
Figura 15. Secuencia para la aplicación de la GTEE. Adaptado de CEEMA. 60
Figura 16. Consumo y producción vs empresa de la muestra del sector confecciones del AMB 70
Figura 17. Máquinas por empresa de la muestra del sector confecciones del AMB. 71

Figura 18. Consumo energético de la muestra del sector confecciones por perfiles característicos 74
Figura 19. Tipos de máquinas existentes en las empresas seleccionadas, agrupadas por áreas. 78
Figura 20. Gráficos de control para las empresas seleccionadas. .....
Figura 21. Produccion y consumo en el tiempo. 90
Figura 22. Gráficos del comportamiento de la producción y consumo vs tiempo .....
Figura 23. Consumo vs producción para las cuatro empresas. Línea base y línea meta. 92
Figura 24. Índice de consumo de las empresas seleccionadas 93
Figura 25. Gráficos de control kWh/prenda de las empresas seleccionadas .....
Figura 26. Modelo propuesto para el sector confecciones de prendas de vestir..... 110

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.....20
Tabla 2. Artículos encontrados con la primera ecuación.....46
Tabla 3. Documentos gubernamentales en materia de gestión energética 53
Tabla 4. Variables, estrategias y prácticas encontradas en los modelos de la literatura analizada 62
Tabla 5. Herramientas para realizar un diagnóstico energético.....67
Tabla 6. Matriz de ponderación de perfiles de las empresas de confecciones del AMB 72
Tabla 7. Valores dados a las ponderaciones 73
Tabla 8. Horarios de trabajo de las empresas 77
Tabla 9. Resumen ejecutivo inventario de las empresas seleccionadas 80
Tabla 10. Balances energéticos para las empresas seleccionadas 82
Tabla 11. Consumo energético por áreas de trabajo de las empresas seleccionadas.....84
Tabla 12. Equipos agrupados de mayor consumo en las empresas seleccionadas. 85
Tabla 13. Tabla resumen para Unidades Totales.....91
Tabla 14. Encuesta para identificar puntos críticos en gestión energética. 96
Tabla 15. Clasificación de la eficiencia en la gestión energética. 98
Tabla 16. Elementos y variables críticas según la literatura.....100

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Apéndice A Herramientas de diagnóstico

Apéndice B Encuesta de identificación inicial de la empresa

Apéndice C Datos tabulación encuestas

Apéndice D Artículos seleccionados de la búsqueda en las bases de datos

Apéndice E Lista de beneficios no energéticos

Apéndice F Lista de empresas entregada por Compite 360

Apéndice G Carta de presentación y firmas de recibido

Apéndice H Cartas empresas seleccionadas y firmas de recibido

Apéndice I Diagnóstico empresa 14

Apéndice J Diagnóstico empresa 15

Apéndice K Diagnóstico empresa 16

Apéndice L Diagnóstico empresa 20

Apéndice M Toma de datos de inventario de las cuatro empresas

Apéndice N Gráficos y regresiones de datos de las cuatro empresas

Apéndice O Artículo académico

Resumen

Título del proyecto: "Propuesta de un modelo de eficiencia energética como estrategia de reducción de costos para el sector confección en el área metropolitana de Bucaramanga"[*].

Autores: Laura Milena Arango Mendoza,

Diana Carolina Martínez Villamizar[**]

Palabras claves: Modelo de gestión, gestión eficiente, gestión de la energía, consumo, ahorros, sector confección, diagnóstico energético.

Descripción: La eficiencia energética consiste en aprovechar al máximo cada unidad de energía requerida, utilizando el control del recurso para identificar posibles ahorros y reducir los costos operativos. Este trabajo presenta una revisión, en la cual se identificó que los modelos de gestión energética de la literatura han sido diseñados para ser multisectoriales, describiendo estrategias y prácticas que deben seguir las empresas, pero no las variables o herramientas a considerar durante el diagnóstico o el monitoreo. Esto representa una barrera para las PYMES, pues dificulta la comprensión por parte de los gerentes y el ahorro económico no es suficientemente grande para motivar la inversión en personal experto.

Por otro lado, se realizó una investigación aplicada del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, donde se encontró, que las empresas evaluadas no manejan la información con el rigor necesario para asegurar su calidad y utilidad, ni tienen definido el costo energético que representa cada producto, por tanto, no se tienen las bases suficientes para desarrollar objetivos e indicadores claros en un sistema de

[*] Trabajo de grado

[**] Facultad de Ingenierías Físico mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: PhD. Martha Liliana Torres Barreto, Codirector: PhD. Ricardo Alzate Castaño

gestión energética. Además, el consumo y sus variaciones más significativas están concentradas en las áreas administrativas e iluminación, identificándolas como críticas.

Con lo anterior se planteó un modelo de gestión energética acorde a las necesidades específicas del sector, aplicando como principal estrategia realizar una primera auditoría energética a bajo costo y explicando cada paso para que una persona con conocimientos básicos en el tema pueda implementarlo.

Abstract

Project title: Proposal of an energy efficiency model as a cost reduction strategy for the clothing sector in the metropolitan area of Bucaramanga [*]

Authors: Laura Milena Arango Mendoza,

Diana Carolina Martínez Villamizar[**]

Keywords: Management model, efficient management, energy management, consumption savings, clothing sector, energy diagnosis.

Description: Energy consumption is a critical factor especially for developing economies.

On the other hand, the energy efficiency consists of make the most of each unit of energy required, by using the resource control to identify possible savings and reduce operating costs. This work presents a review, where it was identified that the energy management models have been designed to be multisectoral, and these describe strategies and practices that companies must follow, but these don´t describe the variables or tools that were considered during the diagnosis or monitoring.

[*] Bachelor Thesis

[**] Faculty of Physicomechanical Engineering. Industrial and Business School. Director: PhD. Martha Liliana Torres Barreto, Co-director: PhD. Ricardo Alzate Castaño.

This represents a barrier for SME, because it makes it difficult for managers to understand, and economic savings are not enough to motivate investment in expert staff.

On the other hand, an applied research of garment clothing sector of the metropolitan area of Bucaramanga, was carried out, where it was found that the evaluated companies don´t handle the information with the necessary rigor to ensure its quality and usefulness and they also don´t have defined the energy cost of each product, therefore there are not enough bases to develop the objectives and indicators of an energy management system.

In addition, consumption and its most significant variations are concentrated un administrative areas and lighting, these areas are identified as critical.

With the above, model of energy management proposed according to the specific needs of the sector. It applying as the main strategy the conducting a low cost energy audit, and the explanation of each step so a person with a basic knowledge con implementation it.

Introducción

La eficiencia energética es considerada un mecanismo para asegurar el abastecimiento de energía permitiendo optimizar el manejo y uso de los recursos disponibles (Semana Sostenible, 2019). Colombia desde 2001con la Ley 697 la cual promueve el uso racional y eficiente de la energía, inició diferentes acciones como formar la unidad de planeación minero energética UPME, que ha realizado diferentes estudios y publicaciones como el “Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022” (UPME, 2016). Además, se ha propuesto como objetivo obtener un ahorro energético del 9,05% para el año 2022 (UPME, 2018), por lo cual es imperativo la tomar acciones para reducir el consumo energético en las empresas y con él, el impacto sobre el medio ambiente (J. C. Campos et al., 2008).

Estas medidas hacen un llamado a las empresas para revisar sus sistemas de gestión organizacional, planificación y control, y consecuentemente el sistema de toma de decisiones (J.

C. Campos et al., 2008). Acordes con tal necesidad, surgen los modelos de gestión energética (MGE) para hacer los procesos productivos más eficientes desde el punto de vista energético (Vidal, Prias, Campo, & Quispe, 2007).

No obstante, estos modelos mayoritariamente: están escritos de forma generalizada y multisectorial, por lo cual no están adaptados al entorno y la realidad de las PYMES colombianas (Vidal et al., 2007). Por tanto, este trabajo propone, mediante una investigación exploratoria, un modelo de gestión energética específico para el sector confección de prendas de vestir del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), que propenda por el uso eficiente y racional de la energía como estrategia para reducir costos.

La selección de este sector industrial se hace considerando que es el tercer subsector en consumo energético en Colombia (8,7%) (UPME, 2016) por lo cual, se le considera un sector prioritario en el reto para constituir y lograr definir las acciones estratégicas y sectoriales a través de las cuales se alcancen las metas relacionadas con eficiencia energética.

Para el desarrollo del modelo se abordaron cuatro fases, la primera determinó las variables, estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras en el mundo. La segunda, fue un análisis general del sector y su perfil energético. La tercera, mediante un diagnóstico energético a una muestra de cuatro empresas las cuales eran similares entre sí, detectó las necesidades específicas del sector. Como fase final, con base en todo lo anterior se planteó un modelo con 13 pasos, buscando explicar de manera simplificada cada uno de los pasos a seguir, de modo que una persona con conocimientos básicos en el tema pueda implementarlo.

No obstante, para es importante tener en cuenta: (1) en la Cámara de Comercio no se encuentra ninguna empresa clasificada como grande, luego este trabajo va dirigido a pequeñas y medianas empresas (2) el acceso a la información de la segunda y tercera fase son puntos críticos, en Colombia se ha evidenciado que para pequeñas y medianas empresas existe una tendencia a no medir los índices; esto en gran medida por la existencia de una gerencia poco capacitada en temas relacionados con la administración (Muñoz, 2012).

Cumplimiento de objetivos

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos

Objetivos Específicos	Cumplimiento
Determinar estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras, así como las variables de las que dependen, a través de una revisión de literatura.	Apartado 5.1
Elaborar un perfil de consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, mediante un diagnóstico inicial a un conjunto de empresas, empleando herramientas identificadas en la revisión bibliográfica.	Apartado 5.2
Determinar los elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, a través del análisis cuantitativo de los datos recolectados, con el fin de reconocer oportunidades de mejora.	Apartado 5.3
Proponer un modelo de gestión energética adaptado al sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, con el fin de presentar el uso eficiente y racional de la energía en el sector, como una estrategia de reducción de costos.	Apartado 5.4
Documentar los resultados del ejercicio en un artículo académico publicable.	Apéndice O

1. Planteamiento del problema

El consumo energético es un factor crítico para el desarrollo de la competitividad especialmente en países en crecimiento. La demanda energética mundial proyectaba en 2010 un crecimiento de 33% durante los siguientes 20 años. (Abdelaziz, Saidur, & Mekhilef, 2011)

En 2016 se proyectó un crecimiento de la demanda energética colombiana cercano al 3,18% anual hasta 2030. Para satisfacer estas proyecciones la primera estrategia a aplicar es el Plan De Expansión De Referencia Generación – Transmisión 2019–2033, publicado el 15 de julio de 2019 por el Ministerio De Minas Y Energía como medida para lograr el abastecimiento y satisfaser este aumento energético. Sin embargo, un aumento en el consumo energético increment concecuentemente la contaminación ambiental como consecuensia debido a la generacion energetica, ya sea mediante recusos renovables o combustibles, por lo que imperativo buscar soluciones a este problema (Ministerio de Minas y Energía, 2018; Subdirección de Energía Eléctrica, 2019; UPME, 2016).

Como segunda estrategia, la UPME apoya proyectos en los cuales se promueva la eficiencia energética empresarial, con estudios aplicados que muestren ahorros como 5.100 MWh/año en Biofilm para el año 2007, donde 306.000 USD/año fueron gracias la operación del Sistema de Gestion Integral de la Energia (SGIE) sin implementar cambios tecnológicos (Quispe, Castrillon, Campos, & Urhan, 2011); en la empresa Fragrave se ahorraron 3.300 MWh/año equivalentes a 200.000 USD/año, con la implementación del SGIE; y en Cerrejón ahorraron 10.501 MWh/año, equivalentes a 630.000 USD /año y 5.195 Ton de CO_2/año usando la metodología del modelo de gestión integral de la energia (MGIE) (Campos, Caicedo, Quispe, Vidal, & Lora, 2008).

Bajo este contexto, los modelos de gestión energética surgen como una buena solución estratégica que a través de la disminución del consumo energético disminuyen la contaminación ambiental, mejora la competitividad y productividad y, reducen los costos de operación (Salazar, De Olivera, & Vidal, 2012).

Pese a estos aportes, según la experiencia a nivel global implementando programas de eficiencia energética, la inadecuada gestión en los recursos es la responsable de una gran cantidad de problemas asociados al uso no eficiente de la energía (Pérez & Vera, 2012). Así mismo, la falta de herramientas de análisis apropiadas genere barreras a las inversiones en eficiencia energética. Respecto a lo cual cabe resaltar; en Colombia se ha evidenciado que especialmente para pequeñas y medianas empresas la falta de capacitación en temas relacionados con la administración por parte de la gerencia es un tendencia generalizada (Muñoz, 2012; Salazar et al., 2012).

Por otro lado, teniendo en cuenta que, el subsector confección representa el 8.7% del consumo total nacional, y, aun así, no se han desarrollado investigaciones para pequeñas y medianas empresas de confección de prendas de vestir que permitan plantear un modelo de eficiencia energética adaptado a sus necesidades. Ademaás, en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB) es considerado estratégico para desarrollo económico y social de la región, pero según datos publicados por el El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), durante el periodo comprendido entre Enero a Julio de 2019, los índices de crecimiento fueron desfavorables (Jaimes-Carrillo & Rojas-López, 2015) se hace necesario plantear soluciones que afronten estas dos problemáticas.

El presente trabajo plantea un modelo de gestión energética para el sector confección de prendas de vestir del AMB, tomando como hipotesis que este permitiría mejorar la administración y gestión operativa en estas empresas, buscando a través del control de costos y operaciones contribuir a aumentar su competitividad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Proponer un modelo de gestión energética para el sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga que propenda por el uso eficiente y racional de la energía como estrategia de reducción de costos.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras, así como las variables de las que dependen, a través de una revisión de literatura.

- Elaborar un perfil de consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, mediante un diagnóstico inicial a un conjunto de empresas, empleando herramientas identificadas en la revisión bibliográfica.

- Determinar los elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, a través del análisis cuantitativo de los datos recolectados, con el fin de reconocer oportunidades de mejora.

- Proponer un modelo de gestión energética adaptado al sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga, con el fin de presentar el uso eficiente y racional de la energía en el sector, como una estrategia de reducción de costos.

- Documentar los resultados del ejercicio en un artículo académico publicable.

3. Marco de referencia

3.1 Marco teórico

3.1.1 Eficiencia energética (EE). La eficiencia energética consiste en aprovechar al máximo cada unidad de energía requerida en el desarrollo de una labor específica, sin comprometer la calidad del servicio. Desde la ingeniería industrial la eficiencia consiste en utilizar los recursos reduciendo al mínimo posible su desperdicio, la energía es un recurso, que al igual de los demás recursos puede ser usada eficientemente o no (Correa Díaz, 2016; Salazar et al., 2012)

La Ley 697 de 2001 dice que la EE "es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética", para la ISO 50001 EE, es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño y la entrada de energía, mostrando su cálculo así: (ISO 50001, 2015)

$$EE = \frac{\text{Energía requerida}}{\text{Energía utilizada}} = \frac{Salida}{Entrada} = \frac{\text{valor teórico de la energía utilizada}}{\text{Energía real utilizada}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

De igual manera, consisten en identificar los desperdicios energéticos y tomar las acciones necesarias para eliminarlos, sin perjudicar la calidad (Salazar et al., 2012).

3.1.2 Modelo de gestión energética.

3.1.2.1 ***¿Qué es un modelo de gestión?*** Según la Real Académica Española un modelo es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo, y/o cosa que sirve como pauta para ser imitada, reproducida o copiada. Bianchini afirma "todo modelo debe cumplir con tres requisitos" (Bianchini, 1999), como se observa en la Figura 1:

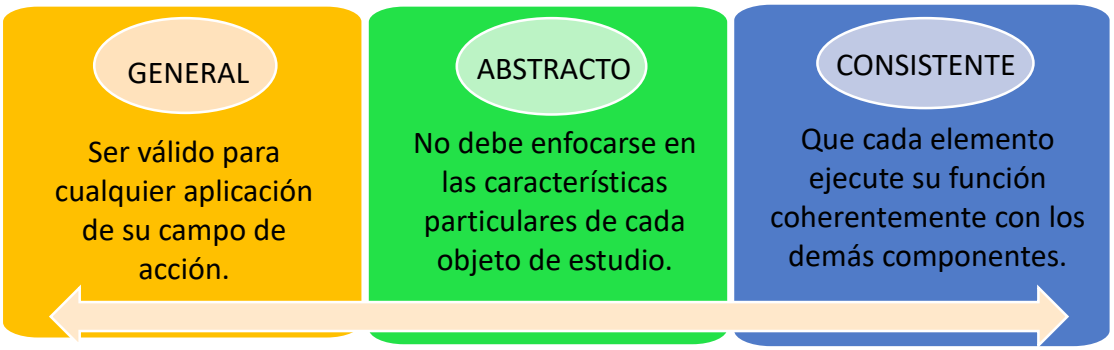

Figura 1. Requisitos de un modelo. Adaptado de Bianchini, P. A. (1999). Conceptos y definiciones de hipertexto.

Por otro lado, basándonos nuevamente en la Real Academia Española, la palabra gestión hace referencia a la acción y efectos de administrar, que a su vez nos lleva a realizar actividades como dirigir, ordenar, disponer, conseguir los recursos para la concreción de un objetivo.

De todo lo anterior se puede decir que un modelo de gestión eficiente de la energía es un marco referencial para administrar la energía, en pro de disminuir su desperdicio.

Desde el ángulo científico académico, un modelo de eficiencia es una estructura compuesta por un conjunto de pasos lógicos (no necesariamente deben cumplirse en estricto orden) que permiten la implementación de un sistema de gestión (Vidal, Prias, Campo, & Quispe, 2007).

3.1.2.2 ***Diferencia entre modelo y sistema.*** Un sistema de gestión es la aplicación particular de un modelo de gestión, hasta convertirlo en procedimientos y normas las cuales buscan regular el funcionamiento de aquello que gestionan, es decir, cada empresa o entidad puede desarrollar su propio sistema basado en un modelo específico, esto es corroborado en los trabajos sobre el Modelos de gestión integral de la energía (MGIE) y el sistema de gestión integral de la energía (SGIE), desarrollados por Quispe et al. (2011) donde indican "la aplicación del Modelos de gestión integral de la energía, permite instalar en la empresa el sistema de gestión integral de la energía (SGIE) y lograr reducir el consumo energético y los costos de la energía".

3.1.2.3 Partes esenciales de un modelo de gestión energética. Como los modelos buscan ser aplicados y convertidos en sistemas, la mayoría están basados en el ciclo PHVA (ISO 50001, 2015; Vidal et al., 2007), dentro de estas cuatro etapas se clasifican diferentes fases y tareas específicas, las más destacadas se pueden observar en la Figura 2:

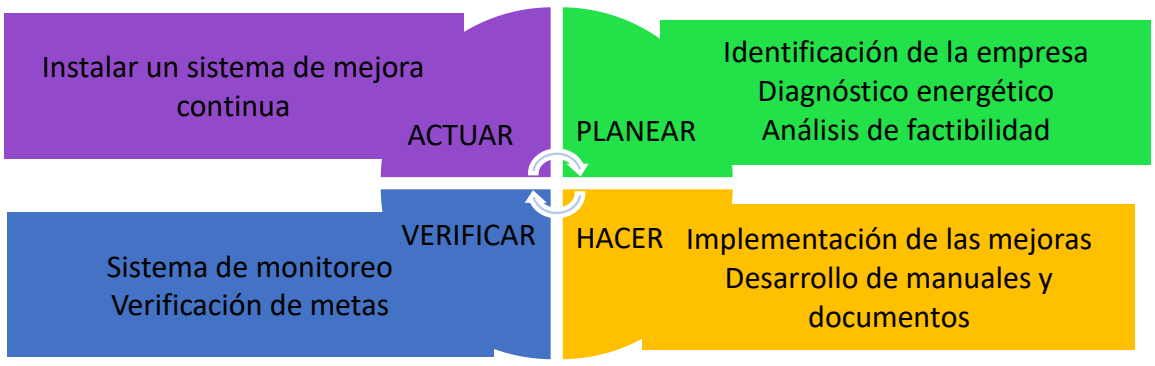

Figura 2. Ciclo PHVA para un modelo. Adaptado de ISO 50001. (2015). Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

- **Planear**: estableciendo los objetivos y procesos necesarios para alcanzar un resultado ajustados a los requisitos o exigencias del cliente y las políticas que establezca la entidad (Colorado, 2009)

Identificación de la empresa: en la primera fase, cuando se inicia un trabajo se debe saber con quién se va a trabajar, y organizar la información existente, está puede ser recolectada mediante encuestas o formularios, ya que, es importante saber los datos generales de la empresa, su funcionamiento, procesos, productos, cultura organizacional, turnos, horas operativas y proveedores de servicios público, entre otros. Centro de estudios de energía y medio ambiente (CEEMA, 2002).

Diagnóstico: el objetivo del diagnóstico energético es identificar las oportunidades o proyectos de ahorro energético en los equipos y procesos claves de la empresa (UPME, 2008). Este es la base para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa (Vidal et al., 2007), algunos modelos lo llaman auditoria, ya que en esta fase es importante la visita a la planta y/o el diálogo directo con las personas implicadas en la producción.

- **Hacer**: es la ejecución de lo planeado, implementando o haciendo el proceso, la acción, la tarea o la labor (Colorado, 2009).
- **Verificar**: hace el seguimiento y medición de la realización de los procesos, los servicios con respecto a las políticas, los objetivos y requisitos del servicio y presentar un informe de los resultados (Colorado, 2009)
- **Actuar**: son las acciones para mejorar el proceso, por cuanto, a partir de la detección de desviaciones a los procesos o el logro parcial de los objetivos, se plantean alternativas de solución para alcanzar los resultados propuestos (Colorado, 2009)

3.1.2.4 Herramientas de diagnóstico. Como se mencionó anteriormente, una parte esencial en los modelos de gestión energética es realizar un diagnóstico que permita conocer el estado actual de las empresas en cuanto a consumo energético, esto se hace mediante la aplicación de herramientas con las cuales se pueda evaluar el desempeño energético de la organización basado en datos y otras informaciones, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y para definir los posibles proyectos de mejora en EE. (Salazar, Guzman, & Bueno, 2018)

Los datos necesarios para las auditorías o diagnóstico de energía son: la cantidad de energía consumida, sus usos finales, los tipos de combustible y el volumen de producción, los cuales se usan en las diferentes herramientas existentes como el diagrama de correlación energía vs. producción, diagrama consumo y producción vs. tiempo, índice de consumo vs producción y los gráficos de control. Para ello, se enumeraron todas las maquinarias en la unidad de producción, incluidos los equipos que participan indirectamente en el proceso, como iluminación, controlador, ventilador, entre otros.(Kannan & Boie, 2002; UPME, 2008)

También, estos datos recolectados sobre la energía se utilizan para realizar un balance de energía. El cual detalla todas las entradas y salidas de energía relevantes, y muestra desglosada la energía utilizada en varios procesos. Este se utiliza para identificar los "centros de energía", que luego se pueden analizar para ver un área con potencial de ahorro energético. Para preparar el balance energético en algunos casos de estudio se realiza un análisis continuo en la unidad de producción y se desarrolla un diagrama de flujo de energía y proceso (Morais et al., 2019).

Por otro lado, cuando las empresas cuentan con un sistema de gestión energética se debe realizar un sistema de monitoreo que facilite el seguimiento del consumo energético en la empresa, y la

evaluación durante un período de tiempo, dando una indicación del éxito o fracaso de las medidas de ahorro de energía. (Kannan & Boie, 2002; Vidal et al., 2007)

Las herramientas de diagnóstico utilizadas con más frecuencia en los documentos revisados se definen en el Apéndice A (Apéndice A herramientas de diagnóstico) y se relacionan en la Tabla 4 de la página 51.

3.1.2.5 ***Análisis económico y/o análisis de factibilidad.*** Con base en el análisis de los resultados del diagnóstico se deben tomar determinaciones para mejorar la EE en la entidad, sin disminuir su calidad o sus ingresos. Para tomar estas decisiones lo primero es realizar un análisis de viabilidad y factibilidad, tanto económica como ambiental para cada propuesta. Partiendo de la factibilidad de las propuestas y teniendo en cuenta que por lo general la mayor motivación para realizar cambios en cualquier empresa es el aumentar las ganancias, es importante entender que, cuando se trata de EE, el retorno se da, no en un mayor ingreso a la empresa sino en un menor egreso, lo cual en algunos casos dificulta su visibilidad y análisis. Los análisis técnicos económicos deben estar basados en la estimación de ahorro energético más no en las ganancias (Salazar et al., 2012).

Algunos de los métodos más usados para la evaluación de la viabilidad son: el valor presente neto (VPN): mide el aporte económico de un proyecto a los inversionistas. La Tasa interna de retorno (TIR): mide la rentabilidad de un proyecto o activo. Y el periodo de recuperación del capital (PRC): es el tiempo necesario para recuperar el capital invertido, cuanto más corto sea el periodo de recuperación mejor es la inversión. Salazar y colaboradores, discuten de la necesidad de evaluar no solo el tiempo de retorno sino el riesgo o incertidumbre de la inversión, además, resaltan la importancia de evaluar tanto factores endógenos (cambios internos del consumo), como exógenos (cambios externos del precio en la energía) (Salazar et al., 2012).

3.2 Marco de antecedentes

En el campo de la EE se han desarrollado investigaciones desde el sector público y privado (Quispe et al., 2011). En Colombia, se encontraron organizaciones especializadas como la UPME, quienes respaldan la Ley 697 de 2001 emitida por el Congreso de la República, que fue la primera ley en promover el uso racional y eficiente de la energía (UPME, 2016) en este país.

Entre los trabajos encontrados a nivel internacional y nacional, se pudo evidenciar investigaciones relacionadas con la optimización de máquinas, mejoramiento en gestión energética en las operaciones industriales, así mismo, el uso eficiente de la energía en construcciones, hasta el aporte o gestión que pueden hacer las personas durante su cotidianidad (Domnikov, Antipova, & Domnikova, 2018; González, Pavas, & Sánchez, 2017; Jara, 2006; Kannan & Boie, 2002; Lee et al., 2015; Normann et al., 2017; Nunes, Silva, Andrade, & Gaspar, 2014; Osma, Amado, Villamizar, & Ordoñez, 2015; Ricardo & Cano, 2012).

3.2.1 Antecedentes en Universidad Industrial de Santander.

En la UIS a lo largo de los años se han realizado trabajos de EE desde diferentes áreas del conocimiento, dando inicio en el año 2005 con la Implementación del Sistema de Gestión Energética (SGE) en Cerro Matoso S.A., basado en los lineamientos de la norma ANSI/MSE 2000. Durante este proyecto se adaptaron una serie de manuales y procedimientos encaminados al mantenimiento del sistema energético al interior de la empresa, para ello se realizó un diagnóstico de energía consumida junto con la caracterización energética.

Con los resultados obtenidos se contribuyó a mejorar la competitividad, entrenar al personal, crear un programa de ahorro energético considerando mejoras en equipos y procesos que requieran

una mínima inversión y el mantenimiento adecuado desde el punto de vista de la eficiencia energética, contribuyendo así a reducir los daños ambientales asociados al uso de sus recursos energéticos (Centanaro, 2005).

También, existen diversos trabajos desarrollados por ingenieros eléctricos implementando el Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), para empresas y determinados edificios de la propia UIS, para estos casos se realizaron actividades como encuestas de caracterización para los edificios, análisis de iluminación, termografía, estudio de la calidad de la energía eléctrica y consumo por áreas. Con ello se buscaba exponer el estado actual de la empresa o edificio al cual se le realizaba el estudio y proponer algunas mejoras de EE, en un caso se identificó que se debían cambiar los aires acondicionados del cuarto y primer piso pues estas eran las áreas representaban el mayor consumo energético con un 32% y 30% respectivamente, encontrando también un consumo energético elevado de las neveras y los dispensadores, los cuales necesitaban un sistema de descanso para mejorar la eficiencia (Diaz & Fajardo, 2017; Jaramillo & Pimiento, 2017; León, 2014) .

Por otro lado, se realizaron investigaciones un poco más detalladas en ingeniería química y mecánica respectivamente, donde se estudiaba la EE de un horno utilizado para la elaboración de la panela con altos consumos energéticos (Ricardo & Cano, 2012), y hornos utilizados en la industria del tabaco (Jara, 2006). En ambos casos se investigaron los procesos, analizando los factores energéticos y proponiendo cambios en los diseños de los hornos para promover los mecanismos de desarrollo limpio que contribuyeran a la reducción del consumo.

En todos los casos como recomendaciones finales se propone realizar más estudios de este tipo los cuales permitan comparar el comportamiento de los proyectos con otras empresas e identificar variables comunes, para así no iniciar desde cero los programas de gestión de la energía con el fin de aminorar esfuerzos, además se encontró que una estrategia importante para los trabajos es culturizar al personal sobre el uso racional del recurso.

3.2.2 Antecedentes en Colombia. A nivel nacional existe evidencia de trabajos similares a los encontrados en la UIS. Serna (2010) expone, la administración energética empresarial se debe implementar como la base para el uso racional de la energía, tanto en el ámbito industrial como en el residencial, presentando así una metodología para la gestión energética empresarial en donde muestra las etapas a seguir y las herramientas estadísticas básicas para el entendimiento del fenómeno energético, comprometiendo en el proceso desde los operarios hasta la alta gerencia, además concluye "los empresarios en Colombia no invierten en estos proyectos por el desconocimiento del alcance de los mismos y el impacto que estos tienen sobre los costos de sus empresas" (Serna, 2010).

Del mismo modo, en Cali en 2013 un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Occidente se propuso el mejoramiento de la EE en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del SGIE. Este sistema, incrementó la EE y mostró a una reducción del consumo de electricidad del 4.6 % logrado sin inversión, es decir, solo adoptando una cultura de manejo eficiente de la energía y mejoramiento continuo; a nivel operativo fueron implementados nuevos indicadores de gestión energética (GE) permitiendo analizar la EE del proceso productivo y de los equipos críticos en función de las condiciones y variables operacionales que impactan los consumos (Castrillon, González, & Quispe, 2013).

En la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Restrepo y colaboradores realizaron en el año 2014, una caracterización de la gestión energética en una empresa manufacturera del sector metalmecánico. Este estudio fue realizado a partir de un diagnóstico y la implementación de la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001. La línea base para la energía eléctrica reveló una correlación excelente donde el consumo estaba asociado a la producción en un 94.9 %, además el proceso se encontraba bajo control. No obstante, se evidenció que los requisitos generales, política energética y revisión por parte de la dirección no existían, lo cual quiere decir, la energía eléctrica en la empresa estaba siendo eficiente pero no era un interés por parte de la alta gerencia como un factor importante del mejoramiento continuo de la compañía (Restrepo et al., 2014).

Además se encuentran publicaciones relacionadas con el diseño de modelos de GE, como el libro "Control del Consumo Energético, Herramientas Para El Control De Variables Por Proceso", presentan un modelo diseñado por la Universidad Pontificia Bolivariana en 2001 el cual hace énfasis en la utilización de los métodos de control y monitoreo como medio para la gestión energética; o el Modelo de Gestión Integral de la Energía desarrollado por Campos y colaboradores con apoyo de la UPME la cual se ha encargado de promocionar su aplicación en todo el país. Además, existen guías publicadas por instituciones públicas con gran cantidad de información, fáciles de encontrar y gratuitas aunque son muy generales, los expertos pueden encontrar en ellas una gran herramienta de apoyo e información (Campos, Caicedo, et al., 2008; CNPMLTA, 2002; Pérez & Vera, 2012; UPME, 2008; Vidal et al., 2007).

3.2.3 Antecedentes en otros países. No solo en Colombia la EE es un factor importante dentro de las empresas, es una preocupación mundial por los efectos medioambientales que genera no tener conciencia de los daños de una mala gestión de la energía (Finnerty et al., 2016).

En Chile, la compañía GAMMA Ingenieros S.A en conjunto con la Comisión Nacional De Energía del gobierno realizaron la caracterización del consumo energético en la industria química del país, para esto se tomó una muestra de empresas las cuales fueron encuestadas con el fin de recolectar información para luego analizarla y encontrar los factores críticos en la industria. Posteriormente realizar visitas a las empresas con mayor consumo energético. Concluyendo que se deben publicar textos donde esté contenida toda la información básica necesaria para que los técnicos de la industria puedan individualizar acciones de eficiencia energética, elegir herramientas correctas, calcular ahorros e inversiones necesarias y realizar las acciones concretas más importantes (GAMMA INGENIEROS, 2009).

En Brasil estudiantes de la Universidad Federal de Itajubá realizaron un estudio en la planta de buchas de la Mahle, cuyo objetivo era implementar la EE como una herramienta de gestión de costos con las cuales se pudiera identificar las inversiones para tener en cuenta la evaluación económica y el riesgo en proyectos de la EE, aplicaron herramientas de diagnóstico energético desarrolladas por la UPME en Colombia. En la primera fase el diagnóstico permitió identificar un potencial de ahorro del 60 % en energía la cual no estaba vinculada a la producción. Por otro lado, resaltan la importancia de alinear el análisis de ingeniería y el análisis económico mediante la simulación de Monte Carlo para obtener buenos resultados, por medio del primero son determinados los potenciales ahorros y las inversiones necesarias para lograrlos, y con el segundo se analizan las diferentes opciones de inversión para escoger la que representa la mejor relación retorno - riesgo. (Salazar et al., 2012).

Uno de los pocos trabajos realizados en el sector de confección fue en Cuba por Fontaine, en el año 2016, en donde se implementó un sistema total de gestión energética en la UEB Confecciones Melissa teniendo como referencia la norma ISO 50001. Un factor importante en este trabajo fue la revisión bibliográfica realizada con el fin de tener una panorámica del sector tanto nacional como internacional. Como en la mayoría de los trabajos se realizó la caracterización de la empresa, luego un análisis de posibles medidas de ahorro energético, y finalmente se establecen recomendaciones que contribuirían al uso eficiente de la energía (Fontaine, 2016).

De igual manera, para el año 2018 en Venezuela se realizó un trabajo similar, siendo este de mayor importancia debido a la crisis energética por la cual estaba atravesando el país. Esta investigación se llevó a cabo en una empresa de producción de etiquetas. Después de realizar la caracterización se hizo un análisis de las variables las cuales podrían contribuir al ahorro de energía, un 50 % de ese ahorro se podía lograr sin invertir dinero, lo único que debía hacer la empresa era tener una cultura energética, es decir, apagar luces cuando no se usaban, desconectar las máquinas al final del día, entre otros. El otro 50 % de ahorro se podía obtener cambiando algunos motores de las máquinas, por lo cual si se debía hacer una inversión significativa lo cual implicaba hacer estudios de cuánto tiempo de recuperación era la inversión (Salazar et al., 2018).

Considerando todo lo anterior, se evidencia que hay suficiente información, herramientas y guías para poder desarrollar un trabajo fundamentado.

4. Metodología

A continuación, se presenta la metodología implementada para el cumplimiento de los objetivos específicos, la cual está basada en una investigación aplicada y se divide en cinco fases como se observa en la

Figura *3*.

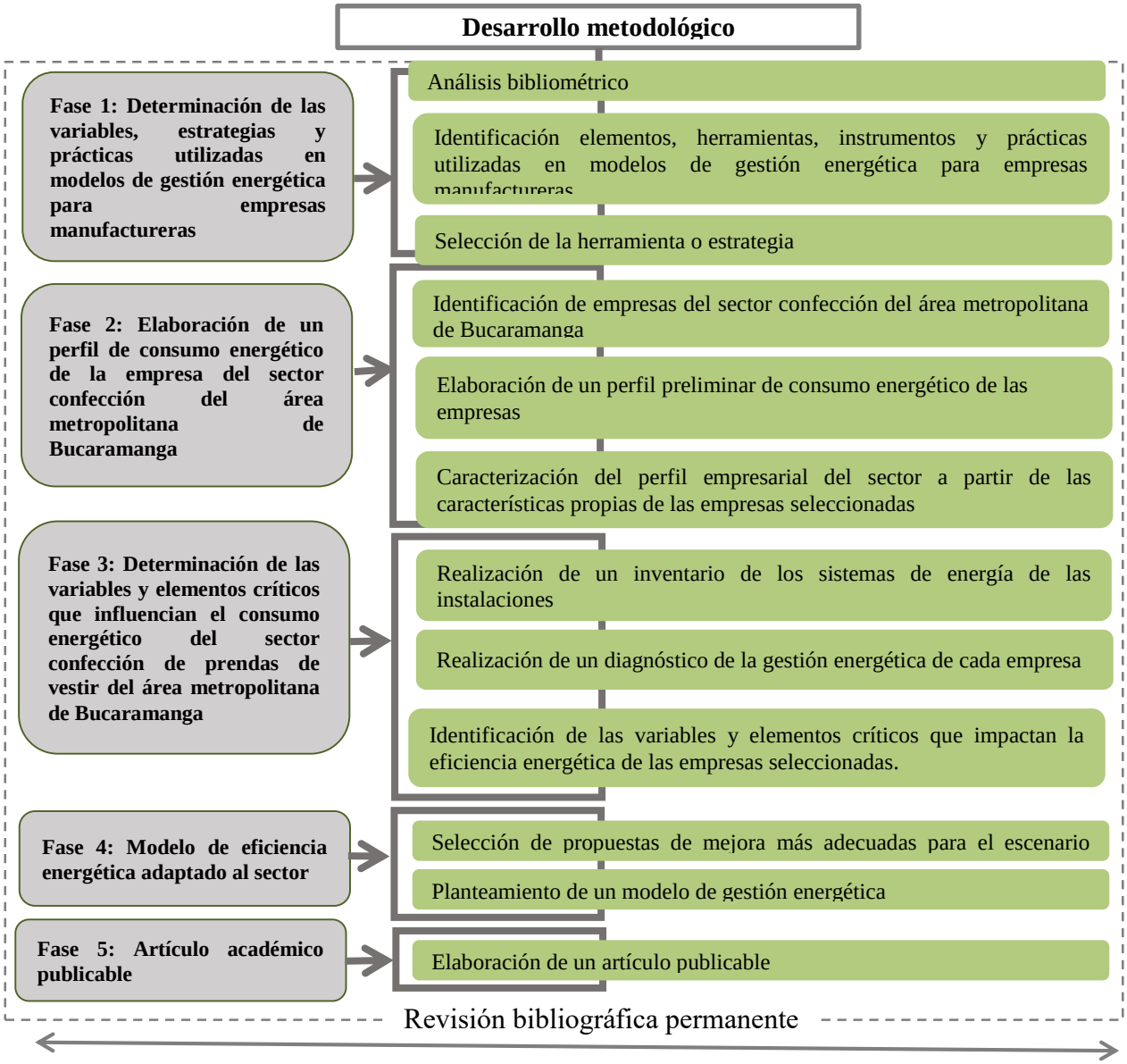

Figura 3. Desarrollo metodológico

4.1 Fase 1: Determinación de las variables, estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras

Esta fase permitió dar cumplimiento al primer objetivo específico de la investigación. Para ello se realizó la revisión de literatura sobre modelos de gestión energética empleados actualmente en la industria manufacturera a nivel mundial y en Colombia. Finaliza con identificando los elementos, herramientas e instrumentos a utilizar en el modelo específico para el sector de prendas de vestir que posteriormente se va adaptar, realizando las siguientes actividades.

4.1.1 Análisis bibliométrico. Se hizo una revisión de modelos de gestión energética empleados actualmente en la industria manufacturera en el mundo y en Colombia, priorizando la información publicada en el periodo 2003- 2019. Esta búsqueda se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science y Dialnet. Además, se tuvieron en cuenta documentos gubernamentales referentes a gestión energética; finalmente se analizó la información de acuerdo con los siguientes criterios:

- Publicaciones científicas.
- Documentos gubernamentales

Los resultados de este análisis se presentan el apartado 5.1.1

4.1.2 Identificación de elementos, herramientas, instrumentos y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras. Se identificaron los elementos, herramientas, instrumentos y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras, mediante un análisis comparativo entre los modelos de gestión energética encontrados en el análisis bibliométrico. La recopilación con los resultados se presenta en el apartado 5.1.2.

4.1.3 Selección de la herramienta o estrategia. Partiendo de la identificación anterior se seleccionan las herramientas a utilizar durante el estudio en sus diferentes fases. Para la realizar del diagnóstico energético, el análisis de los datos y posterior selección de las oportunidades de mejora en las empresas, la selección se hizo teniendo en cuenta que la herramienta debía evaluar los siguientes criterios:

- Consumo general, producción y tiempos
- Consumo especifico por área, máquina o proceso
- Evaluación general de procesos y cultura entorno a la utilización de la energía
- Oportunidades de mejora (cambios energéticos, cambios de proceso, cambios culturales)
- Evaluación de oportunidades (costos factibilidad, aplicabilidad y beneficios no energéticos)

La selección se indica en la conclusión del apartado 5.1.3.

4.2 Fase 2: Elaboración de un perfil de consumo energético de la empresa del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga

El perfil energético de la empresa del sector confección del AMB, se determinó usando datos propios de las empresas, este perfil tuvo como objetivo construir una visión general del sector

referente a consumo e identificar las empresas a las que se les aplicaría el estudio de profundización, permitiendo cumplir con el segundo objetivo específico, para lo cual se ejecutaron las siguientes actividades:

4.2.1 Identificación de empresas del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga. Se realizó una búsqueda en la base de la Cámara de Comercio de Bucaramanga, Compite 360, teniendo en cuenta solo pequeñas y medianas empresas. Además, con el fin de conocer el funcionamiento general de las empresas se recolectaron datos utilizando una encuesta (Apéndice B, formato de encuesta y Apéndice C, datos tabulados) que permitió recoger información como el número de empleados, la producción mensual, máquinas operando, y el consumo de la energía eléctrica mensual aproximado (UPME, 2006). La encuesta se envió vía correo electrónico a 32 empresas identificadas, posteriormente se visitaron las empresas y se recolectaron los datos en 20 de ellas, con los cuales se elaboró el perfil.

4.2.2 Elaboración de un perfil preliminar de consumo energético del sector. El perfil de consumo energético del sector se elaboró utilizando el diagrama de Consumo y producción vs empresa y número de máquinas vs empresa que se presentan en el apartado 5.2.2, promediando para cada empresa los datos de los últimos tres meses.

4.2.3 Caracterización del perfil empresarial del sector a partir de las particularidades propias de las empresas seleccionadas. Para caracterizar el perfil empresarial del sector se clasificó la información de acuerdo al tamaño de empresas y a los subsectores productivos de manera que permitió tener un perfil empresarial (GAMMA INGENIEROS, 2009). Este análisis encuentra en el apartado 5.2.3.

4.2.4 Selección de empresas. Para disminuir al mínimo el margen de error del estudio comparativo era necesario que la muestra de empresas tuviera características generales similares entre ellas, por lo cual Las 20 empresas encuestadas fueron agrupadas por perfiles. Posteriormente, como no se busca una muestra estadísticamente representativa sino maximizar la oportunidad de aprendizaje (Stake, 2005), se seleccionó el perfil teniendo en cuenta como criterio la posibilidad de que el estudio brinde un beneficio a la empresas (CEEMA, 2002). Finalmente, se redujo la muestra a 4 empresas, para continuar con el desarrollo del estudio. Este análisis encuentra en el apartado 5.2.4.

4.3 Fase 3: Determinación las variables y elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga

Esta fase permitió dar cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación, determinando las variables y elementos críticos que influencian en el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del AMB. Para esto se realizarán las siguientes actividades, las cuales fueron realizadas en primera instancia en una sola empresa como prueba piloto, con el cual se identificó la manera óptima para realizar el inventario y el diagnóstico.

4.3.1 Realización de un inventario de los sistemas de energía de las instalaciones.

Se realizó un inventario con información detallada de los sistemas de energía, incluyendo como mínimo los siguientes puntos (Aranda, Zabalza, Díaz De Garayo, & Llera, 2010) :

- Sistemas de aire acondicionado.
- Principales equipos eléctricos instalados.
- Facturas eléctricas (de al menos el último año).
- Información sobre horarios, comportamientos, hábitos de consumo y actitudes del personal.

- Se identificó información cultura y procesos necesarios para empezar el desarrollo de oportunidades.

Para cada máquina que la empresa tuviera en operación se identificaron los siguientes aspectos:

a) El uso anual en horas

Para determinar las horas de uso anual se tuvo en cuenta que el año tiene 52 semanas, menos las semanas de vacaciones.

A partir de allí se evaluó las horas diarias y días a la semana que se usa cada máquina, teniendo en cuenta la siguiente formula general:

$$Estimado\,\frac{Hrs}{Yr} = \left(\left(\frac{h}{dia}\ x\ \frac{dias}{semanas}\right) + \frac{h}{sábados}\right) x \frac{semanas}{año}$$

Ecuación 2.

b) El Factor operativo, es el porcentaje del tiempo en el cual la máquina está encendida y realmente estuvo cumpliendo la función específica, es decir, se eliminaron las actividades del operario en las cuales no se implica el funcionamiento de la misma, dejando solo los tiempos en que la máquina está realmente trabajando.

c) El factor de carga que se calcula dividiendo la potencia real usada en la potencia nominal de cada máquina.(Watkins, 2020)

$$FC = \frac{potencia\ usada}{potencia\ nominal}$$

Ecuación 3.

- La potencia nominal: es el consumo sugerido por el fabricante de cada elemento. Se obtuvo del identificador de cada máquina (placa).(RETIE, 2013)
- La potencia real utilizada: es el consumo real de cada máquina al momento en que se acciona. Para obtener este dato se hicieron mediciones del consumo con una pinza

amperimétrica para obtener la corriente en tres elementos de cada tipo, que luego se promediaron.

d) Información de cultura y procesos de las empresas, para ello se realizó una encuesta estándar arrojada por la herramienta Smart save, con preguntas sobre mantenimiento de equipos, operación de algunas máquinas y del ambiente en el que se encontraban.

Finalmente, gracias a los aspectos anteriores, las máquinas se organizaron en tres áreas basados en el diagrama de flujo básico para confeccionar prendas vestir (trazo y corte, ensamble y, acabados) (ver Figura 4), adicionando el área de administrativos y edificación, y el área iluminación con el objetivo de realizar un análisis completo separando los consumos fijos de las empresas. Dentro de cada área se registran los elementos separados por grupos del mismo tipo de equipo, sumando sus potencias como un solo elemento.

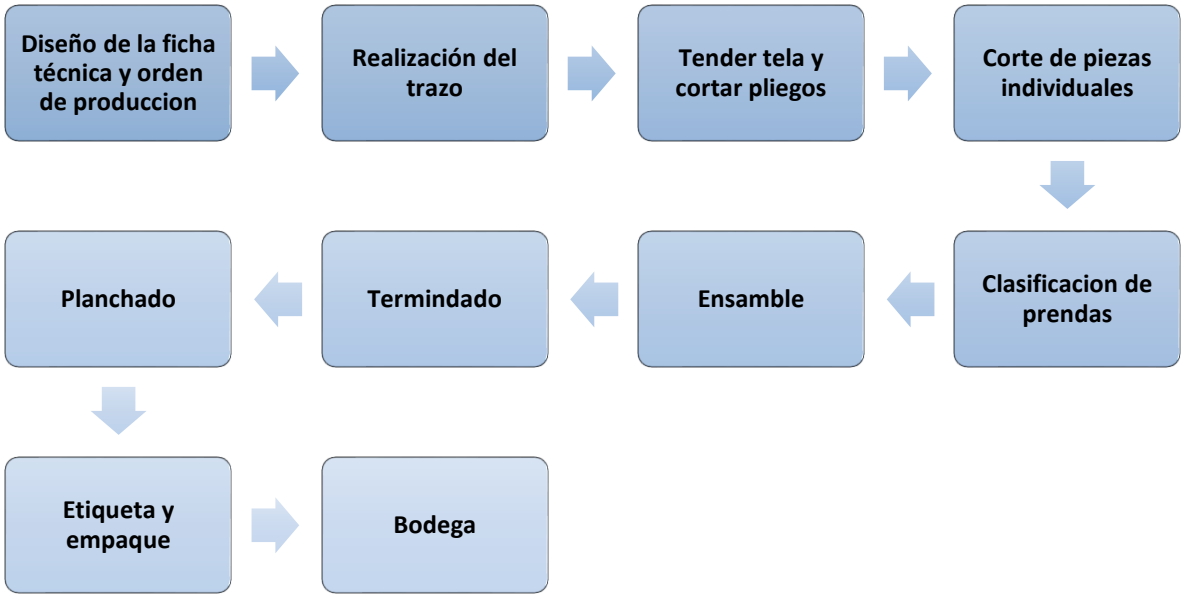

Figura 4. Diagrama de flujo básico para confeccionar prendas de vestir

4.3.2 Realización de un diagnóstico energético de las empresas seleccionadas. Siguiendo la definición presentada en el marco teórico se realizó el diagnóstico, con el fin de identificar aquellas variables y elementos que tienen mayor impacto en la EE de las empresas seleccionadas a partir de los siguientes análisis,

a) Para la identificación de los elementos críticos en cada empresa se analizaron los resultados del balance energético general, el consumo por área y por equipo dados por la primera herramienta del EES (Energy Footprint), a partir de los datos obtenidos en el inventario, comparándolos con el consumo registrado en las facturas de servicio público durante el período de referencia.

b) La identificación de las variables incidentes en el comportamiento del consumo y sus costos asociados se hizo a partir del análisis de las facturas, los medidores de energía y los comportamientos de producción. Usando regresiones, gráficos de control y otras herramientas.

c) En la identificación de los puntos críticos de gestión se usó la segunda herramienta del EES (encuesta SmartSave).

d) Finalmente, se compararon los resultados de cada empresa para realizar un diagnóstico general, determinando la importancia de los hallazgos hechos en los literales a, b y c.

4.4 Fase 4: Adaptación de un modelo de eficiencia energética al sector

En esta fase se propuso el modelo de EE adaptado al sector de confección, cumpliendo con el cuarto objetivo específico. Para esto se propusieron las siguientes actividades:

4.4.1 Selección de propuestas de mejora adecuadas para el escenario evaluado. Teniendo en cuenta las variables y elementos críticos influyentes en el consumo energético del sector confección, se seleccionaron los ajustes necesarios que podrían optimizar los resultados esperados, planteando las acciones correctivas y estandarizando las acciones en las cuales el objetivo se cumplió exitosamente. Para esto se tendrán en cuenta los siguientes criterios (Rojas & Cano, 2014):

- Cambios en la política energética.
- Cambios en los Indicadores de Desempeño Energético (IDEns)
- Cambios en los elementos y variables incidentes en el consumo, consistentes con el compromiso de la organización para la mejora continua; y la asignación de recursos.

4.4.2 Planteamiento de un modelo de gestión energética. A partir de los modelos encontrados en la revisión de la literatura y las propuestas de mejoras seleccionadas, se planteó un modelo de gestión energética que se adapte al sector de la confección.

4.5 Fase 5: Artículo académico

Se realizó un artículo académico documentando los resultados obtenidos de la investigación, con el fin de dar a conocer el modelo de gestión energética propuesto. (Ver apéndice O)

5. Resultados

5.1 Fase 1: Variables, estrategias y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras.

5.1.1 Análisis bibliométrico. En primer lugar, se realizó la revisión de modelos de gestión energética empleados actualmente en la industria manufacturera en el mundo y en Colombia para el periodo comprendido entre los años 2002 y 2019, a través del servidor de la biblioteca de la universidad industrial de Santander consultando la base de datos de Scopus y la plataforma Web of Science, para lo cual se plantearon las siguientes ecuaciones de búsqueda:

SCOPUS: TITLE-ABS-KEY (((efficien* AND energy) AND (industry OR manufacture OR product*) AND (characterization OR diagnosis) AND (saving* OR investment OR risk) AND (model OR system)))
WEB OF SCIENCE: TS= (((efficient AND energy) AND (industry OR manufact* OR product*) AND (characterization OR diagnosis) AND (saving OR invest* OR risk) AND (model OR system)))

Así mismo, se hizo una revisión en otras plataformas de acceso libre. Los resultados se muestran en la Tabla 2, entre estos se incluyen artículos, revisiones y memorias de eventos.

Tabla 2.

Artículos encontrados con la primera ecuación

Base de Datos	SCOPUS	Web of Science	Otras plataformas
Resultados Encontrados	187	162	22

El análisis de la información se realizó con la ayuda del software vantage point para tener una mejor perspectiva de los resultados obtenidos. Se inició con un análisis basado en las palabras claves en la Figura 5 para Scopus y en la Figura 6 para Web of Science.

Figura 5. Nube de palabras claves Scopus. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Figura 6. Nube de palabras claves Web of Science. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Como se observa en la *Figura 6*, para la base de datos Scopus se obtuvo resultados acorde al tema de interés y en su grado de importancia, mientras para Web of Science (Figura 6) las palabras

claves no se representan en su totalidad y no tienen el orden de importancia necesario, por consiguiente se refina la búsqueda por áreas.

WEB OF SCIENCE: TS= (("efficient" AND "energy") AND (industry OR manufact* OR product*) AND (characterization OR diagnosis) AND (saving OR invest* OR risk) AND (model OR system))

Refinado por: categorías de web of science: (energy fuels or engineering manufacturing or engineering chemical or operations research management science or chemistry physical or environmental sciences or engineering environmental or materials science multidisciplinary or chemistry multidisciplinary or economics or engineering electrical electronic or engineering multidisciplinary or engineering mechanical or engineering industrial or engineering petroleum or thermodynamics or materials science ceramics or management or materials science biomaterials or multidisciplinary sciences or mechanics or physics multidisciplinary or engineering civil)

Período de tiempo: Todos los años. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

De la nueva ecuación de búsqueda se excluyeron las áreas o categorías de estudio que no tuvieran relación alguna con el tema de interés en la investigación. Los resultados SE lograron reducir a 68 artículos.

Con ellos, se estudió la producción de los artículos publicados en los últimos años, donde se observó una tendencia positiva a partir del año 2003 y siendo el año 2014 el que tiene mayor número de publicaciones (ver Figura 7).

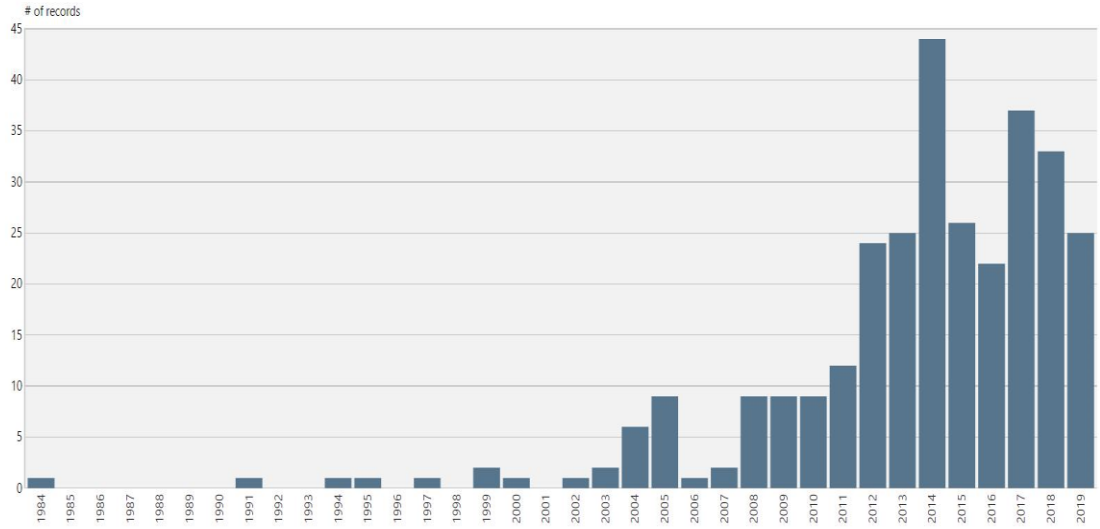

Figura 7. Publicaciones por año artículos encontrados. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Además, se realizó la clasificación de las publicaciones encontradas por países como se muestra en la Figura 8, siendo Estados Unidos el país con mayor número de producciones científicas en el campo de estudio, esto podría deberse en parte porque las primeras incursiones en el tema fueron de origen estadounidense; por otra parte, en Colombia es poco estudiado, como puede observarse hace parte de los países que publicaron entre 2 y 6 productos.

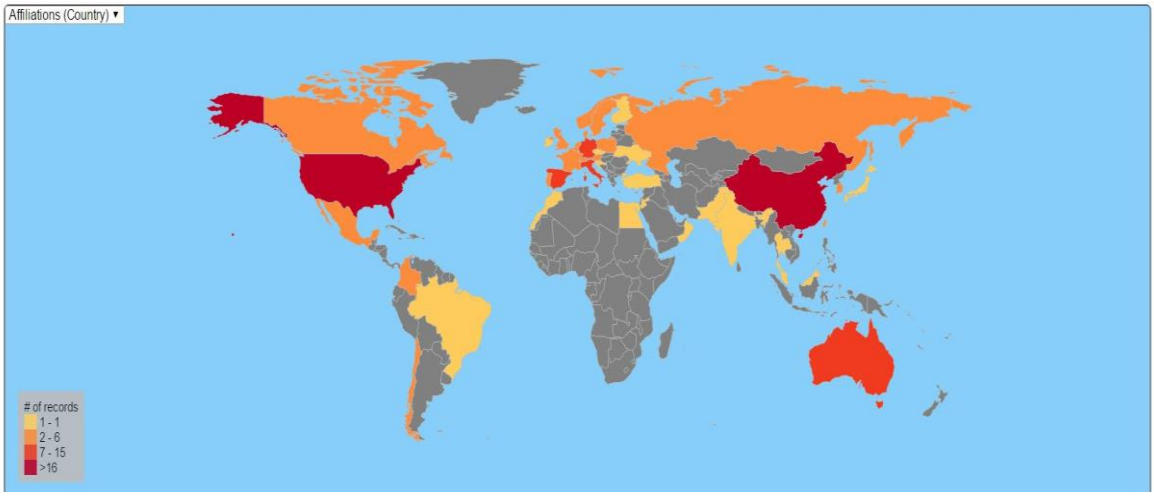

Figura 8. Países con mayor número de publicaciones. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Así mismo, el gráfico de país vs cantidad de publicaciones por año que se aprecia en la Figura 9, muestra el interés por el tema está presente desde el año 2003 pero tuvo un crecimiento significativo a partir del año 2012, especialmente en países reconocidos por su alto consumo energético.

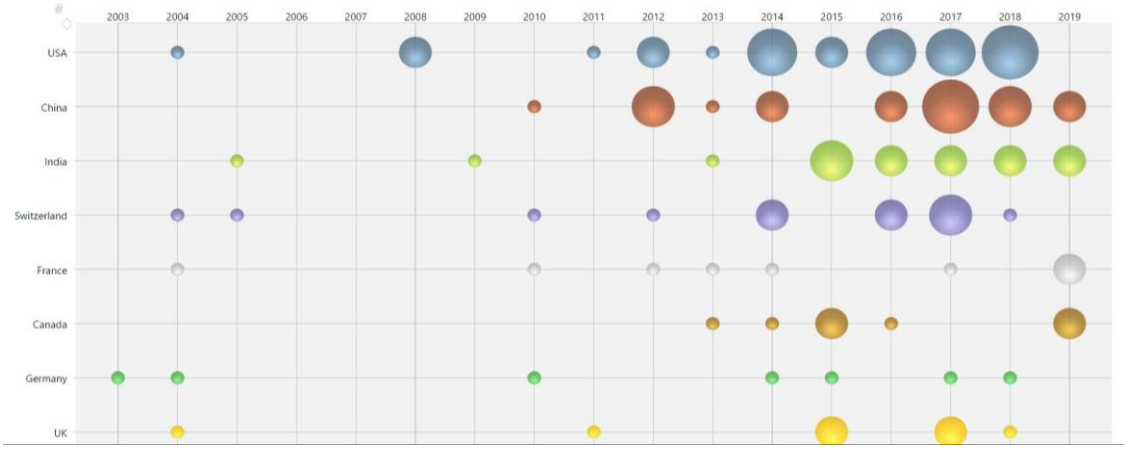

Figura 9. Cantidad de publicaciones por año en los países más representativos. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Por otra parte, se analizó la relación entre los principales autores de los artículos, encontrando algunas conexiones, para el análisis se realizó el gráfico aduna como se presenta en la Figura 10, el cual permite observar cómo diferentes autores colaboraron entre sí para la producción de por lo menos un artículo científico de esta temática, sin embargo, la red carece de profundidad, lo cual indica que los autores no tienen integraciones relacionadas y muchos de ellos están desconectados. Esto puede deberse a lo incipiente del tema.

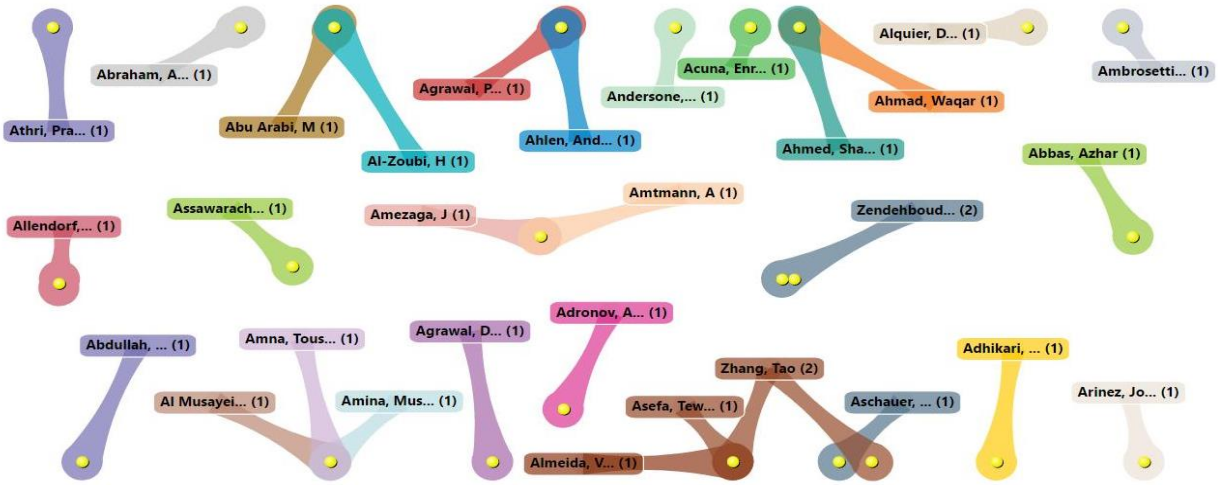

Figura 10. Aduna de autores para producciones científicas en colaboración. Adaptado del Software Vantage Point (2019).

Al analizar la información anterior se seleccionaron 24 artículos en total (ver apéndice D), en los cuales se presentan diferentes modelos, protocolos, metodologías, diagnósticos y herramientas para la implementación de sistemas de gestión energética; un ejemplo es la metodología planteada por Dörr, Wahren, Bauernhansl en el año 2013 en donde se implementa una interfaz con la estructura organizativa con el fin de aplicar procesos de EE para la producción, además de un sistema de control técnico en el cual se proporcionen instrucciones de medición, un catálogo de

medidas comunes a nivel del proceso y la integración de los conocimientos sobre EE en las empresas. (Dörr, Wahren, & Bauernhansl, 2013)

Otro ejemplo es el trabajo desarrollado por Branchetti, y compañías en 2016 donde se propuso un modelo basado en el autoanálisis de consumo y se desarrolló la Herramienta de Ahorro y Eficiencia Energética (ESET, por sus siglas en inglés), para dar a las PYMES una ruta en el diagnóstico de energía.(Branchetti et al., 2016)

A pesar de estos y otros estudios aplicados, se encuentran investigaciones como la de Bunse y compañía en 2011, donde concluyen que las soluciones presentadas en la literatura generalmente no son las adecuadas para las necesidades de la industria para la gestión de la energía en la producción a nivel de empresa, planta o proceso, dando como resultado un baja aplicación real, además resalta la importancia de la utilización de las TICs para el análisis, medición, control y manejo del proceso, es decir en general para la toma real y eficaz de decisiones (Bunse, Vodicka, Schönsleben, Brülhart, & Ernst, 2011).

Ratificando lo anterior, la investigación realizada por Morais y compañia en 2019, infiere que, para tomar medidas de EE por las PYME, requiere un compromiso con la calificación de la gestión organizacional, la gestión operativa, la gestión de proyectos y procesos y sistemas productivos en sí y tecnologías asociadas (Morais et al., 2019)

Además, es importante resaltar que algunas investigaciones se enfocan en elementos específicos como la iluminación o aires acondicionados; así como otras se enfocan en modelos matemáticos o desarrollo de software, así mismo, diferentes autores presentan los resultados de estudios de eficiencia y gestión energética en empresas o sectores específicos como estudios aplicados, lo cual sirve de guía para este trabajo al momento de realizar los estudios aplicados en las empresas, pero

no necesariamente para el momento de la adaptación de un modelo como tal (Nunes et al., 2014; Li, Jia & Niu, 2014; Shi et al., 2016; Zou, Chang, Arinez, & Xiao, 2017; Patel & Mukherjee, 2017).

En segundo lugar, se identificaron documentos gubernamentales en materia de gestión energética que se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3.

Documentos gubernamentales en materia de gestión energética

Título	Año	Autor	País
OptimaGrid. Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa	2017	Ministerio para la transición ecológica	España
Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022	2017	COLOMBIA Ministerio de Minas y Energía –MME Unidad de Planeación Minero Energética -UPME	Colombia
Herramienta para el análisis y caracterización de la eficiencia energética	2006	UPME	Colombia
Sistema de gestión integral de la energía. Guía para la implementación	2008	UPME:	Colombia
ENERGY STAR. Guidelines for Energy Management.	-	U.S. Environmental Protection Agency	Estado Unidos de América
Guía de buenas prácticas en uso racional dela energía para el sector de la pequeña y mediana empresa		Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.	Colombia

Título	Año	Autor	País
		Ministerio del Medio Ambiente.	
NORMA INTERNACIONAL Traducción oficial	2011	International Organization for Standardization	

A continuación, se presenta el análisis de la información encontrada:

Es importante aclarar que los modelos gestión energética buscan la implementación de un sistema certificable, siendo la forma por la cual una empresa demuestra al gobierno y al mercado su trabajo en la gestión de un campo específico, razón por la cual se basan en la norma como base fundamental para la formulación de modelos (ver Figura 11).

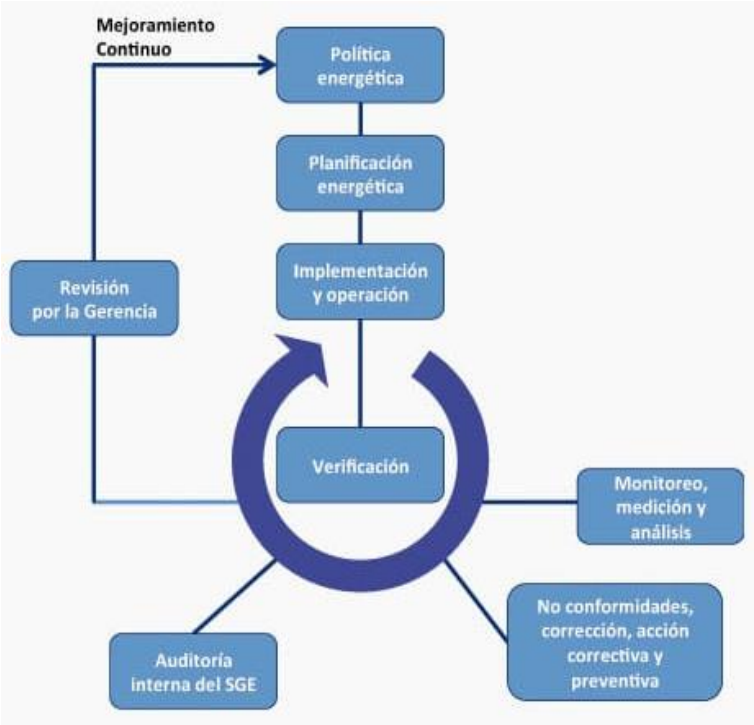

Figura 11. Diagrama de flujo de la metodología de aplicación de la norma ISO 50001. Tomado de ISO 50001. (2015). Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

A nivel internacional la serie ISO 50001, publicada por primera vez en 2011 rige los estándares de gestión energética (SMARKIA, 2014), basándose en el sistema de gestión ISO 9001 y funciona a través del ciclo PHVA, lo cual hace que se pueda acoplar también con la norma de gestión ambiental ISO 14001 (ISOLUCIÓN®, s. f.; Normas ISO, 2018). En esta norma se identifican 5 grandes fases: 1. Responsabilidad de la dirección y política energética. 2. Planificación energética. 3. Implementación y operación. 4. Verificación. 5. Revisión por la dirección; donde la planificación y la implementación son las de mayor especificación (ISO 50001, 2015), en la Figura 11 se observa la metodología de aplicación.

La edición 2018 de la misma norma pretende ser aplicable a cualquier organización, independientemente de su tipo, tamaño, complejidad, ubicación geográfica, cultura organizacional o los productos y servicios ofrecidos, por ello, describe de manera genérica los requisitos necesarios para montar el sistema de gestión, siendo este un factor desfavorable porque no cuenta con una guía específica para que los empresarios sepan cómo desarrollar su implementación, es decir no presenta las variables a evaluar o las herramientas a utilizar para adoptar las prácticas recomendadas (Abdelaziz et al., 2011; Finnerty, Sterling, Contreras, Coakley, & Keane, 2018).

Así mismo, se realizó un análisis de los diferentes tipos de modelos de gestión energética, que se han desarrollado en diversos entornos y con distintos niveles de profundidad como se relaciona a continuación:

Vidal y compañía en el año 2007, realizaron un análisis crítico comparando 14 modelos basados en la norma ISO 50001 a nivel mundial (producción más limpia y eficiencia energética, UNEP, gestión total eficiente de la energía, CEEMA, generalidades sobre la metodología para el control del consumo energético, entre otros), y concluyen que de manera trasversal los modelos cuentan

con las fases de diagnóstico, caracterización, creación de un plan de acción, implementación y monitoreo. Además, del análisis de estos 14 modelos surgió el modelo de gestión energética para el sector productivo nacional aprobado por la UPME, Modelo de Gestión Integral de la Energía MGIE (UPME, 2008; Vidal, et al., 2007).

Es importante resaltar dentro del MGIE se cuenta con una estructura de 21 actividades divididas en 3 niveles (ver Figura 12) permitiendo a las empresas una guía fácil de comprender, en especial para aquellas interesadas en iniciar de cero un sistema gestión hasta ponerlo a operar. (Campos, Lora, et al., 2008)

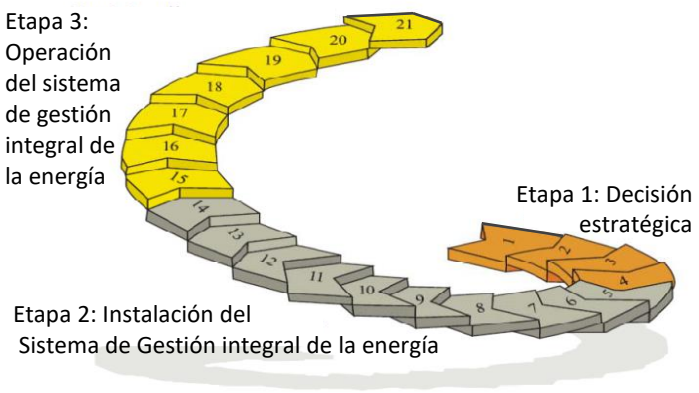

Figura 12. Esquema del Modelo de Gestión Integral de la Energía. Tomado de Quispe, E. C., Castrillon, R. P., Campos, J. C., & Urhan, M. (2011). El modelo de gestión energética colombiano: desarrollo,desarrollo , experiencias y resultados de aplicación.

Por otra parte, existen modelos donde se incluyen el estudio de todos los tipos de recursos involucrados en la producción como eficiencia de materias primas, utilización del espacio, entre otros. Un ejemplo son los modelos de producción más limpia los cuales están apoyados por la Ley de producción más limpia y plantean una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios con el fin de aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres

humanos y el medio ambiente, entre las empresas que han aplicado este modelo está Bavaria en Bucaramanga y 132 empresas del sector productivo del valle de Aburrá (Cardona, Flores, Silvia, & Arango, 2010; Vargas, 2006).

Así mismo, el modelo de Sistema de Gestión de la Energía SGEn, desarrollado en México por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), junto con el modelo de gestión integral de la energía MGIE de la UPME, tienen en cuenta actividades funcionales como el proceso productivo, procesos auxiliares o servicios industriales y procesos administrativos como acondicionamiento de aire en oficinas, alumbrado etc. (Correa, 2016).

Lo anterior permite inferir que los modelos de gestión energética pueden abarcar desde muchas áreas del conocimiento y no necesariamente desde la ingeniería eléctrica, para el caso de un ingeniero industrial permite tener el nivel de profundidad necesario para identificar los ahorros energéticos desde el ámbito económico (Salazar et al., 2018).

Sin embargo, es interesante notar que ni en las normas, ni en la mayoría de los modelos incluyen una etapa sobre el análisis de viabilidad económica, se tiene en cuenta como actividad dentro del diagnóstico o dentro del plan de acción. Esto se torna interesante cuando se piensa en el interés básico de una empresa por aumentar su utilidad, pues como lo dicen Salazar y colaboradores “no basta con determinar las inversiones que se requieren, es necesario hacer la evaluación económica y de riesgo adecuada para invertir” (Salazar et al., 2018), por lo cual se resalta la importancia de esta etapa, de no ser así dificulta la visualización y desarrollo del proceso de evaluación de los proyectos de medidas de eficiencia energética (EEM) y desestimula el interés del empresario respecto de la adopción de un SGE e incluso de simples EEM aisladas.

Los modelos de Gestión energética tienen la tendencia a indicar de algún modo un ciclo, (esto es porque buscan implementar la mejora continua) (Vidal et al., 2007), a continuación, se presentan algunos de ellos:

El Modelo Energy Star, planteado por la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos en 1992, con el fin de evaluar la eficiencia energética en los sistemas electrónicos, para la aplicación de este modelo se encuentran diferentes guías que brindan descripciones de procesos y funcionamiento de equipos por sector y se basa en el esquema presentado en la Figura 13, este cuenta con indicaciones como por ejemplo, para establecer su programa de energía las organizaciones forman un equipo de energía dedicado, instituyen e integran una política energética, además de planificar e implementar mejoras específicas, para esto el equipo mide y rastrea el rendimiento energético y se comunica con la gerencia, los empleados y otras partes interesadas (Barrera, 2012; ENERGY STAR, 2016). Sin embargo, no hace especificaciones como: quiénes deben conformar el equipo, qué tipo de datos y cuántos se deben medir, como se hace el diseño o las partes esenciales de la política, etc., teniendo el mismo factor desfavorable identificado en la norma ISO 50001.

Figura 13. Diagrama del modelo Energy Star Tomado de Energy star. (2016). Energy star Guidelines for Energy Management. Retrieved from https://www.energystar.gov/buildings/reference/guidelines

Por su parte el modelo de gestión total de la energía, esquematizado en Figura 14, es específico en los pasos a seguir para su implementación (ver Figura 15).

Figura 14. Modelo de gestión total eficiente de la energía CEEMA Tomado de Vidal, J. R., Prias, O., Campo, J. carlos, & Quispe, E. C. (2007). Modelos de gestion energetica. Un análisis crítico. 11. Retrieved from http://www.enriquequispe.com/wp content/uploads/2012/01/2007_Quispe_Vidal_CIMEM.pdf

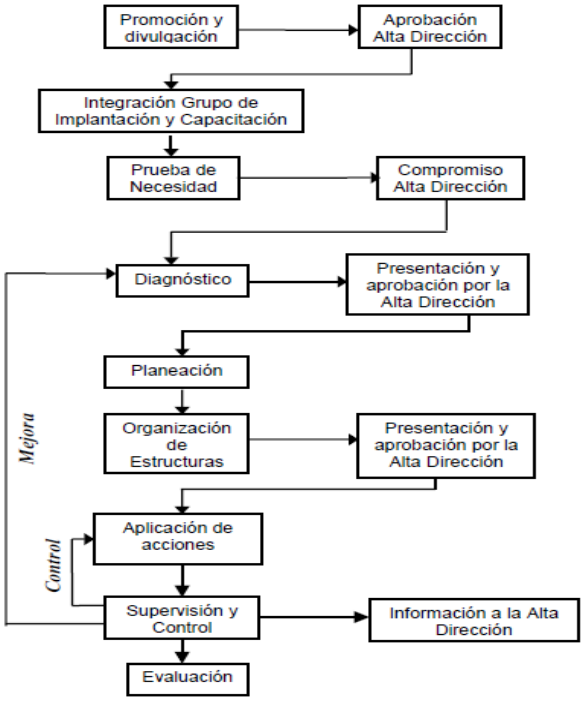

Figura 15. Secuencia para la aplicación de la GTEE. Adaptado de CEEMA, C. de E. de E. y M. A. (2002). Gestión energética empresarial.

Además, este permite identificar y utilizar todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de gastos en los distintos sistemas energéticos de una empresa. También explica algunas herramientas técnico-organizativas que son similares al catálogo Herramientas para el Análisis de Caracterización de la EE de la UPME, para adaptarlas a las necesidades propias de cada empresa (CEEMA, 2002; UPME, 2006), siendo así uno de los más completos y específicos, dentro de los evaluados en este documento.

Por otro lado, se encuentran programas como Energy Efficiency Service (EES), desarrollado desde la rama de energía y sostenibilidad de Georgia Manufacturing Extension Partnership, como una iniciativa del gobierno estadounidense y el Georgia Institute Of Technology para ayudar a las empresas manufactureras a implantar sistemas de gestión de la energía basados en la norma ISO 50001, está dividido en dos niveles:

El primero, tiene el objetivo de incentivar a la gerencia a comprometerse en estos proyectos al ver las proyecciones económicas, para ello es necesario realizar todo el proceso desde el diagnóstico energético hasta las proyecciones económicas, a través 4 herramientas informáticas, DOE Energy Footprint tool, GT SmartSave tool, DOE Plant Energy Profiler (PEPEx) y el DOE EnPI tool, los cuales ofrecen guías de acceso gratuito, empleando un máximo de 20 variables y hasta 10 tipos de energía, y un listado de preguntas con el fin de evaluar el funcionamiento y estructura de la empresa. En este caso se menciona como modelo porque sus herramientas son consecutivas y brinda una dirección en la toma y análisis de datos (Energy Efficience y Renewable Energy, 2017; Hasanbeigi & Price, 2010).

Otros modelos como el propuesto por la Universidad Pontificia Bolivariana, titulado "Generalidades sobre la metodología para el control del consumo energético" es usado en Colombia, el modelo de G.G. Rajan "Sistema de Gestión" y el "Gestión Energética Integral" del Ente Vasco de Energía, no mencionan el compromiso de los directivos de la empresa con respecto a implementar sistemas de gestión energética (Pérez & Vera, 2012; Vidal, et al., 2007), pero este acompañamiento de la gerencia es indispensable para brindar información en cualquier caso (CEEMA, 2002), sin importar el modelo o norma aplicado, por ello estos modelos asumen de inmediato que se tiene compromiso y disposición de la información y parten de esta premisa.

Con lo anterior se puede concluir; los modelos de gestión energética son generales y presentan estructuras a seguir sobre las estrategias y prácticas las cuales se deben adoptar en las empresas interesadas en implementar un modelo, sin embargo, no describen detalladamente las variables a tener en cuenta para realizar el estudio, o las herramientas que se podrían usar, por eso fue necesario buscar documentos de aplicaciones de los modelos donde se encontraban las variables y herramientas posibles a utilizar.

Finalmente, se puede afirmar que hay suficiente información sobre las variables, estrategias y prácticas para realizar un estudio el cual permita adaptar la literatura a las necesidades del sector en cuestión, fundamentado tanto en antecedentes y desarrollos nacionales como internacionales.

5.1.2 Elementos, herramientas, instrumentos y prácticas utilizadas en modelos de gestión energética para empresas manufactureras.

A continuación, La Tabla 4 presenta un resumen sintético de las variables, prácticas y estrategias usadas a nivel internacional encontradas en materia de modelos de gestión energética.

Tabla 4.

Variables, estrategias y prácticas encontradas en los modelos de la literatura analizada

Variables	Las mediciones básicas son: consumo, consumo anterior, consumo actual, producción, tiempo, capacidad instalada y temperatura.
Estrategias	•El apoyo gubernamental en programas y/o con benéficos u obligaciones es la estrategia más usada para llegar o motivar a las empresas a hacer GE. •Se realiza una primera auditoria energética de bajo costo que permita identificar el estado actual de la empresa, con EEM y sus pronósticos. • Se propone un caso de negociación en el que se integran ahorros económicos con beneficios no necesariamente energéticos para lograr el interés de los altos directivos. •Se comunica y divulga constantemente a todo el personal de la empresa sobre las metas y logros en gestión energética, esto genera interés, participación y conciencia en las empresas. • Se analiza el proceso productivo en conjunto con el consumo energético.

Estrategias	• Se inicia con la implementación de las EEM de bajo costo y reinvertir sus beneficios para la implementación de las medidas cada vez más costosas.
Prácticas	En el Diagnóstico se usan las siguientes herramientas: • Diagramas de: producción vs consumo, índice de consumo, balance de energía, gráfico de control consumo y producción vs tiempo, energético productivo, Pareto, Tendencia acumulativas. • ESS: Energy FootPrint DOE, GT Energy Assesment Tool, Smart Save. Para el diseño de planes y toma de datos se emplean: • Creación de un grupo de trabajo con personal interno combinado en ocasiones con personal externo. Para el análisis económico se calculan: • VPN, TIR y PRC. EmPI TOOL (ESS). Simulación de Montecarlo. Energy Budgets at Risk (EBaR®) • Evaluar los potenciales de ahorro de energía, ahorros económicos, costos de inversión y tiempos de retorno de la inversión para la aplicación de las alternativas, y de allí seleccionar la más factible. Para el control y la mejora continua: • Indicadores de gestión • Sistema de identificación de oportunidades

Nota: Adaptado de (Carabalí, Forero, & Cadavid, 2018; CEEMA, 2002; Centanaro, 2005; Finnerty et al., 2016, 2018; Gaitan & Monteagudo, 2005; Gwinner, 2015; ISO 50001, 2015; Pérez & Vera, 2012; Salazar et al., 2018, 2012; Trianni, Cagno, & Farné, 2016; UPME, 2006)

De la información expuesta en la Tabla 4 se puede inferir que las variables, estrategias y prácticas encontradas en los modelos de gestión energética plantean qué se debe hacer y en ocasiones el fin, sin embargo, no especifica puntos como por ejemplo ¿Cómo se diseña una política energética adaptada a la empresa? ¿Qué tipo de persona debe ser el director de la gestión

energética?, estas son preguntas sin respuestas dentro de un modelo general y se responden según las particularidades propias de cada empresa. (Barrera, 2012).

En este caso, el trabajo es dirigido a pequeñas y medianas empresas, es importante tener en cuenta como lo dice Trianni y compañía en el año 2016, “la mayor barrera para la implementación de EEM en las PYMES, es la falta de conciencia y de interés, que afecta la “toma de decisiones, lo que impide que las empresas evalúen o incluso reconozcan posibles soluciones de eficiencia energética que deben implementarse”, en cambio las “barreras económicas casi actúan exclusivamente en el paso de la evaluación financiera”, para lo cual propone que al realizar la primera auditoria energética se reducirá la resistencia a la implementación porque genera conciencia del uso de la energía y su posibilidad de mejora. (Trianni, Cagno, & Farné, 2016).

Aun así, empresas como las PYMES, consideran la financiación como su principal barrera, debido al tiempo en la instalación de nueva tecnología y a detener sus procesos mientras esto ocurre. Además, cuando las empresas no tienen un alto consumo energético los directivos no encuentran motivación debido a que pueden manejar el costo de la energía como fijo, no variable y no gestionable, por lo tanto, no identifican la necesidad de reducir los consumos, como una estrategia para mejorar rentabilidad económica, razón por la cual la evaluación no juega un papel decisivo al momento de generar conciencia y tomar la decisión de incursionar en la GE. Por ello, Finnerty y compañía en el año 2018, proponen el uso de beneficios no energéticos (Apéndice E Lista de beneficios no energéticos) y montar un caso de negocio donde se exponga todos los beneficios brindados por la GE a la empresa con un enfoque estratégico y no solo económico, ya que se considera el mejor método para motivar a la gerencia de este tipo de empresas a invertir en este campo siempre (Finnerty, et al., 2018b; Trianni et al., 2016).

Otro factor a tener en cuenta es el tamaño limitado de estas empresas, la cual es afectada profundamente por la falta de personal, es decir, la posibilidad de no contar con personas capacitadas para gestionar todo el proceso de planificación efectiva de la intervención en EE (Trianni et al., 2016).

Lo anterior, se complementa con lo expuesto por Gaitan y Monteagudo en el año 2005: “Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades, que la detección de una oportunidad aislada” (Gaitan & Monteagudo, 2005) y la afirmación por el grupo de investigación CEEMA, de la Universidad de Cienfuegos en el año 2002, donde menciona que la implementación de los sistemas de EE fallan “sobre todo, porque la empresa no cuenta con la cultura ni las capacidades técnico-administrativas necesarias para realizar el seguimiento y control requerido y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas” (CEEMA, 2002).

Es preciso mencionar que, en todos los modelos de gestión analizados hay una constante entre sus actividades, las cuales son el monitoreo o control, algunos de ellos consideran en su desarrollo una etapa aparte, mostrando la importancia de un sistema de monitoreo apropiado y efectivo, permitiendo identificar las variables correctas, verificar el cumplimiento de las metas e identificar nuevas oportunidades con el paso del tiempo, entre ellos por ejemplo el de la Universidad Pontificia Bolivariana y el del Ente Vasco de Energía mencionados anteriormente.

Por consiguiente, se buscará identificar oportunidades de mejora, en términos de prácticas, renovaciones y control; con un proceso que se llevará a cabo en diferentes niveles de profundización en la información suministrada según lo permitan las empresas.

5.1.3 Herramienta o estrategia. Para la selección de la herramienta es importante tener en cuenta que las existentes aún no se encuentran bien estructuradas, por consiguiente, no permiten un análisis profundo del nivel de madurez de una organización a partir de la gestión de la energía y sus dimensiones (Finnerty et al., 2016). Por lo tanto, se sugiere implementar prácticas de gestión de la energía, apoyado de guías de aplicación en las cuales se tenga un paso a paso de cómo implementar un sistema de gestión de energía guiando las actividades a desarrollar en cada una de las fases y cuáles herramientas se utilizan para ello (Serna, 2010; UPME, 2006).

A partir de la premisa anterior se seleccionó una herramienta que permite realizar el diagnóstico energético, el análisis de los datos y posterior selección de las oportunidades de mejora en las empresas, teniendo en cuenta las diferentes variables, estrategias y prácticas identificadas en el apartado 5.1.2 cumpliendo con los siguientes criterios:

- Consumo general, producción y tiempos
- Consumo especifico por área, máquina o proceso
- Evaluación general de procesos y cultura entorno a la utilización de la energía
- Oportunidades de mejora (cambios energéticos, cambios de proceso, cambios culturales)
- Evaluación de oportunidades (costos factibilidad, aplicabilidad y beneficios no energéticos).

La Tabla 5 presenta las diferentes herramientas identificadas en la revisión de literatura que permiten realizar un diagnóstico energético, la mayoría de ella se describieron en el apéndice A, las demás son mencionadas en el análisis bibliométrico o en la Tabla 4.

Tabla 5.

Herramientas para realizar un diagnóstico energético

Herramienta	Criterio				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Diagrama de producción vs consumo	x	x			
Diagrama índice de consumo	x				
Diagrama balance de energía		x			
Diagrama consumo y producción vs tiempo	x	x			
Diagrama energético productivo	x	x			
Diagrama de Pareto		x			
Gráfico de tendencias acumulativas	x				
Gráfico de control	x	x			
Herramientas computacionales de Energy Efficiency Service	x	x	x	x	X
Cuestionarios tipo auditoria			x	x	
Guías de gestión de Energy Star				x	
Superior Energy Performance			x		
TIR, VPN y PRC					X
Simulación de Montecarlo					X
Energy budgets at risk					X

Como se observa en la Tabla 5, la mayoría de las herramientas encontradas permiten evaluar uno o dos criterios, las herramientas computacionales de Energy Efficiency Service evalúan todos los criterios de selección hasta de evaluación de oportunidades, cuentan con herramientas de diagnóstico complementarias y consecutivas, manejan todas un mismo lenguaje y están diseñadas para no requerir obligatoriamente la presencia de un experto para ser utilizadas, todo esto permite realizar el diagnóstico solo con esa herramienta, razón por la cual se selecciona como la más acorde para realizar la auditoria energética.

Adicionalmente para que el modelo de gestión energética este completo debe aplicar una serie de estrategias las cuales permitan el desarrollo eficaz de un sistema de gestión energética, para este caso de estudio deben ser estrategias accesibles y de fácil comprensión para los empresarios porque de lo contrario podrían ser un factor de desmotivación.

Por consiguiente, analizando las estrategias, se le comunicará y divulgará constantemente a todo el personal de la empresa sobre las metas y logros en gestión energética ya que esto promueve el compromiso de todos con el sistema generando interés y participación, además, se puede hacer un análisis de los procesos en conjunto en la parte productiva como en el consumo energético y así el personal estaría más dispuesto a brindar su apoyo en el proceso de evaluación.

Finalmente, se identificará los beneficios no energéticos y las EEM de menor a mayor costo, como una forma con la que los empresarios podrían avanzar más tranquilamente en la implementación de medidas de gestión y eficiencia energética.

A partir de la información encontrada en el análisis bibliométrico, se decidió iniciar, diseñando una encuesta la cual indague sobre horas trabajadas, número de empleados, cantidad producida en los últimos tres meses, el consumo energético y la cantidad y tipo de máquinas que tienen en sus empresas, el modelo de la encuesta completa se encuentra en el apéndice D. esta encuesta fue diseñada con el fin de identificar como está constituido el sector en la actualidad tanto en factores cualitativos como cuantitativos.

5.2 Fase 2: Perfil de consumo energético de la empresa del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga

5.2.1 Empresas del sector confección del área metropolitana de Bucaramanga. El Apéndice F muestra la información obtenida de la Cámara de Comercio de Bucaramanga, Compite 360, para pequeñas y medianas empresas del sector confecciones de prendas de vestir, ya que no se encontraron registradas empresas grandes.

Se identificaron un total de 32 empresas, de las cuales se logró aplicar la encuesta mencionada en el literal 4.2.1 a un total de 20 de estas, representando un 62,5% del total de las empresas registradas (Apéndice G, Ejemplo carta de presentación y firmas de recibido).

Por otro lado, es importante resaltar la clasificación de las empresas por la Cámara de Comercio como pequeñas y medianas empresas en base a los ingresos anuales y no por la cantidad de personas o activos que las componen, lo cual incluye a empresas con pocos empleados y plantas muy pequeñas en esta clasificación. Además, de ser empresas con satélites tercerizados, es decir, envían a hacer parte de su proceso por fuera de la empresa, donde el más común es ensamblar las piezas ya cortadas.

Otro aspecto importante encontrado en el AMB es la subdivisión del sector principalmente en: dotaciones para empresas (28,1%) y ropa infantil (46,9%). También existen empresas dedicadas a la confección de ropa para adulto y deportiva, siendo minoría (12,5%). Se encontró algunos casos de dotación donde el 100% de su producción es realizada por satélites. Finalmente, las empresas están teniendo iniciativas de EE aplicando como única acción el cambio de luminarias.

5.2.2 Perfil preliminar de consumo energético del sector En primer lugar, se elaboró el perfil energético del sector por medio del gráfico de “consumo y producción vs empresas”. Los valores de la gráfica representan el consumo y producción promedio aritmético de los últimos tres meses de cada empresa. (Como se muestra en la Figura 16.)

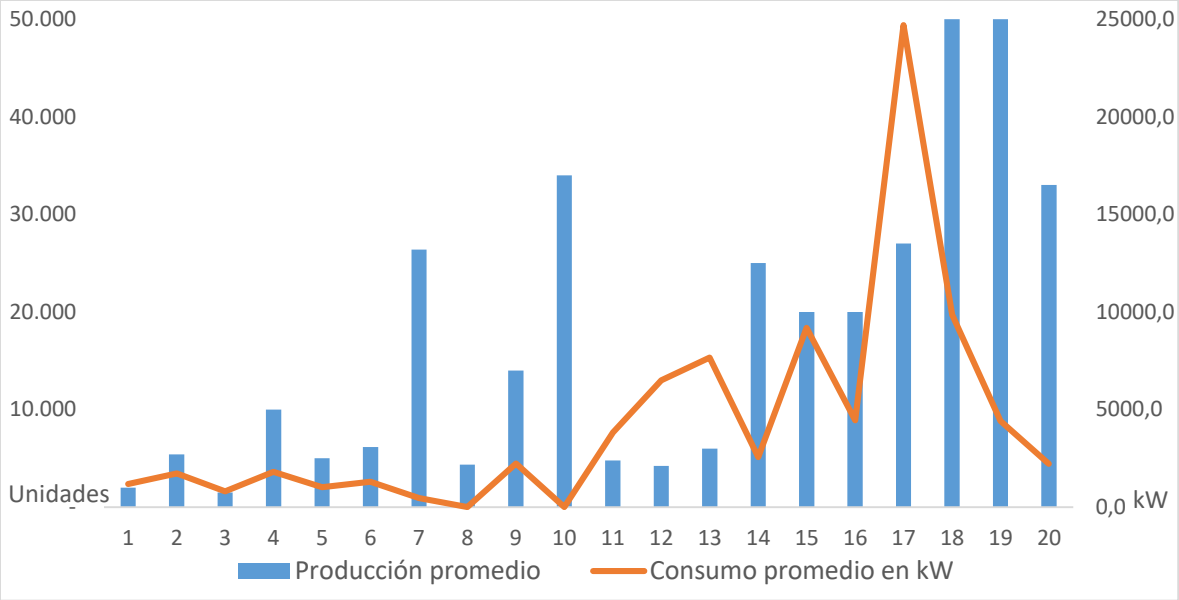

Figura 16. Consumo y producción vs empresa de la muestra del sector confecciones del AMB

Como se muestra en la Figura 16 se identifican dos tipos de comportamiento en el sector respecto al consumo eléctrico. En las empresas de la 1 a la 10 se aprecia como el consumo es menor a 2500 kW/hora por mes lo cual no representa un consumo significativo, por otro lado, se observa un comportamiento diferente en las empresas de la 11 a la 20 donde se observa un consumo superior a 2500 kW/hora por mes, siendo la empresa número 17 la de mayor consumo.

Además, en la Figura 16 se puede observar que no hay una relación directa entre el consumo y la producción, lo cual podría deberse al fenómeno de la tercerización, porque no es la empresa quien incurre directamente con los gastos del consumo, pero si registra la cantidad producida a su nombre.

En este punto cabe mencionar, el consumo del sector a pesar de ser industrial y de haber sido identificado como el tercer subsector de mayor consumo, es muy bajo como para aspirar a ser

usuarios no regulados, ya que el minímo consumo para pasar a esa categoria es de 55000 kWh y el maximo registrado en la encuesta fue 24700 kWh. (ESSA, 2014; Vatia, 2015)

En segundo lugar, se identificó el número de máquinas por empresa como se presenta en la Figura 17.

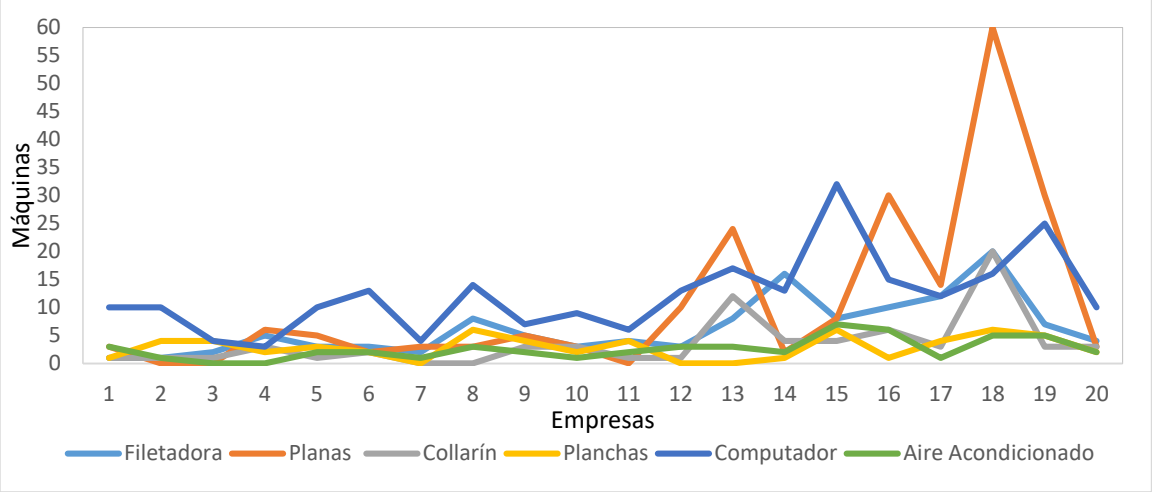

Figura 17. Máquinas por empresa de la muestra del sector confecciones del AMB.

Al comparar la Figura 16 con la Figura 17 se identificó una relación creciente con el número de máquinas, en la Figura 17 a partir de la empresa 11 hay un aumento en el número como ocurrió con el consumo. Lo cual indica claramente que las empresas con un consumo significativo son aquellas en donde se realizan más cantidad de prendas en instalaciones propias.

5.2.3 Perfil empresarial del sector a partir de las particularidades propias de las empresas seleccionadas. Con la información recolectada se caracterizó la muestra en tres perfiles empresariales, teniendo en cuenta la producción, el número de trabajadores, el número de máquinas y el tipo de prendas de vestir que realizan, con el fin de identificar los tipos de empresa representativas del sector y seleccionar a cuáles se les aplicaría el estudio de gestión energética.

Para identificar los tipos de empresa se realizó por medio de una matriz de ponderación como se muestra en la Tabla 6 utilizando una escala de Likert, en donde a cada ítem se le asignó una puntuación de 1 a 3 dependiendo de si su valor era alto, medio o bajo (ver Tabla 7) respectivamente, y luego se sumaron las puntuaciones las cuales se clasificaron por color.

Tabla 6.

Matriz de ponderación de perfiles de las empresas de confecciones del AMB

Matriz de Ponderación Total

Empresas	Producción	# de trabajadores	# de Máquinas	Actividad	Total
1	3	3	3	3	12
2	3	3	3	1	10
3	3	3	3	1	10
4	3	3	2	1	9
5	3	3	2	2	10
6	3	3	2	1	9
7	1	3	3	2	9
8	3	1	2	1	7
9	2	2	2	3	9
10	1	2	3	1	7
11	3	3	3	2	11

Matriz de Ponderación Total

Empresas	Producción	# de trabajadores	# de Máquinas	Actividad	Total
12	3	2	2	3	10
13	3	3	1	1	8
14	1	2	2	1	6
15	2	1	1	1	5
16	2	1	1	1	5
17	1	1	1	1	4
18	1	1	1	1	4
19	1	2	1	3	7
20	1	2	2	1	6

Tabla 7.
Valores dados a las ponderaciones

Puntuación	Producción	# de trabajadores	# de Máquinas	Actividad
1 Alto	> 25000	> 52	> 69	Infantil
2 Medio	(13.000, 25.000)	(27, 51)	(35, 69)	Dotación
3 Bajo	(1.000, 12.000)	(5, 26)	(0, 34)	Otros

De acuerdo con lo anterior los perfiles característicos fueron definidos por el color verde si estaba entre 4 y 6 puntos, el color amarillo si estaba entre 7 y 9 puntos y el color rojo si estaba en 10 y 12 puntos. A continuación, describiremos las características propias de cada perfil de acuerdo con su consumo como se observa en la Figura 18:

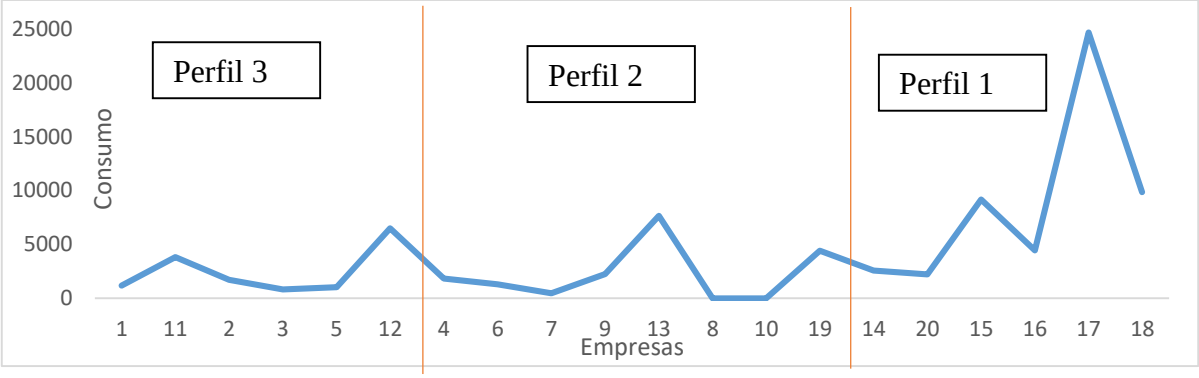

Figura 18. Consumo energético de la muestra del sector confecciones por perfiles característicos

Perfil 1: En este perfil se encuentran 6 empresas las cuales son las más grandes del sector, en su mayoría determinadas por los valores dados a 1 en la Tabla 7, tienen una edad promedio de 30 años y pertenecen al sector infantil, según la Figura 18 son aquellas con mayor consumo energético teniendo en promedio $4.950.000 COP/mes. Además, basados en la información recolectada se puede concluir como el alto consumo también tiene relación directa con que las instalaciones son edificios y maquinaria antiguos.

Perfil 2: En este perfil se encuentran 8 empresas, tiene dos empresas las cuales no confeccionan ropa infantil, la empresa 8 está dedicada a dotaciones y la empresa 19 confecciona ropa para adulto, se encuentran en este perfil debido a su alta producción. En general son empresas de tamaño mediano definidas especialmente por los valores dados a 2 en la Tabla 7. Tienen una edad promedio de 22 años. En el caso de la empresa número 13 tiene un alto consumo en comparación con las otras empresas de este perfil, esto se podría deber a unas instalaciones muy grandes y maquinaria sofisticada, pero por motivos económicos decidieron disminuir y tercerizar aún más la producción. También se debe destacar que las empresas 8 y 10 no suministraron datos del consumo.

Perfil 3: En este perfil se encuentran un total de 6 empresas. Son de tamaño pequeño definidas especialmente por los valores dados a 3 en la Tabla 7. Este es el grupo más variado, encontrando empresas dedicadas a producción infantil, adulto, deporte y dotación; con una división en cuanto a edad, un subgrupo de 3 a 5 años y otro de 15 a 40 años. El consumo promedio de estas empresas es de $956.000 COP/mes.

Por lo anterior, el perfil seleccionado para realizar el estudio de identificación de variables y estrategias energéticas será el perfil 1 debido a que las empresas tienen un mayor consumo, y por tanto aumenta la probabilidad de un mayor impacto del modelo. Además, son empresas de ropa infantil las cuales hacen parte importante del sector confecciones del AMB como se mencionó anteriormente.

5.2.4 Empresas seleccionadas. A partir del perfil 1 seleccionado, las empresas a las cuales se les podría aplicar el estudio son la 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20, pero se excluye la empresa 17 y la 18 porque en la encuesta indicaron desinterés en realizar algún estudio de gestión energética; por tal motivo la muestra se reduce a 4 empresas de confección de ropa infantil. Para la siguiente fase se visitó nuevamente estas empresas con el fin de recolectar más información y profundizar el estudio de cada una; se inició con la entrega de una carta en físico (Apéndice H Carta empresas seleccionadas y firmas de recibido) a las cuatro empresas que finalmente cumplen con características similares entre sí, en cuanto producción, el número de trabajadores, el número de máquinas y el tipo de prendas de vestir elaboradas.

5.3 Fase 3: Variables y elementos críticos que influencian el consumo energético del sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga

Se realizó un estudio a las cuatro empresas seleccionadas con el fin de identificar las variables y elementos críticos que influenciaban el consumo energético del sector.

En primera instancia se realizó una prueba piloto con una de las cuatro empresas, seleccionando una en donde se exhiban características intermedias. Como el rango de ponderación utilizado en la tabla 6 fue de 4 a 6, se seleccionaron las empresas con una puntuación de 5, las empresas 15 y 16 cumplían con esta característica. De las dos empresas, la de mayor consumo energético era la 15, razón por la cual se seleccionó como la empresa para realizar la prueba piloto.

A partir de la aplicación de la prueba piloto se perfeccionaron los formatos de toma de datos, la manera de agrupar los elementos, y se seleccionó la pinza amperimétrica como el instrumento de medida ya que permite que cualquier persona con conocimientos básicos del área pueda tomar las medidas a un bajo costo. Por último, se identificó el orden de análisis adecuado para el diagnóstico.

En los apéndices de la I a la L se encuentran los informes detallados de cada empresa y respectivos datos desagregados. A continuación, se presentan el análisis de los datos globales.

5.3.1 Inventario de los sistemas de energía de las instalaciones. Para el inventario se tuvieron en cuenta los horarios de trabajo semanales y el periodo de referencia fueron los meses de noviembre de 2018 a octubre 2019 (ver Tabla 8), con el fin de establecer los hábitos de consumo energético del personal.

Tabla 8.

Horarios de trabajo de las empresas

	Empresa 14		Empresa 15		Empresa 16		Empresa 20	
	Lunes a viernes	Sábados	Lunes a viernes	Sábados	Lunes a viernes	Sábados	Lunes a viernes	Sábados
Inicio	7:00 am	7:00 am	7:00 am	7:00 am	6:00 am	6:00 am	7:00 am	7:00 am
Descanso	9:15 am 9:30 am	9:15 am 9:30 am	9:00 am 9:15 am	9:00 am 9:15 am	9:00 am 9:15 am	9:00 am 9:15 am	9:00 am 9:15 am	9:00 am 9:15 am
Almuerzo	12:00 mm 1:00 pm		12:00mm 12:30 pm	12:00mm 12:30 pm	12:00 mm 12:30 pm		12:00 mm 1:00 pm	
Descanso	3:30 pm 3:45 pm		3:20 pm 3:35 pm		4:00 pm 4:15 pm		4:00 pm 4:15 pm	
Salida regular	5:00 pm	1:00 pm	5:30 pm	3:45 pm	5:00 pm	2:00 pm	6:00 pm	1:00 pm
Horas extra	7:00 pm		7:00 pm					
Total horas	10,5 h	5,45 h	11 h	8,75 h	10 h	8 h	9,5 h	5,45 h

De la Tabla 8 se observa que las empresas de confecciones de prendas de vestir trabajan en promedio 10, 2 horas de lunes a viernes y 6,7 horas los sábados. En general las empresas empiezan actividades a las 7 am, tienen dos descansos de 15 minutos, uno en la mañana y otro en la tarde, toman una hora para el almuerzo y tienen dos semanas de vacaciones de diciembre a enero.

En cuanto a cultura energética en todas las empresas se evidencia alguna medida de ahorro, como apagar todas las luces y la mayoría de los equipos a la hora del almuerzo y los descansos, en otras existen campañas de culturización por el ahorro con letreros de motivación y recordatorios de apagar los elementos cuando no se estén usando.

En las noches y los fines de semana todas las plantas bajan los tacos para evitar el consumo innecesario, a excepción de aquellas con una UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida/ uninterruptible power supply) porque estas sí deben quedar encendidas, ya que, la finalidad de la UPS es alimentar y resguardar las cargas delicadas de una empresa.

En la Figura 19 se listan los tipos de máquinas existentes en las empresas, agrupadas por áreas. No todos los tipos de máquinas están presentes en todas las empresas.

Administrativos y edificación	**Ensamble**	**Plancha y acabados**
Aire acondicionado	Plana SCE	Planchas
Computadores	Plana electrónica	Caldera
Impresoras	Collarín SCE	Fusionadora
Ventiladores	Collarín electrónica	Sublimadora
Extractores	Fileteadora electrónica	Banda secadora
Televisor	Fileteadora SCE	Termofijadora sencilla
Microondas	Fileteadora neumática	Termofijadora doble
Refrigerador	Crocheta	Calandra
UPS	Sesgo aéreo	Reveladora
	Escobi	Ventilador reveladora
Corte y trazo	Dobladilladora SCE	Secador
Cortadora de extremos	Encauchadora SCE	Lavadora
Cortadora vertical	Sesgadora	Pistola de lavado
Cortadora industrial	Bordadora	Hidrolavadora
Cortadora laser	Embobinadora	Tejedora
Plotter trazos	Botonadora	Bordadora
Compresor industrial	Presilladora electrónica	**Iluminación**
Cortadora redonda	Presilladora SCE	Luminarias grandes
	Ojaladora SCE	Luminarias medianas
	Ojaladora electrónica	Luminarias pequeñas
	Cerradora de codo	

Figura 19. Tipos de máquinas existentes en las empresas seleccionadas, agrupadas por áreas.

De la figura 19 se puede concluir:

- El área con mayor tipología de máquinas es la de ensamble encontrando 21 tipos diferentes en total.
- En el área de plancha y acabados se encuentran diferentes tipos de máquina las cuales realizan la misma función, como es el caso de la sublimadora y Termofijadora que, aunque tengan pequeñas diferencias su función es la misma y el consumo es diferente.

- Como en el área de plancha se incluyen los acabados, está área es la que tiene mayor variabilidad de máquinas entre empresas.
- En el caso de las bordadoras estas se clasifican según el número de cabezas (Número de piezas que pueden realizar al tiempo) y dependiendo de estas características, el consumo energético es diferente en unas y otras.
- En el área de ensamble se encuentran máquinas que siendo del mismo tipo podían manejar motores con control electrónico (máquinas electrónicas) o motores sin control electrónico (SCE). Esto representa una gran diferencia en cuanto a la utilización de la energía, por lo cual se tomaron como un tipo de máquina diferente.

Para realizar el inventario total de las máquinas de las empresas se tuvieron las siguientes consideraciones:

- En el consumo de energía de las UPS se incluyen los computadores, el servidor de comunicación y el sistema de vigilancia (contra incendios y robos).
- Los estabilizadores no se inventariaron porque se midieron directamente las máquinas conectadas a ellos.
- Los valores del refrigerador y el microondas son aproximados pues debido a su antigüedad estos no tenían placa.
- Los motores de las máquinas se trataron de la misma manera debido a que no se tiene la trazabilidad de qué motores han sido rebobinados.

En la tabla 9 se presenta un resumen ejecutivo de los inventarios realizados a las cuatro empresas, para ver el inventario completo de cada una diríjase al apéndice M.

Tabla 9.

Resumen ejecutivo inventario de las empresas seleccionadas

Áreas de trabajo		N° Equipos	Potencia nominal (W)	Horas de uso/ año	Factor de carga (%)	Operativo hora (%)
Corte y trazo	Rango	5 - 8	70 - 24000	350 - 3324	11% - 284%	5% - 90%
	$\bar{x}$	6,25	2171,98	1389,41	76%	35%
Ensamble	Rango	18 - 54	373 - 1500	312 - 3224	24% - 150%	30% - 100%
	$\bar{x}$	38	486,05	1580,38	74%	45%
Plancha y acabados	Rango	3 - 11	40 - 6000	90 - 3984	14% - 100%	14% - 100%
	$\bar{x}$	7	1818,88	1626,32	72%	71%
Administrativa	Rango	25 - 45	75 - 5840	324 - 7488	14% - 98%	80% - 100%
	$\bar{x}$	36,5	1004,48	2657,98	69%	91%
Iluminación	Rango	130 - 404	12 - 96	768 - 3224	72%	80% - 100%
	$\bar{x}$	236,25	25,90	2705,02	72%	95%

Nota: Rango: indica el valor mínimo y máximo de cada ítem. $\bar{x}$: indica el promedio de cada ítem.

En cuanto a la cantidad de equipos presentes en cada área se evidencia que la sección de iluminación tiene más equipos, porque se cuenta la cantidad total de luminarias de la empresa. Seguida por las áreas de ensamble y administrativa con un promedio de 38 y 36,5 equipos respectivamente.

El área de corte y trazo tiene en promedio una potencia nominal de 2.171,98 W, ya que existe en una de las empresas una cortadora industrial electrónica de 24.000 W, este es un dato fuera de lo común, pues la siguiente potencia más alta es de 5.590 W, correspondientes a un compresor. Esta máquina aumenta la calidad del corte y, disminuye el desperdicio de materia prima y el tiempo; en las demás empresas esta labor se hace con equipos cuya precisión depende del operario. Por tanto, si no se tiene en cuenta este equipo el promedio de esta área sería 1.152 W.

De las horas de uso al año los límites superiores corresponden a:

- Las máquinas que están encendidas 24 horas 365 días al año = 7488 horas (UPS).
- Las máquinas que no se apagan durante la jornada = 3984 horas (calderas).
- Las máquinas que se usan toda la jornada laboral y se apagan en descansos =3224 horas.

Las máquinas SCE manejan factores de carga superior al 100%, es decir exceden la capacidad sugerida en placa, esto puede tener diversas causas, normalmente se basan en la edad del motor o esfuerzos en telas gruesas, por lo que en el área de corte y ensamble es donde ocurre este suceso.

Debido a que el consumo es directamente proporcional a la cantidad de máquinas, la potencia y las horas de uso, el área con mayor potencial de consumo es la administrativa.

5.3.2 Diagnóstico de la gestión energética.

Se realizó el diagnóstico de cada empresa, empezando por el balance energético, seguido del consumo por áreas de trabajo, consumo por las máquinas y, el perfil de energía y costos asociados. A continuación, se presentan los resultados en conjunto de los cuatro diagnósticos.

5.3.2.1 Balance energético

El balance energético se elaboró con la herramienta EES (Energy Foot Print). Se ingresaron los datos recolectados en el inventario y se realizó el cálculo del consumo de cada elemento inventariado, para cada empresa. Dando como resultado los datos de la Tabla 10, se muestra el consumo anual total obtenido en las facturas de energía eléctrica, el consumo calculado según el uso de los equipos y el porcentaje de uso[12], que es el total del consumo facturado explicado por el calculado.

La diferencia entre los consumos facturado y calculado, es decir la energía sin explicar, puede deberse a factores como:

- Pérdidas de la red
- Ineficiencias de las máquinas, es decir consumos en vacío de algunas máquinas o picos de consumo que no se pudieron medir.
- Imprecisiones en las horas de uso.
- Que al perderse la trazabilidad de los motores rebobinados no exista un valor correcto de las potencias nominales de ciertas máquinas.

Tabla 10.

Balances energéticos para las empresas seleccionadas

	Noviembre 2018 a Octubre de 2019 (kW)		
EMPRESA	Consumo facturado	Consumo calculado	% de uso
14	39.425	38.853	99%

[2] Porcentaje de uso, es la energía facturada de la cual se tiene el conocimiento en que se está consumiendo, lo cual se determina con los datos del inventario. Se calcula como consumo calculado/consumo facturado.

15	112.796	109.927	97%
16	41.479	39.765	97%
20	33.104	31.843	96%
Promedio	56.701	55.097	-

En la tabla 10 se observa, la empresa 15 tiene un consumo casi tres veces mayor a la siguiente, dando como resultado un promedio superior a tres de las cuatro empresas evaluadas, a pesar de que en el numeral 5.2.3 se identificaran con características similares. Esto puede deberse a una mayor potencia instalada debido al tipo de máquinas utilizadas, como la cortadora y el compresor electrónicos en la empresa.

La empresa número 14 tiene un mayor porcentaje de energía explicada (99%), para un total de 572 kW facturados sin explicar, es decir, está empresa tiene mayor control sobre la energía.

La empresa 15 es la que tiene la mayor cantidad de energía sin explicar (2.869 kW) a pesar de no tener el menor porcentaje de uso, esto debido a su alto consumo, en comparación con las otras empresas las cuales registran energía sin explicar entre 572 y 1.714 kW.

5.3.2.2 Consumo de energía por áreas de trabajo

La herramienta EES gracias a los datos ingresados calcula el consumo de cada elemento, el consumo por área y la participación respecto al total de la empresa. Es necesario aclarar que los datos ingresados a la herramienta están basados en promedios de los datos de campo para todos los equipos.

Con el fin de identificar en cada una de las empresas cuál o cuáles eran las áreas que generan el mayor consumo energético, la Tabla 11 hace un comparativo de los consumos por área.

Tabla 11.

Consumo energético por áreas de trabajo de las empresas seleccionadas

Área		14	15	16	20	Promedio
Trazo y corte	Anual (kWh)	1.537	19.366	333	812	5.512
	%	4,00%	17,60%	0,80%	2,60%	6,25%
Ensamble	Anual (kWh)	11.780	34.690	14.251	2.598	15.830
	%	30,30%	31,60%	35,80%	8,20%	26,48%
Plancha y	Anual (kWh)	5.109	15.403	6.765	8.311	8.897
acabados	**%**	13,20%	14,00%	17,00%	26,10%	17,58%
Administrativa	Anual (kWh)	9.590	34.476	5.111	10.031	14.802
	%	24,70%	31,40%	12,90%	31,50%	25,13%
Iluminación	Anual (kWh)	10.837	5.991	13.304	10.091	10.056
	%	27,90%	5,40%	33,50%	31,70%	24,63%

Al comparar las cuatro empresas se pudo identificar para cada área un dato atípico, es decir, al comparar los porcentajes por áreas una empresa muestra una diferencia en comparación con las demás. La única empresa que no presenta ningún dato atípico es la 14.

- Para el área de corte y trazo es la empresa 15, porque cuentan con una cortadora industrial y un compresor de mayor capacidad que las demás, lo cual genera un mayor consumo en la sección de corte.
- Por otro lado, esta empresa tiene un consumo en iluminación más bajo que los demás porque tiene menos cantidad y utiliza potencias más bajas.

- Para las áreas de ensamble es la empresa 20, ya que está realiza la mayor parte de su ensamble a través de satélites, por tanto, este consumo es bajo. En cambio, el área de plancha y acabados tiene un alto consumo porque esta empresa se especializa en estampados los cuales hacen parte de los acabados.
- Para el área administrativa es la empresa 16, porque tienen un bajo consumo debido a que no tienen un equipo (UPS) el cual esté conectado las 24 horas todo el año.

La distribución del consumo por áreas en la empresa 15 está más equilibrada, en cambio en la empresa 16 es más variable con un rango de 0,8% a 35,8%.

En general se concluye que las áreas de mayor consumo en casi todas las empresas son ensamble, administración e iluminación con un porcentaje de consumo promedio de 26,48%, 25,13%, 24,63% respectivamente.

5.3.2.3 Consumo de energía por máquinas. La Tabla 12 muestra los once equipos con mayor consumo de las cuatro empresas y su respectivo porcentaje de participación respecto al consumo global, resaltando que todos los valores son promedio.

Para ingresar los datos, los equipos se agruparon según tipo de máquina separando, por ejemplo, máquinas del mismo tipo con diferente potencia nominal o máquinas electrónicas y SCE, lo que ayuda a identificar mejor los equipos críticos dentro de las empresas.

Tabla 12.

Equipos agrupados de mayor consumo en las empresas seleccionadas.

Equipos individuales	Cantidad de equipos	$\overline{\text{kWh}}$	%	$\overline{\text{kWh}}$ por unidad
UPS	1	9015,3	16,36%	9015,30

Equipos individuales	Cantidad de equipos	$\overline{kWh}$	%	$\overline{kWh}$ por unidad
Luminaria mediana	193	7585,5	13,77%	39,30
Plana SCE	13	7438,7	13,50%	572,21
Cortadora Industrial	1	6950,5	12,62%	6950,50
Fileteadora SCE	11	5228	9,49%	475,27
Caldera	1	5034,5	9,14%	5034,50
Sublimadora	1	4304	7,81%	4304,00
Aire Acondicionado	2,75	3385,6	6,14%	1231,13
Plancha	3	3166,5	5,75%	1055,50
Luminaria grande	24	2663	4,83%	110,96
Luminaria pequeña	33	1003	1,82%	30,39

De la tabla 12 se puede resaltar:

- La UPS es un equipo crítico en las tres empresas que lo poseen, representa un alto consumo no solo porque en ella están cargados otros elementos, adicional a esto su función implica estar operando 24 horas todo el año, por lo cual su consumo interno en promedio es aproximadamente de 1.298 kWh durante el año, el alto consumo de esta corresponde en su mayoría al servidor.
- Las luminarias medianas en tres de las cuatro empresas representan consumo alto, ya que en general todas tienen una gran cantidad de bombillos a una potencia nominal alta. Además, se

evidenció un acceso para la luz solar durante todo el día en todas las plantas y aun así las luces permanecían encendidas.

- Las máquinas planas y fileteadoras SCE en conjunto tienen un consumo significativo en todas las empresas por la cantidad de máquinas agrupadas, porque al evaluarlas individualmente su consumo seria bajo. El consumo individual de estas máquinas es similar a las collarín, luego se deben tratar con la misma importancia individual aunque no representen un consumo crítico en conjunto.
- La cortadora industrial de la empresa 15 es un equipo crítico porque permanece encendida toda la jornada laboral, con largos periodos de vacío en los cuales consume 2000 W por hora (2 kWh), generando un alto consumo anual aun cuando no está siendo utilizada durante toda la jornada, por lo tanto, es importante mencionarla dentro de los hallazgos generales.
- Los aires acondicionados representan consumo importante dentro de todas las empresas, solo en la empresa 16 se tiene un control estricto del mantenimiento respectivo y el control de fugas de temperatura con el ambiente externo.
- La caldera, sublimadora y planchas son máquinas de calor que deben estabilizarse en altas temperaturas generando un alto consumo, además cabe resaltar, en algunos casos los aisladores de temperatura en los conductos no tienen el debido aislamiento lo cual puede permitir perdidas afectando el consumo.
- Las luminarias grandes son fluorescentes, la cual es una tecnología obsoleta.

Al evaluar las máquinas individualmente, las planas, fileteadoras SCE y luminarias reducen su porcentaje de participación respecto al consumo global en un 8,5% en promedio, lo cual hace que otros elementos sean identificados como de mayor consumo.

5.3.2.4 Perfil de energía y costos asociados. Para iniciar el análisis del consumo global de la empresa se identificó a Vatia como prestador de servicio en la empresa 15 y para las demás es ESSA. Las empresas 14 y 20 están ubicadas en el mismo sector y manejan los mismos costos por kWh, en promedio $528 COP; por otro lado, las empresas 15 y 16 están ubicadas en el mismo edificio, pero sus costos varían debido a que el suministro de energía es dado por empresas diferentes, siendo $450 COP/kWh y $326 COP/kWh respectivamente.

Primero se verificó que en la factura de las cuatro empresas solo se cobra la energía activa y las actividades referentes a la transmisión de esta[1]. En este proceso, se pudo identificar además, en las empresas 15 y 16 solo menejan un medidor cada una, en cambio la empresa 14 tienen un medidor para el área administrativa y uno para planta.

La empresa 20 maneja 3 medidores (administrativos, planta y bordado) sin embargo, no se pudo identificar claramente cuáles elementos pertenecian a cada red, adicionalmente, se observo en la factura de noviembre 2019 el concepto de cobro “energía recuperada” el cual representa consumos anteriores no cobrados, siendo la unica que tenia un concepto de cobro adicional a las demás.

Para analizar el consumo de las cuatro empresas se utilizaron los datos del apéndice N (Apéndice N gráficos y regresiones de las cuatro empresas). Se realizaron los gráficos de control de consumo energético mostrados en la figura 20. En ella se observa un comportamiento general bajo control, exceptuando el punto atipico de enero, con un bajo consumo debido a las vacaciones generalizadas; lo cual es un comportamiento tipico del sector. Como la empresa 16 no tiene esta

[1] Potencia activa es la potencia que demanda un receptor o un conjunto de receptores la cual es trasformada en trabajo o en calor ((Serra, 2008)

politica sino por el contrario este mes es temporada de alta producción, en ella el consumo esta fuera del limite superior.

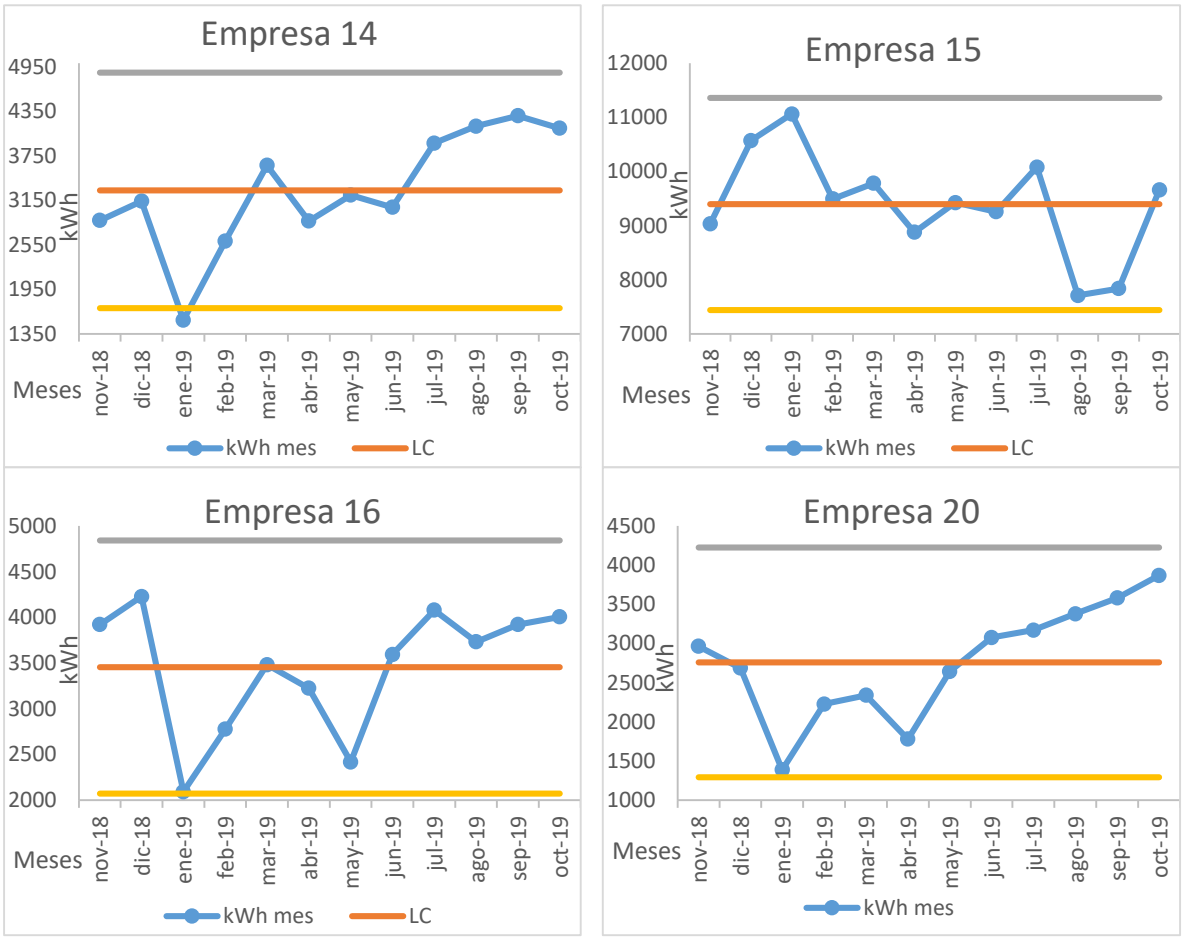

Figura 20. Gráficos de control para las empresas seleccionadas.

Se evidencia también en la Figura 22, el consumo de enero a junio es menor respecto al periodo de julio a diciembre, esto va corroborado con la información suministrada por los jefes de producción donde afirmaban un aumento en la producción durante el segundo semestre del año.

Al analizar el comportamiento del consumo, se revisó la producción durante los meses evaluados, como se observa en la Figura 21, que muestra el comportamiento de ambas variables en el tiempo.

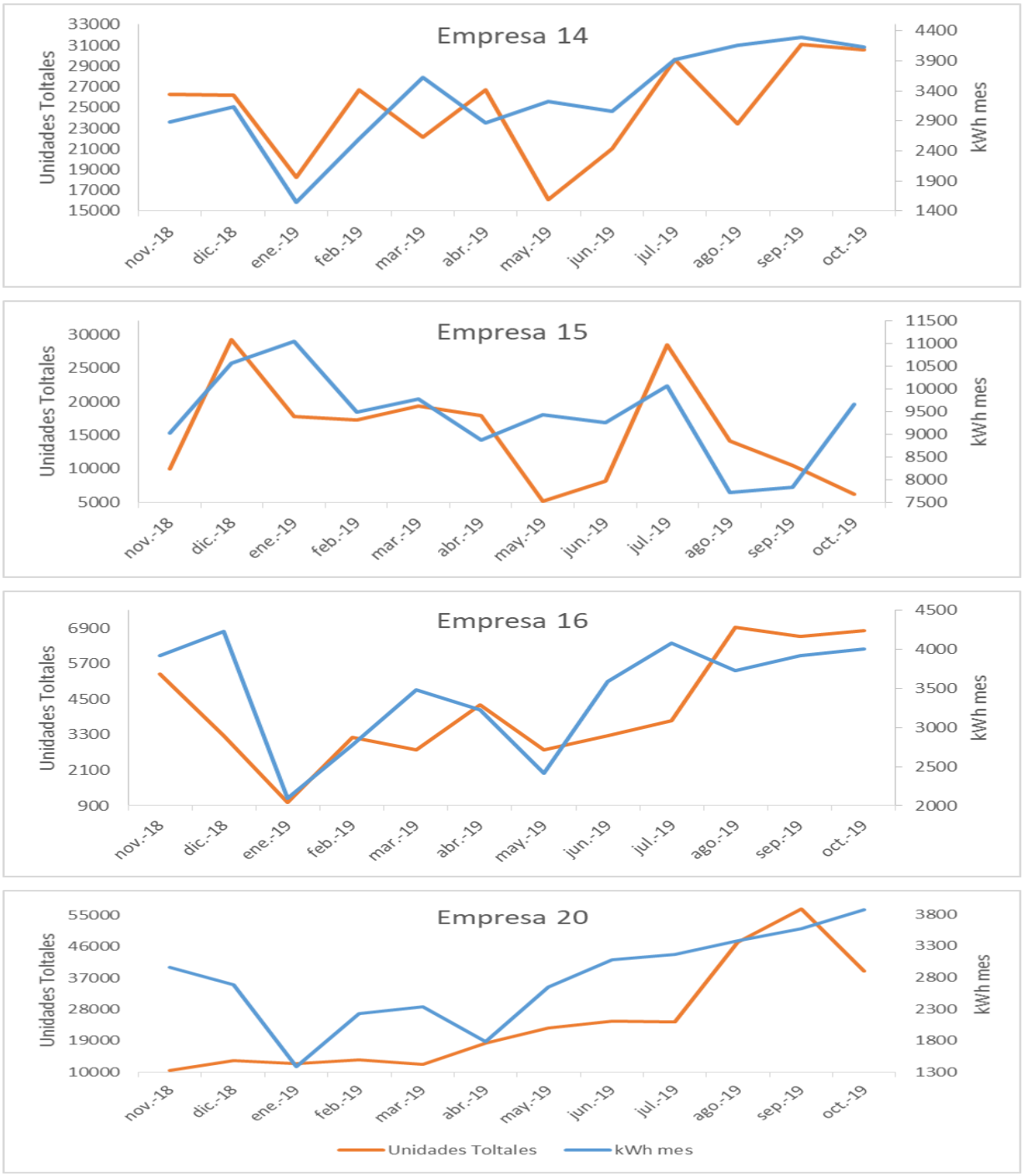

Figura 21. Produccion y consumo en el tiempo.

Según la Figura 21 las empresas 14, 16 y 20 tienen un punto bajo en enero, el cual se debe a las vacaciones generales de la empresa, desde allí se observa una tendencia creciente para las dos

variables, sin embargo, no se obseva proporcionalidad en dicho aumento ni similitudes entre las fluctuaciones mes a mes. La empresa 20 presenta el comportamiento más similar, pues desde abril las dos variables tienen un aumento constante durante 5 meses consecutivos. El caso opuesto es la empresa 14 cuya única similitud está explicada en las vacaciones de enero.

Por otro lado, la empresa 15 tiene grandes fluctuaciones pero no una tendencia clara; tampoco se observan comportamientos similares o proporcionales entre variables y la política de vacaciones no es general sino a peticion de cada trabajador, luego no tiene un punto bajo representativo.

Para determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones en producción e identificar cuantitativamente la energía no asociada a esta (costo fijo), se realizaron diagramas de dispersión, las correlaciones de Pearson y regresiones lineales simples, sin embargo, en ninguna empresa se logro la correlación lineal del 0,85 sugerida por la UPME (2006), (ver tabla 13), por ello se solicitó información sobre otras variables globales como la utilización de materia prima y los horarios (de esta se obtuvieron pocos datos), pero estas obtuvieron valores aun más bajos. También se evaluó la temperatura ambiente, no obstante, resultó no significativa en las cuatro empresas como muestran los resultados presentes en los apéndices.

Tabla 13.

Tabla resumen para Unidades Totales

Empresa	correlación de Pearson	valor p	R^2
14	0,534	0,137	0,198
15	0,465	0,0229	0,550
16	0,642	0,0242	0,412
20	0,718	0,0084	0,516

Ahora bien, si se toma en cuenta los resultados del consumo por áreas donde en promedio las áreas administrativa e iluminación corresponden al 49,8% del consumo se hace evidente que la regresión no puede lograr un R^2 mayor a 0,5. Aun así, se identifica por el valor p y la correlación de Pearson que la producción total sí es una variable significativa en todas las empresas. Por tanto, se puede concluir una afectación directa al consumo por la producción, pero con menor peso que los comportamientos de las áreas administrativa e iluminación.

Por ello, se utiliza para identificar los posibles ahorros de cada empresa como lo muestra le figura 23 donde se obserba que la linea meta de las cuatro empresas esta por debajo de la linea de comportamiento actual y por ende las cuatro empresas pueden lograr ahorros.

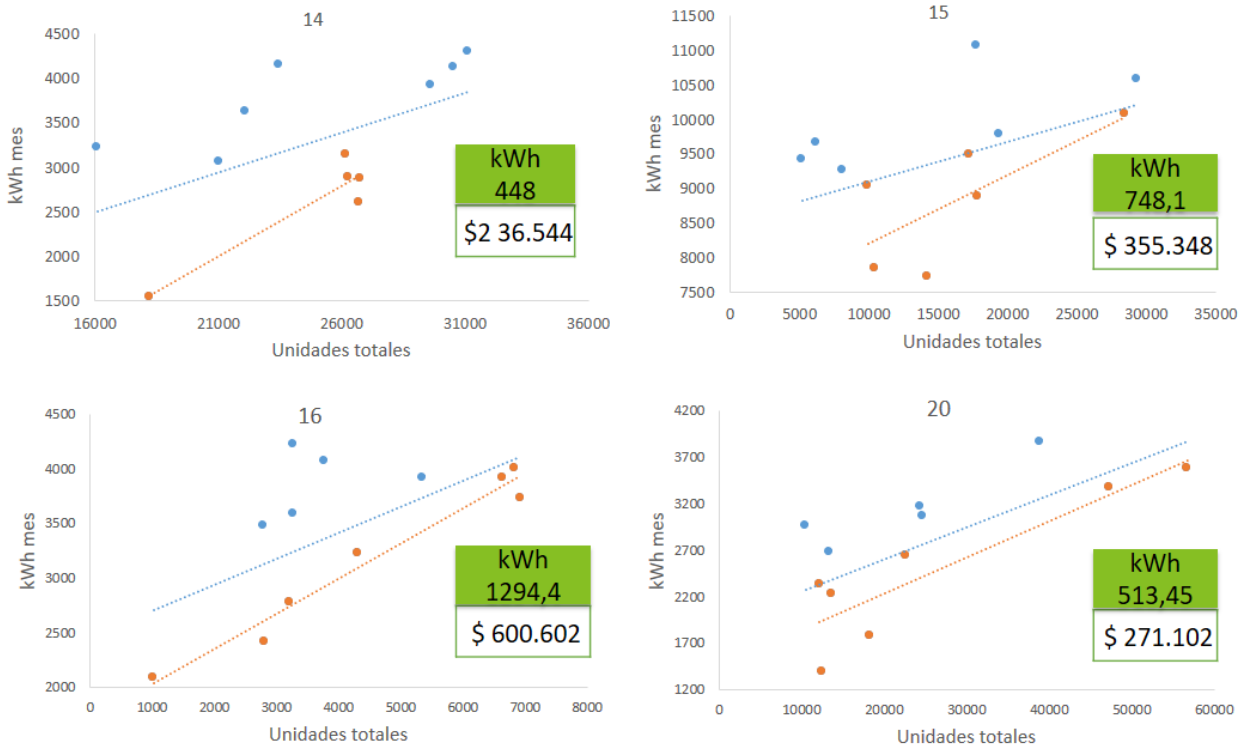

Figura 23. Consumo vs producción para las cuatro empresas. Línea base y línea meta.

La UPME, (2006) sugiere algunas causas para explicar esta correlación debil, para este caso podrian aplicarse las siguientes:

- La empresa está trabajando a una capacidad muy baja respecto a su capacidad nominal.
- Consumo fijo de energía muy alto.
- El consumo de energía en la empresa no es controlado o las prácticas operativas y mantenimiento están pobremente definidas. La supervisión de los gerentes es débil.

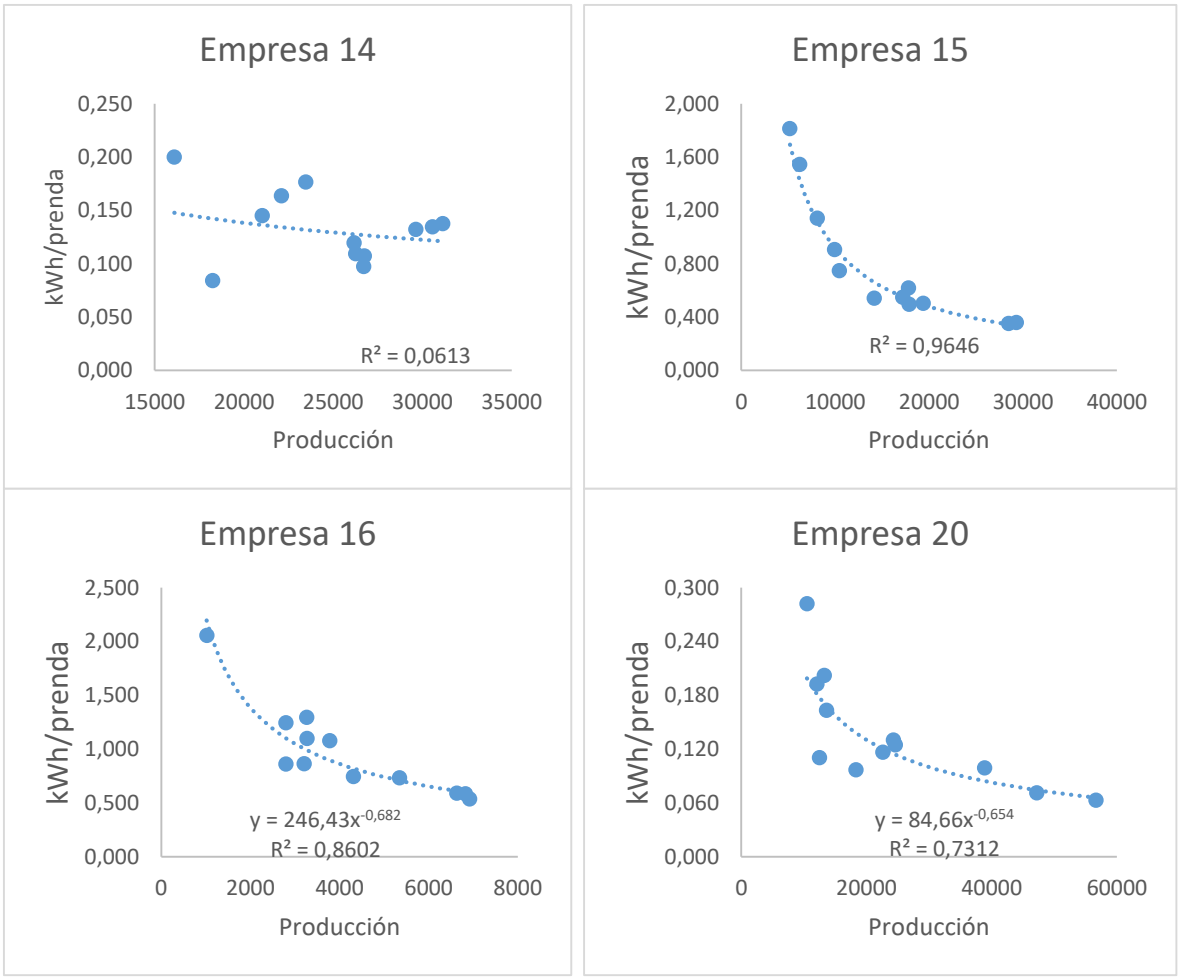

Figura 24. Índice de consumo de las empresas seleccionadas

Para analizar estas sugerencias, se realizan los análisis del índice de consumo y gráfico de control para el consumo por prenda. Estas dos herramientas buscan identificar y controlar la cantidad de energía que se debe cargar a cada prenda, en el índice de consumo se puede identificar el punto crítico, el cual es la cantidad de producción a partir de la cual este valor se estabiliza, es decir el aumento en el número de prendas después de ese valor no representa un aumento significativo en el consumo.

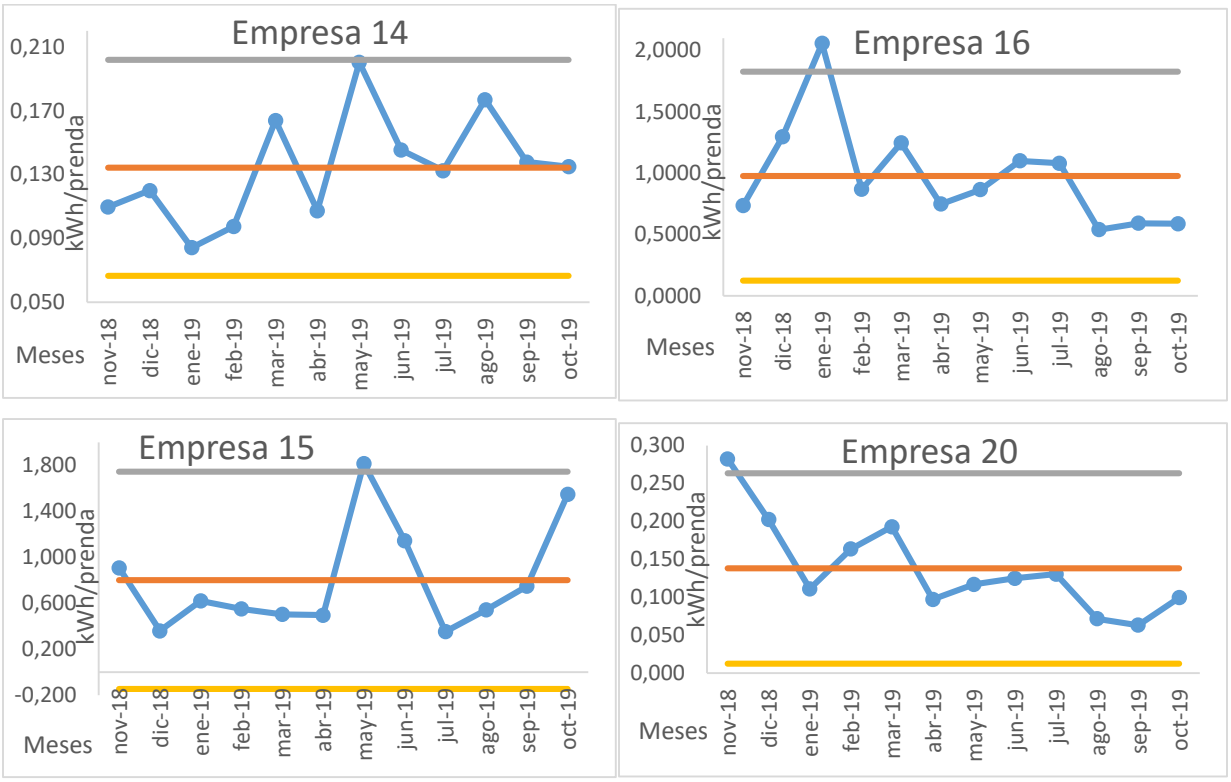

Figura 25. Gráficos de control kWh/prenda de las empresas seleccionadas

Para el índice de consumo sí se logra una correlación significativa en las empresas 16 y 15, como se observa en la figura 22 (86% y 94%), la cuales tienen producciones por debajo y por encima del punto crítico identificado; la 20 empresa logra llegar al 73% pero según la ecuación sugerida su máxima producción registrada aun no llega al punto crítico; por otro lado la empresa 14 no llega al 50% y según la ecuación sugerida todas la producciones registradas están por encima

del punto crítico, lo cual sería una explicación coherente con el gráfico de control (ver Figura 23), que muestra para esta empresa el mejor comportamiento.

Aun así, en la figura 23 se observa que, de manera general la cantidad de energía consumida por cada prenda se encuentra bajo control, con un promedio total de 0,512 kWh/prenda.

En los gráficos de control se observa para cada empresa un dato que supera o se aproxima mucho al límite superior, los cuales no se deben a altos consumos sino a bajas producciones, corroborando la conclusión anterior. Pues al no disminuir la actividad administrativa ni presentar variaciones en iluminación el consumo permanece a pesar de una disminución en la producción, por lo tanto, la cantidad de energía necesaria que se le carga a cada prenda es mayor.

Finalmente se puede concluir: 1) se evidencian grandes potenciales de ahorro reflejados en consumos diferentes para producciones semejantes, los cuales se deben a que no está estandarizado el proceso luego no se optimiza la utilización de energía. Además, estas empresas no conocen la cantidad de prendas a partir de la cual el consumo por cada unidad se hace eficiente (punto crítico del índice de consumo) lo cual indica la falta de control. 2) Para este sector la mayor variación de la energía depende de factores que comúnmente son tomados como costos fijos, área administrativa e iluminación.

5.3.2.5 ***Evaluación de los factores críticos.*** Con la herramienta EES específicamente con el Smart Save se realizó una encuesta para identificar puntos críticos en la gestión energética, en la Tabla 14 se muestra un resumen en el cual se visualiza que tipo de preguntas contiene el software y las respectivas respuestas de las cuatro empresas.

Tabla 14.
Encuesta para identificar puntos críticos en gestión energética.

	General	14	15	16	20
1	¿Se han revisado los contratos de servicios públicos en el último año?	No	No	No	No
2	¿Sabe qué porcentaje del costo de fabricación es el costo de los servicios públicos?	No	No	No	No
3	¿Ha habido cambios dramáticos en los costos de servicios públicos recientemente?	No	Yes	No	No
4	¿Se están empleando estrategias para reducir las necesidades de demanda?	No	No	No	No
	Compresor				
1	¿Hay alguna fuga audible notada en la instalación?	No	No	Yes	No
2	¿Se han identificado y etiquetado las fugas de aire para su reparación?	No	No	No	Yes
3	¿Utiliza la instalación aire comprimido para soplar equipos y limpiar?	SI	SI	SI	SI
4	¿Debería considerarse un tipo de compresor más eficiente?	SI	No	SI	SI
	Planchas y elementos de calor				
1	¿Es la temperatura de escape lo suficientemente alta como para considerar la recuperación de calor?	No	No	No	No
2	¿Se ha investigado un secado más eficiente?	No	No	No	No
	Motores				
1	¿Se miden rutinariamente las cargas y el voltaje del motor?	No	No	No	No

	General	14	15	16	20
2	¿Se miden las temperaturas del motor?	No	No	No	No
3	¿Utiliza lubricantes sintéticos para alguna unidad?	No	No	No	Yes
4	¿Mantiene una lista de motores actualizada o una base de datos?	Yes	No	No	Yes
5	¿Están los motores quemados rebobinados?	No	SI	SI	SI
	Aire acondicionado				
1	¿Se cambian y limpian periódicamente los filtros de aire?	SI	SI	SI	No
2	¿Las horas de atención indican la necesidad de un termostato programable?	No	No	No	No
	Iluminación				
1	¿Alguna área parece estar demasiado iluminada?	SI	SI	No	SI
2	¿Se deja encendida la iluminación durante los tiempos desocupados o después de las horas?	No	No	No	No
3	¿Se utilizan controles de temporizador?	No	No	No	No
4	¿Se usan tragaluces en otras áreas no críticas?	SI	No	No	No

La encuesta tiene preguntas de tipo general y sobre equipos específicos como el compresor de aire, aires acondicionados y extractores, además algunas agrupaciones como motores y máquinas de calor y por último evalúa la iluminación de las empresas.

No todas las clasificaciones cuentan con el mismo grado de importancia en el momento de ser evaluadas, el área de motores tiene el mayor peso y, planchas y elementos de calor el menor. No se muestran aquellas preguntas que no aplican para ninguna de las cuatro.

La mayoría de las preguntas van enfocadas a acciones que la empresa debería hacer para mantener la eficiencia de los equipos y en donde se observa una respuesta negativa por parte de las empresas. En el 28,5% de las preguntas las cuatro empresas tuvieron comportamientos que no son adecuados desde el punto de vista de gestión energética. Por otro lado, las preguntas donde las cuatro empresas compartieron respuestas favorables fue también de 28,5%; lo cual significa que en el 42,8% de las preguntas al menos una empresa tenía comportamiento errado.

La tabla 15 muestra la clasificación dada por la herramienta de acuerdo al nivel en el que se encuentren las empresas en cuanto a eficiencia en la gestión energética.

Tabla 15.

Clasificación de la eficiencia en la gestión energética.

Nivel	Porcentaje
Alto	80% - 100%
Medio	60% - 79%
Bajo	40% - 59%
Muy bajo	0% - 39%

Con la evaluación de la encuesta se encontró que todas las empresas se encuentran en un nivel bajo, con calificaciones en un rango de 43% a 52%, demostrando así desconocimiento respecto a la gestión energética.

De acuerdo a los resultados se destaca:

- A nivel general no conocen la dinámica pactada con la empresa electrificadora prestadora del servicio y tampoco el costo que la energía tiene en la fabricación.

- Las empresas no hacen mantenimiento regular de sus equipos o no llevan un control del mismo. Los mantenimientos generales se hacen a nivel de limpieza, pero no se aplican acciones que ayuden a la eficiencia del motor.
- No han realizado investigaciones acerca de cómo mejorar la eficiencia de los equipos o de equipos con mejor eficiencia.
- Los equipos en las empresas están en la ubicación correcta para favorecer su eficiencia.

El punto crítico con mayor importancia identificado a partir de esta encuesta es el control tanto en información general como en la frecuencia de mantenimiento de equipos. Los puntos con mayor favorabilidad fueron el cuidado y distribución de la edificación y comportamientos habituales como apagar luces y equipos cada que no se usen.

5.3.2.6 ***Resultados del diagnóstico.*** Las empresas cuentan en promedio con, 87,75 máquinas y 236, 25 luminarias, una capacidad instalada de 58,38 kWh, un factor de carga de 73%, factor operativo hora de 48% y un consumo de 55.097 kW al año.

En la literatura se encontraron trabajos como los del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA, 2002), Kannan & Boie (2002), Morato (2009), Ministerio para la transición Ecológica (MTE, 2017) o la UPME (2008) en los cuales mencionan factores que afectan el consumo energético de una empresa; los cuales se clasificaron en este trabajo como elementos y variables de la siguiente manera:

Tabla 16.

Elementos y variables críticas según la literatura.

Clasificación	Según la literatura
Elementos	• Estado técnico de los equipos • Iluminación • Equipos de oficina • Sistemas de refrigeración • Motores • Distribución y generación de aire comprimido • Sobrecarga de transformadores • Equipos de calor
Variables	• Variables operacionales • Condiciones ambientales • Niveles de producción • Materia prima • Horas de trabajo • Temperatura ambiente
Variables de gestión	• Variables productivas • Coordinación entre áreas • Climatización de instalaciones • Control de Temperatura ambiente

Entonces a partir de los resultados del diagnóstico y lo expuesto en la Tabla 16 según la literatura, los elementos y variables críticos del sector evaluado son:

Elementos críticos: Equipos críticos identificados en el inciso 5.3.2.3

La UPS fue identificada como el equipo de mayor consumo, sin embargo, su consumo corresponde a diferentes equipos considerados "cargas críticas" y "cargas supercríticas", las

primeras necesitan estabilidad del suministro y las segundas requieren además un soporte de baterías ya que no se pueden apagar abruptamente en ningún momento.

La mayor parte de este consumo corresponde al servidor de comunicación, el cual solo es necesario cuando la empresa requiere una intranet la cual le permita compartir información entre equipos y/o acceso remoto a la información de los computadores, además resguarda la información que cada trabajador aporta para el ejercicio de esta. El funcionamiento de este equipo no depende ni requiere la intervención humana exceptuando los mantenimientos.

Por otro lado, los sistemas de seguridad (contra incendios o anti robos) pese a representar una carga 24 horas la cual requiere el soporte energético para permanecer encendidos en caso de emergencia están diseñados para tener un bajo consumo.

La otra carga representada en la UPS son los computadores, los cuales se conectan a ella porque necesitan un suministro de energía estable, en este caso también se puede tener estabilizadores individuales, sin embargo, dependiendo de la cantidad de computadores una UPS representa un ahorro energético. Y su consumo dependerá de la política interna de encendido y manejo de estos.

- Las luminarias medianas, representan un alto consumo por la cantidad de bombillos existentes en las empresas. Se identificaron áreas que estaban excesivamente iluminada o en donde no era necesario tener la luz encendida todo el tiempo.
- Las máquinas planas y fileteadoras SCE que en conjunto tienen un consumo significativo, siendo motores de alto factor de carga. Donde las planas tienen un consumo mayor a las fileteadoras.

- Los aires acondicionados, son los únicos sistemas de refrigeración con los que cuentan las empresas de confecciones de prendas de vestir, en los cuales se identificaron permanentes intercambios de calor entre el recinto refrigerado y el exterior.
- La caldera, sublimadora y planchas son máquinas de calor que deben estabilizarse en altas temperaturas generando un alto consumo para mantener la temperatura, pero aún más durante el tiempo que tardan en llegar a estas.

Variables críticas: acá se incluyen los factores generales de los cuales depende el funcionamiento de la empresa, sean controlables o no, que se identificaron el los incisos 5.3.2.2 y 5.3.2.4

Las variables afectadas por el consumo en estas empresas son principalmente el uso de la energía en administración e iluminación. Ya que, en promedio representan el 49,8% del consumo.

La producción total es la tercera variable la cual afecta el consumo general de la empresa. Debido a que sí representa una variable significativa según el valor p hallado en las regresiones.

Puntos de gestión: identificados en el inciso 5.3.2.5

- La cortadora industrial electrónica es un elemento crítico, sin embargo, su consumo puede controlarse y disminuir mediante la gestión de su tiempo encendida, pues se identificó su uso durante toda la jornada laboral con largos periodos sin operación en los cuales consume 2000 vatios por hora (2 kwh en vacío). Debido a que no es una máquina de motor, sino una cortadora a láser, durante la medición no se evidenció el pico de consumo al momento de encender la máquina.
- Un punto crítico dentro de todas las empresas evaluadas es el control de la información. Se identificó de manera general, el manejo de la información no se realiza con el rigor necesario para asegurar su calidad, y solo se registra lo necesario para mantener en funcionamiento la

empresa, esto no permite formar indicadores de gestión que evalúen por separado cada proceso, y ayuden a cumplir los objetivos estratégicos. Entonces, por ejemplo, al intentar crear objetivos energéticos no se pueden establecer metas claras.

Como caso particular, la información sobre el mantenimiento de los equipos no lleva una trazabilidad adecuada que permita mantener las condiciones óptimas de operación.

Cabe aclarar que en cada empresa se encontró una manera diferente de llevar los registros y la única variable accesible fue la producción total en prendas.

5.4 Fase 4: Modelo de eficiencia energética adaptado al sector confección de prendas de vestir del área metropolitana de Bucaramanga.

5.4.1 Propuestas de mejora. A partir de la información suministrada por las empresas, se identificó que las empresas no cuentan con un sistema de gestión energética, por consiguiente, se sugirieron propuestas de mejoras enfocadas en implementar nuevas políticas energéticas, indicadores de gestión, metas, elementos y variables claras como se presenta a continuación:

5.4.1.1 Política energética. Es necesario el conocimiento actualizado de los empresarios en cuanto a las políticas vigentes del gobierno y los beneficios a los cuales pueden aplicar. Actualmente el gobierno colombiano tiene dentro de sus políticas energéticas, mencionadas en el Plan Energético Nacional: Ideario Energético 2050, satisfacer los requerimientos de energía y minerales con procesos eficientes, limpios y de mínimo impacto ambiental y social (UPME, 2015) que aplica para el sector prendas de vestir, además, según la Ley 1715 de 2014 en los artículos 11, 12 y 13 el gobierno ofrece incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía y gestión energética, como deducciones a la declaración de renta, exclusiones de IVA y depreciaciones aceleradas.

Las políticas de energía deben estar orientadas a establecer una directriz para planificar las metas, seleccionar el equipo adecuado para la producción, comprar equipos de medición y realizar informes energéticos. La política energética de las empresas debe tener los siguientes aspectos como mínimo: (Vidal et al., 2007)

- Objetivos orientados a garantizar el uso eficiente de la energía.
- Responsabilidades que tiene la empresa con el sistema, estas deben ir dirigidas a brindar acceso a la información
- Garantizar que se generen reportes enfocados a registrar la información del sistema
- Divulgar y capacitar a los empleados acerca de la implementación del sistema

5.4.1.2 Indicadores de Desempeño Energético (IDE). El concepto de mejora continua lleva asociada la necesidad de registrar la información para su posterior análisis, lo cual fue la mayor falencia identificada tanto en el estudio exploratorio, como en la revisión de literatura para PYMES (CNPMLTA, 2002; MTE, 2017).

Por tanto, la primera recomendación en cuanto a gestión se hace de manera general hacia la creación de indicadores los cuales permitan la mejora del control, la calidad y utilidad de la información. Permitiendo identificar oportunidades tanto a nivel energético como de procesos.

Aquellos indicadores identificados con la investigación exploratoria fueron: consumo facturado, producción, utilización de materia prima (metros de tela cortados), piezas bordadas, piezas estampadas, controles de horarios, cantidad de personas laborando y registro del control de mantenimiento (Centanaro, 2005).

5.4.1.3 Elementos y variables del sistema de gestión de la energía. Consistentes con el compromiso de la organización para la mejora continua; y la asignación de recursos las recomendaciones que surgen a partir del diagnóstico realizado son las siguientes.

- **En cuanto a los elementos:**

  Área administrativa

- Primero se debe verificar que sea necesario contar con una UPS dentro de la empresa. Porque, dependiendo de la cantidad de computadores la UPS puede representar un ahorro energético o no. Sin embargo, este equipo es indispensable cuando la empresa cuenta con un servidor de comunicaciones, en caso tal lo que se debe evaluar es la necesidad del servidor, dependiendo del tamaño de la empresa.

  Ahora, si es necesario tener una UPS es importante hacer un mantenimiento regular en donde se verifiquen las baterías las cuales deben tener un óptimo funcionamiento. Además, se recomienda instalar interruptores que permitan desenergizar las cargas que no necesiten soporte las 24 horas para no generar consumo en vacío. (UPME, s. f.)

- Computadores, se recomienda colocar protectores de pantalla negros, programar sistemas ahorradores de energía y apagarlos cundo no se utilicen por un largo periodo de tiempo, a los medios días y en las noches, al igual que sus respectivos estabilizadores.
- Los aires acondicionados, se recomienda (UPME, s. f.):
  - Eliminar el calor infiltrado a través de aberturas de puertas y ventanas.
  - Reducción de ganancias térmicas mediante aislamiento, uso de aleros, micro persianas, etc. Así como control de las incidencias de la radiación solar a los locales (aislamiento de techos, muros, etc.)

- Realizar estudio bioclimático de locales para determinar espacios de mayor incidencia solar y de comparación de cargas reales con las de diseño referidas a personas (persona/m²), iluminación (W/m²), equipamiento (W/m²).
- Mantener la temperatura interna en 23°C en verano.
- Limpiar los filtros de aire por lo menos tres veces al año.
- Apagar los equipos en habitaciones vacías.
- Verificar instalaciones eléctricas.
- Cubrir cristales de ventanas expuestos al sol con películas controladoras de la transmisión de calor.

Área de iluminación

- Iluminación, se dan las siguientes recomendaciones propuestas por la UPME (n.d.)
  - Realizar un estudio para identificar si usar lámparas individuales para máquinas de coser permite disminuir la cantidad de luminarias de techo. La normativa, RETILAP indica que esta actividad requiere un nivel de lux de 750 en el rango visual del operario.
  - Disminución de altura de las lámparas.
  - Uso de luminarias de bajo consumo.
  - Segmentación de circuitos de iluminación para sub dividir las áreas de uso, porque a pesar de la existencia de subdivisiones en algunos casos no son coherentes con la necesidad.
  - Desconexión completa de lámparas o focos fundidos o quemados.
  - Utilización de reflectores ópticos para aumentar el nivel de iluminación.
  - Limpieza constante de difusores, reflectores y luminarias.
  - Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.

- Uso de temporizadores para el control de la iluminación, en zonas comunes y administrativas.

Área de plancha y acabados

- La caldera, sublimadora y planchas (CNPMLTA, 2002; MTE, 2017; UPME, s. f.):
  - Mantener buen sello en la caldera para evitar infiltraciones que aumenten los excesos de aire.
  - Hacer un buen control interno y externo del agua de la caldera y de las purgas, para evitar incrustaciones.
  - Buena limpieza en las superficies de los tubos, interna y externamente, ya que, la transferencia de calor se ve disminuida por la presencia de incrustaciones y depósitos.
  - Revisar y mantener en buen estado el aislamiento térmico de la caldera y tuberías de vapor, así como las paredes de las demás máquinas.
  - Mantener en buen estado válvulas automáticas de regulación de temperatura.
  - Uso de la capacidad disponible del equipo, es importante en estas máquinas de alto consumo procurar utilizar su mayor productividad. Ya que, estas máquinas representan un alto consumo sin importar su factor operativo, el cual se detectó como bajo, por tanto, se recomienda disminuir el tiempo en vacío, especialmente en las fusionadora, sublimadoras y bandas de calor.
  - Evaluar la posibilidad de apagar la caldera durante el último uso de la jornada, para evitar que se recargue justo antes de terminar labores o iniciar un descanso.

Área de ensamble

- Las máquinas planas y fileteadoras SCE, se recomienda

- Analizar el proceso y la posibilidad de disminuir la utilización de máquinas planas por fileteadoras.
- Programar la producción de modo que las máquinas electrónicas sean las más utilizadas y las SCE disminuyan al mínimo su utilización.
- Evaluar la oportunidad de renovar las máquinas SCE por máquinas electrónicas porque estas mejoran la calidad del producto y mejoran el bienestar de las operarias al no generar calor y tener un motor más pequeño, teniendo una posible consecuencia colateral disminuyendo el uso de los ventiladores y extractores. Al momento de realizar una renovación tenga en cuenta elegir correctamente la potencia del motor y no sobredimensionar su uso.
- Cambiar los motores en lugar de rebobinarlos. En caso de presentar daños o si es necesario rebobinarlos etiquetar aquellos que han sido intervenidos.

Las recomendaciones presentadas para los equipos individuales representan directamente las propuestas de mejora de las áreas administrativas e iluminación, siendo estas las áreas identificadas como la principal fuente de consumo de las empresas, por lo tanto, se recomienda que estas mejoras sean priorizadas.

- **En cuanto a las variables:**

Las empresas deben buscar el punto crítico a partir del índice de consumo para poder manejar el costo de electricidad como costo fijo y no tener grandes variaciones en el consumo de cada producto.

Además, se recomienda evaluar los parámetros bajo los cuales producciones semejantes tienen consumos diferentes, identificando y estandarizando los comportamientos que reducen el consumo.

- **En cuanto a las variables de gestión:**

Existen mejoras generalizadas que hacen parte de una cultura de ahorro energético, la mayoría no requieren una inversión y por ello se convierten en una de las mejores opciones de las empresas. (CNPMLTA, 2002; MTE, 2017; UPME, s. f., 2008)

- Valorar alternativas o estudios de costo beneficio para implantar la autogeneración y cogeneración.
- Efectuar acomodos de cargas, almacenando productos de los altos consumidores de energía en horario no pico para poder disponerlos en horario pico. Ej. Calderas, compresores, y elementos de calor. Esto busca eliminar simultaneidad en el uso de equipos de alto consumo.
- Evitar desperdicios en el consumo de energía, como consumo en vacío.
- Utilizarla y transformarla adecuadamente.
- Tener conciencia de la capacidad de los equipos, dimensionar correctamente las instalaciones y escoger la capacidad adecuada para los equipos. Esta fue una falencia generalizada identificada en el diagnóstico, especialmente en el sobre dimensionamiento de las potencias de los motores.

- Examinar las ventajas de los procesos continuos y evitar interrupciones y paros, para esto puede evaluarse la posibilidad de usar horarios de descanso intercalados para las máquinas de alto consumo.

5.4.2 Modelo adaptado

A pesar que en Colombia existe un modelo a seguir vigente aún hace falta abordar la gestión energética en varios sectores de la industria nacional (Pérez & Vera, 2012). Este modelo va dirigido a las empresas del sector confecciones de prendas de vestir y se planteó teniendo en cuenta los diferentes modelos y consideraciones revisados en los ítems 3.1.2 y 5.1. En la figura 24 se observa el diagrama que contiene el resumen de los 13 pasos propuestos.

Figura 26. Modelo propuesto para el sector confecciones de prendas de vestir

A continuación, se explican los pasos a seguir para la implementación del modelo de gestión energética, el cual puede ser implementado por un agente externo a la empresa, por colaboradores de la empresa o una unión de ambos.

1. Sistema de gestión organizacional

El primer paso consiste en verificar que la empresa cuente con un sistema de gestión organizacional, siendo este es el insumo necesario para llevar a cabo la iniciativa la implementación del sistema de gestión energética.

Este sistema permite tener la información necesaria para hacer los estudios energéticos, por ello debe incluir la siguiente información:

- Políticas de gestión integrada
- Organización (Estructura organizativa, manual de funciones, áreas de trabajo)
- Planificación (Cantidad a producir de cada referencia, programación de mantenimientos)
- Indicadores de gestión (Producción, costos, materia prima (cantidad de tela cortada en metros), piezas bordadas, piezas estampadas, horas extras trabajadas)
- Capacitación y cualificación (En procesos eficientes)
- Documentación del sistema y control. (Registros históricos de la información)
- Evaluación y control del sistema
- Implementación de mejora continua del sistema

Vidal y otros (2007) en su análisis crítico de los modelos de gestión energética concluye un aspecto importante el cual no es considerado en la mayoría de los modelos, la falta de integración a la gestión organizacional, dando como resultado una baja efectividad en los sistemas de gestión, porque las empresas no cuentan con la capacidades técnico administrativas necesarias para lograr

consolidar las medidas aplicadas, por tal motivo es importante que las empresas cuenten con un sistema de gestión organizacional. (Gaitan & Monteagudo, 2005)

2. Identificación de la oportunidad de ahorro

Luego, se procede a utilizar la información de producción y el consumo registrado en las facturas de energía para identificar si la empresa tiene oportunidades potenciales de ahorro basados en la variabilidad del consumo respecto a la producción (UPME, 2008), Si la variabilidad es significativa, los ahorros se aprovecharían revisando, las diferencias que generaron los consumos bajos y estandarizar dichos procedimientos, para disminuir las perdidas, sin afectar calidad o cantidad de producción.

Esta identificación se hace utilizando los diagramas de consumo vs producción, índice de consumo (IC), gráfico de control de consumo facturado y gráfico de control de consumo por prenda y su posterior análisis.

De los resultados de esta identificación depende que los especialistas y la alta dirección, decidan si deben continuar con la iniciativa y dedicar recursos materiales y humanos, por ello los autores consideran es parte importante de un modelo (CEEMA, 2002; Gaitan & Monteagudo, 2005).

3. Disposición de la empresa

Si se identifica una oportunidad de ahorro y la empresa decide continuar con la identificación específica, lo primero a realizar es comunicar al personal la iniciativa, presentándola como un proyecto de mejora continua incluido en el sistema de gestión organizacional. Debe definir los encargados y disponer de los permisos para acceder a toda la información necesaria.

CEEMA (2002) refiere que la disposición de la empresa a brindar información y acompañamiento es indispensable para lograr un diagnóstico adecuado e identificar las oportunidades de ahorro y acciones respectivas. En este punto puede finalizar el proceso si la empresa no está en disposición de entregar la información y continuar.

4. Obtener y seleccionar la información del sistema de gestión organizacional relevante para el sistema de gestión energética.

Es necesario contar con la información clara y segmentada para su posterior análisis. Esta información debe permitir la comparación histórica de los comportamientos del consumo con los diferentes procesos o variables internas de la empresa. (Campos, Caicedo, et al., 2008; Quispe et al., 2011; UPME, 2008)

Esta información hace parte de los indicadores con los cuales debe contar el sistema organizacional, por tanto, si no se cuenta con ella debe regresar al primen ítem y fortalecer el sistema de gestión organizacional. Con esto, se asegura que la gestión energética se encuentre alineada con la gestión organizacional, así, permite evaluar el proceso productivo y uso eficiente de la energía como un solo sistema integrado como lo sugiere W. Smith en su modelo proceso industrial y EE (Vidal et al., 2007).

La información a obtener es la siguiente: Producción, materia prima, facturas eléctricas, áreas de trabajo, cantidad de prendas bordadas, cantidad de prendas estampadas, cantidad de prendas ensambladas en planta, cantidad de personas, horarios y horas extra por área, inventarios y otros que se consideren importantes según la especialidad de la empresa.

Está información debe permitir evidenciar cambios que hayan sucedido en el tiempo como compra o accionamiento de máquinas (inventario), desmantelamiento de áreas o procesos, cambios en horarios de trabajo, y cambios en cantidad de personal.

5. Toma de datos

Se actualiza el inventario registrando para cada elemento que represente un consumo energético para la empresa los siguientes datos:

a) El uso anual en horas, Para determinar las horas de uso anual se tuvo en cuenta que el año tiene 52 semanas, menos las dos semanas de vacaciones.

A partir de allí se evaluó las horas diarias y días a la semana que se usa cada máquina, teniendo en cuenta la siguiente formula general:

$$Estimado\,\frac{Hrs}{Yr} = \left(\left(\frac{h}{dia}\ x\ \frac{dias}{semanas}\right) + \frac{h}{sábados}\right) x\,\frac{semanas}{año} \quad \text{Ecuación 4.}$$

b) El Factor operativo, es el porcentaje del tiempo en el cual la máquina está encendida y realmente estuvo cumpliendo la función específica, es decir, se eliminaron las actividades del operario en las cuales no se implica el funcionamiento de la misma, dejando solo los tiempos en que la máquina está realmente trabajando.

c) El factor de carga que se calcula dividiendo la potencia real usada en la potencia nominal de cada máquina.(Watkins, 2020)

$$FC = \frac{potencia\ usada}{potencia\ nominal} \quad \text{Ecuación 5.}$$

- La potencia nominal: es el consumo sugerido por el fabricante de cada elemento. Se obtuvo del identificador de cada máquina (placa).(RETIE, 2013)
- La potencia real utilizada: es el consumo real de cada máquina al momento en que se acciona.

La medición de la potencia real promedio puede realizarse con una pinza amperimétrica. Si existen varias máquinas del mismo tipo se recomienda tomar datos al menos a tres.

El Georgia Tech junto al departamento energético de los Estados Unidos con su herramienta Energy Foot Print identifican los datos necesarios para realizar un buen inventario energético. (Energy Efficience y Renewable Energy, 2017; Hasanbeigi & Price, 2010).

6. Realizar diagnóstico energético

En este paso se procesa la información recolectada en los dos pasos anteriores, mediante herramientas de diagnóstico como: las regresiones para determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones en la información del paso tres; gráficos comparativos y de control para identificar ciclos, tendencias y/o correlaciones. Si se puede, hacer balance energético por área o proceso. Análisis de mantenimiento. Análisis de procesos (regímenes de trabajo típicos, estándares de control y automatización, la planeación de la producción).

Los datos del paso 5 se deben ingresar a la herramienta Energy Foot Print, la cual realiza el balance energético global, y calcula el consumo de cada elemento, el consumo por área y la participación respecto al total de la empresa, así se identifican algunas falencias en gestión, las áreas críticas y los equipos críticos.

La herramienta Energy Foot Print realiza un diagnostico energético con la información suministrada, sin embargo se evidenció que el diagnóstico generado no representaba una

caracterización clara de las empresas, por lo cual es mejor realizar los gráficos y comparativos como lo sugieren otros autores en sus modelos de manera manual (Energy Efficience y Renewable Energy, 2017; Hasanbeigi & Price, 2010).

7. Identificación de potenciales de ahorro

A partir del análisis anterior se buscan métodos de control o reducción del consumo, es decir se listan las propuestas de mejora. Del estudio realizado las propuestas para este paso se encuentran en el apartado 5.4.1

Según las falencias y potenciales de ahorro identificados se establece que registros o indicadores debería llevar la empresa para poder monitorear cada alternativa propuesta, además, se establece su importancia en función de su productividad y el ahorro energético.

Este paso del modelo recopila las actividades 8 y 9 del MGIE en las que se establecen los potenciales de ahorro y como controlarlos (Pérez & Vera, 2012; UPME, 2008).

8. Priorizar los potenciales por medio de la evaluación económica

Una vez enlistadas las propuestas de mejora según el beneficio de cada una, se debe evaluar su respectivo costo y descartar aquellas que sean económicamente inviables, es por eso que las propuestas donde no se requiera inversión omiten este paso, y son las primeras en implementarse como, por ejemplo, los registros y cambios de cultura.

Es importante identificar para cada propuesta los beneficios no energéticos, pues como se resalta en la revisión de literatura para pymes del inciso 5.1.2 los bajos consumos hacen que la prioridad económica disminuya (Finnerty, et al., 2018b; Trianni et al., 2016).

Para el análisis económico se recomienda utilizar valor presente neto (VPN) y Período de Recuperación de Capital (PRC). Pero para realizar estos cálculos es necesario conocer por cada propuesta cuánto será el costo de la inversión y cuál será el posible ahorro generado en pesos al aplicarla. Para conocer el costo se deben realizar cotizaciones y vigilancia tecnológica, para conocer el posible ahorro se calculan los vatios economizados traduciéndolos a pesos, según el precio unitario promedio por kilovatio de las facturas.

Gwinner (2015) en su trabajo resalta los parámetros económicos para evaluar propuestas de mejora en eficiencia energética, haciendo un análisis rápido y efectivo, por medio del VPN y el PRC. (Salazar et al., 2012).

9. Diseño y divulgación de la política energética

Basado en los beneficios identificados a este punto, si la empresa decide continuar con la implementación de las propuestas de mejora debería entonces, implantar el sistema de gestión energética tal que le permita monitorearlas. Para ello, el primer paso es diseñar y divulgar políticas energéticas e incluirlas dentro de la decisión estratégica.

Como se menciona en el inciso 5.4.1 las políticas de energía deben estar orientadas a establecer una directriz que permanezca en el tiempo, pero bajo la cual se hace la planificación de las metas, la selección del equipo adecuado para la producción, compra equipos de medición y realización de informes energéticos; los cuales se deben adaptar con el tiempo según el ciclo PHVA. La política energética empresarial debe tener los siguientes aspectos como mínimo (Vidal et al., 2007):

- Objetivos orientados a garantizar el uso eficiente de la energía, lo que no necesariamente implica reducciones anuales sino la optimización en el uso del recurso.

- Responsabilidades que tiene la empresa con el sistema, estas deben ir dirigidas a brindar acceso a la información.
- Garantizar que se generen reportes enfocados a registrar la información del sistema
- Divulgar y capacitar a los empleados acerca de la implementación del sistema y de cada una de las acciones que ellos pueden realizar para aportar al objetivo.

Con base en lo expuesto en el inciso 5.1.1 los modelos reconocen este paso como compromiso de la alta dirección.

Aquí se inicia con el ciclo PHVA de mejora continua, tomado como referencia a Colorado (2009) quien explica la importancia de generar un ciclo de la calidad en cualquier sistema.

10. Planeación de la implementación del sistema de gestión energética

Ya establecido a nivel estratégico el compromiso de la empresa se deben diseñar objetivos claros medibles y alcanzables, con sus respectivos indicadores, documentos de control y cronograma de actividades. Estas metas deben ser evaluadas por los diferentes agentes implicados y por expertos en energía.

Además, se identifican los responsables y sus funciones, haciendo claridad de su autoridad y la información a la cual se debe tener fácil acceso. Cada persona que haga parte del monitorio debe tener la capacitación necesaria para controlar los progresos de las acciones implementadas e identificar a futuro nuevas oportunidades, para esto último debe tener además un profundo conocimiento de los procesos, procedimientos y personal a su cargo.

Las diferentes personas integradas al sistema de gestión deben generar un grupo diverso que permita la generación de ideas y oportunidades.

11. Ejecución del sistema de gestión energética

Este paso es la implementación del cronograma hecho en el paso anterior con las alternativas seleccionadas del paso 8 y sus respectivos controles.

Durante la ejecución cada encargado debe realizar periódicamente el análisis de la información a la que tiene acceso para controlar e identificar nuevas oportunidades de mejora.

12. Verificar

Dentro del cronograma se debe establecer un ciclo de revisión general que permita divulgar y evaluar los avances en las acciones implementadas; para esto, cada encargado debe haber revisado y si es el caso identificado nuevas mejoras a nivel energético, gracias al control realizado a lo largo del tiempo en el paso 11.

Además, periódicamente se bebe revisar si los objetivos están realmente alineados entre sí, con las políticas energéticas y con la dirección estratégica de la empresa. Para ello, cada encargado debe revisar la utilidad de sus indicadores respecto al control y los avances de las alternativas a su cargo, de esta manera se identifican mejoras dentro del sistema (a nivel de gestión).

13. Ajustes del sistema

Los ajustes al sistema no tienen ningún costo luego se deben realizar inmediatamente se detecte la necesidad.

Por otro lado, lo ajustes a nivel de acciones específicas de EE deben ser evaluadas nuevamente con los mismos criterios de los pasos 7 y 8.

6. Conclusiones

La revisión bibliográfica junto con el estudio realizado en las empresas permitió concluir:

A nivel general se encontró en la literatura los modelos de gestión energética desarrollados con apoyos gubernamentales y modelos aplicados a sistemas o medidas de eficiencia energética, estos modelos fueron diseñados para aplicarse a cualquier sector lo cual los hace muy generales, describen las estrategias y prácticas a seguir por las empresas, pero no las variables o herramientas a tener en cuenta para el estudio. Por esta razón requieren la guía de expertos durante la implementación lo cual representa una barrera para Pymes,

El modelo de gestión integral de la energía generado en Colombia, es un de más elaborados según la literatura revisada, cuenta con la guía de aplicación y el manual de herramientas; sin embargo, este modelo no se adapta fácilmente a empresas pequeñas, con bajos consumos y sistemas organizacionales sencillos.

La mayoría de las herramientas encontradas en la literatura permiten evaluar uno o dos criterios de análisis para el diagnóstico, mientras que las herramientas computacionales de Energy Efficiency Service tienen en cuenta todos los pasos para realizar el diagnóstico, cuentan con herramientas de diagnóstico complementarias y consecutivas que manejan un lenguaje fácil, pero se queda corto en el análisis de macro variables y en la identificación de las causas del consumo, por consiguiente, se complementó este análisis con los gráficos de control, índice de consumo y regresiones.

Se establecieron tres perfiles empresariales, teniendo en cuenta la producción, el número de trabajadores, el número de máquinas y el tipo de prendas de vestir, con el fin de disminuir al

mínimo el margen de error del estudio comparativo, se seleccionó el perfil 1 debido a que estas tenían el mayor consumo lo que aumenta la posibilidad del que el estudio presente un beneficio a las empresas PYMES.

A nivel energético, se evidenció en el análisis del sector que las empresas con consumos menores a 2500 kW/hora al mes tenían pocas variaciones entre ellas, a partir de allí ocurre un cambio de tendencia que se evidenció en las gráficas de consumo por empresa, en el cual las empresas aumentan significativamente su consumo. Además, no se identificó una relación fuerte entre la producción final y el consumo energético, lo cual fue corroborado con el diagnostico energético hecho en las empresas seleccionadas.

El diagnostico de las empresas evaluadas permitió concluir que estas no cuentan con un sistema de gestión organizacional robusto, es decir, no manejan la información con el rigor necesario para asegurar su calidad y utilidad, dejando como resultado que no se pueda conocer profundamente las variables para explicar la relación del comportamiento del consumo energético con la producción, por tanto no se tienen las bases suficientes al desarrollar los objetivos e indicadores del sistema de gestión energética.

Se identificaron como elementos críticos las áreas de administración e iluminación, pues representan en promedio un 49,8% del consumo total por empresa, lo cual implica que la mayor parte de la energía pueda ser controlada en estas áreas. Así mismo, en la producción, el mayor consumo se concentra en ensamble, donde a pesar de no tener máquinas grandes, la cantidad de motores representa el alto consumo, luego, iniciar por aquellas máquinas que individualmente representan un alto consumo potencializa los ahorros, sobre todo por su tiempo en vacío.

El Diagnostico permitió evidenciar potenciales de ahorro reflejados en consumos diferentes para producciones semejantes, Además, se encontró que estas empresas no conocen la cantidad de prendas a partir de la cual el consumo por cada unidad se hace eficiente (punto crítico del índice de consumo) lo cual indica la falta de control. Finalmente, debido a la utilización de talleres tercerizados la producción total incluye consumos externos, por otro lado, las áreas consideradas como costos fijos (administración e eliminación) representan casi el 50% del consumo de la empresa, las variaciones en estas áreas, de las cuales no se tiene información, afectan el consumo por lo que no puede existir una correlación fuerte entre el consumo y la producción, a pesar de ser una variable significativa y no se cuenta con información formación adecuada respecto a los procesos para explicar el consumo.

Se diseñó un modelo con trece pasos los cuales permiten a las empresas del sector confecciones, identificar a bajo costo iniciativas de ahorro energético, y posteriormente implementar un sistema de gestión eficiente de la energía, para mantener bajo monitoreo este recurso y así identificar a lo largo del tiempo oportunidades de ahorro. Este modelo fue adaptado pensando en motivar a los empresarios para comprometerse con la eficiencia energética, aplicando como estrategia realizar una primera auditoria de bajo costo, cuyos hallazgos económicos promuevan la implementación del sistema de gestión permanente dentro en la empresa. Finalmente, para garantizar lo bajos costos iniciales, el modelo explica de manera simplificada cada lo paso a seguir, tal que una persona con conocimientos básicos en el tema pueda implementarlo.

7. Recomendaciones

Se recomienda a las empresas del sector analizar sus procesos tal que les permita fortalece su sistema de gestión organizacional. Además, es necesario aumentar el control especialmente en lo referente a manejo de la información y los mantenimientos programados, esto se puede hacer mediante trabajos como este, donde los estudiantes desarrollen sus habilidades de diagnóstico y análisis.

Se recomienda realizar un seguimiento a este estudio que verifique que el modelo cumple con su objetivo y pueda tener un proceso de mejora continua.

Se recomienda utilizar la herramienta Energy Footprint diseñada por el departamento de energía de Estados Unidos y el Georgia Tech, para realizar los estudios energéticos detallados, ya que facilita identificar los elementos críticos utilizando datos tanto de tiempo y consumo, lo que brinda mayor certeza sobre el diagnóstico (su versión en español se consigue por petición al correo de contacto del Georgia Tech).

Se recomienda realizar otros estudios que permitan adaptar, por sectores específicos, modelos generales a las necesidades propias de las empresas en la región, en particular, pequeñas y medianas empresas las cuales componen la mayor parte de su economía. Con esto promover el desarrollo local en sistemas de gestión. Además, se recomienda, complementar con estudios de aplicación los cuales permitan comparar el comportamiento entre empresas e identificar variables comunes, para así no iniciar desde cero los programas de gestión de la energía para aminorar esfuerzos.

Referencias Bibliográficas

Abdelaziz, E. A., Saidur, R., & Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(1), 150-168. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003

Aranda, A., Zabalza, I., Díaz De Garayo, S., & Llera, E. (2010). *Eficiencia energética en instalaciones y equipamiento de edificio* (Universida). España.

Barrera, H. (2012). *Propuesta de un modelo de GREEN IT para una Organización no Gubernamental en el Ecuador* (Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7870?fbclid=IwAR3G_gIXWDmSdwdXYZxB7Gbzn_sXSV6cqhpEj-jZKPGgPlpLnEpKBynNFgA

Bianchini, P. A. (1999). *Conceptos y definiciones de hipertexto*.

Branchetti, S., Ciaccio, G., De Sabbata, P., Frascella, A., Nigliaccio, G., & Zambelli, M. (2016). *Energy Saving and Efficiency Tool A Sectorial Decision Support Model for Energy Consumption Reduction in Manufacturing SMEs*.

Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brülhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, *19*(6-7), 667-679. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.011

Campos, J. C., Caicedo, O. F., Quispe, E. C., Vidal, J. R., & Lora, E. D. (2008). *El MGIE , un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional*.

Campos, J. C., Lora, E. D., Tovar, I., Prias, O., Quispe, E. C., & Vidal, J. R. (2008). El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *El Hombre y la Máquina*, (30), 18-31.

Carabalí, D. M., Forero, C. R., & Cadavid, Y. (2018). Energy diagnosis and structuring an energy saving proposal for the metal casting industry: An experience in Colombia. *Applied Thermal Engineering*, *137*(April), 767-773.

https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.04.012

Cardona, R., Flores, L., Silvia, S., & Arango, I. (2010). *Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial , a través del programa de producción más limpia y consumo sostenible del Área Metropolitana del*.

Castrillon, R., González, A., & Quispe, E. (2013). Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria Del Cemento por Proceso Húmedo a través de la implementación del sistema de Gestión Integral De La Energía. *Dyna*, *80*, 115-123.

CEEMA, C. de E. de E. y M. A. (2002). *Gestion energetica empresarial*.

Centanaro, Z. (2005). *Implementación del sistema de gestión energética en cerro matoso s.a. basado en los lineamientos de la norma ANSI/MSE 2000*. (Mm), 1-18.

CNPMLTA, C. N. de P. M. L. y T. A. (2002). *Guía de Buenas Practica en uso Racional de La Energí en el Sector de las Pequeñas y Medianas Empresas*.

Colorado, F. (2009). *3_Articulo_El_Ciclo_PHVA_de_Deming_y_al*.

Correa, A. (2016). *Propuesta para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía en la planta de Colombates S.A.* 83. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/53898/1/Trabajo_Grado_Andrés_Correa_6214504%282%29.pdf

Correa Díaz, A. E. (2016). *Propuesta para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía en la planta de Colombates S.A.* 83. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/53898/1/Trabajo_Grado_Andrés_Correa_6214504

Diaz, H., & Fajardo, C. (2017). *Caracterización energética del edificio de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones de la universidad industrial de Santander aplicando la Metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE)*. (Mm), 1-18.

Domnikov, A. Y., Antipova, E., & Domnikova, L. (2018). *EVALUATION OF ECONOMIC RISKS FOR POWER-GENERATING COMPANIES*. *121*, 125-133. https://doi.org/10.2495/RISK180111

Dörr, M., Wahren, S., & Bauernhansl, T. (2013). Methodology for energy efficiency on process

level. *Procedia CIRP*, *7*, 5. https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.048

Energy Efficience y Renewable Energy. (2017). Energy Footprint Tool. Recuperado de energy.gov website: https://www.energy.gov/eere/amo/downloads/energy-footprint-tool

ENERGY STAR. (2016). ENERGY STAR Guidelines for Energy Management. Recuperado de https://www.energystar.gov/buildings/reference/guidelines

ESSA. (2014). Mercado No Regulado | ESSA. Recuperado 23 de enero de 2020, de https://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/nuestrosproductosyservicios/mercadonoregulado.aspx?fbclid=IwAR0I5l5VvrBDS4JY9V-4M5bp5jvP2hfdJeFJXmZoWl8YEAaTHSCIq9f2WF0

Finnerty, N., Sterling, R., Coakley, D., Contreras, S., Coffey, R., & Keane, M. M. (2016). Development of a Global Energy Management System for non-energy intensive multi-site industrial organisations: A methodology. *Energy*, *136*, 16-31. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.049

Finnerty, N., Sterling, R., Contreras, S., Coakley, D., & Keane, M. M. (2018). Defining corporate energy policy and strategy to achieve carbon emissions reduction targets via energy management in non-energy intensive multi-site manufacturing organisations. *Energy*, *151*, 913-929. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.070

Fontaine, D. (2016). *Sistema Total de Gestión Energética en la UEB Confecciones Melissa teniendo como referencia la ISO 50001*.

Gaitan, O., & Monteagudo, J. (2005). Herramientas para la gestión energética empresarial. *scientia et technica*, (29), 169-174.

GAMMA INGENIEROS, S. . (2009). *ESTUDIO: CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA QUIMICA CHILENA*.

González, O., Pavas, A., & Sánchez, S. (2017). *Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda Quantification of electrical energy savings in residential customers through demand management strategies*. *16*(2), 217-225.

Gwinner, S. (2015). *Análisis técnico y económico de proyectos de eficiencia energética en Puerto Patache de la Compañía Minéra Doña Inés de Collahuasi SCM*. Universidad de Chile.

Hasanbeigi, A., & Price, L. (2010). *Industrial Energy Audit Guidebook: Guidelines for Conducting an Energy Audit in Industrial Facilities*. https://doi.org/10.2172/992484

ISO 50001. (2015). *Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso*.

ISOLUCIÓN®. (s. f.). Automatice su Sistema de Gestión Energética ISO 50001 con ISOLUCIÓN. Recuperado 27 de septiembre de 2019, de https://web.isolucion.com.co/gestion-energetica/

Jaimes-Carrillo, L., & Rojas-López, M. D. (2015). Una mirada a la productividad laboral para las pymes de confecciones. *Iteckne*, *12*(2), 177-187. https://doi.org/10.15332/iteckne.v12i2.1244

Jara, F. (2006). *Rediseño de hornos de curación de tabaco virginia para mejorar la eficiencia energética en la empresa protabaco s.a.*

Jaramillo, G., & Pimiento, J. (2017). *Caracterización energética de una empresa de cárnicos aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE)*. (December).

Kannan, R., & Boie, W. (2002). Energy management practices in SME - Case study of a bakery in Germany. *Energy Conversion and Management*, *44*(6), 945-959. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00079-1

Lee, E. S., Pang, X., Mcneil, A., Hoffmann, S., Thanachareonkit, A., Li, Z., & Ding, Y. (2015). *Assessment of the Potential to Achieve very Low Energy Use in Public Buildings in China with Advanced Window and Shading Systems*. 668-699. https://doi.org/10.3390/buildings5020668

León, J. M. W. (2014). *Caracterización energetica del edificio bienestar universitario*.

Ministerio de Minas y Energía. (2018). Boletín Estadístico. *Entre Ciencia e Ingeniería*, *III*(97), 141. Recuperado de

http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/paginas/article/view/2570%5Cnhttp://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf%5Cnhttp://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/sadpro/Documentos/docencia_vol3_n2_2002/8_art._5_fernando_Garcia.pdf%5Cnhttp://www.

Morais, D., Gaspar, P. D., Silva, P. D., Santos, F. C., Andrade, L. P., & Nunes, J. (2019). Assessment of the energy consumption and technologies in the bakery and pastry sector - The Portuguese case study. *Energy Procedia, 161*(2018), 83-92. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.061

Morato, J. S. (2009). Reducción de gasto energetico eléctrico usando seis sigma. *Producción + Limpia*, *4*(2), pp.90-102.

MTE, M. para la transición E. (2017). *OptimaGrid. Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa*.

Muñoz, M. (2012). Comunicación y productividad en pequeñas y medianas empresas de un cluster textil en Colombia. *Contaduría y administración, 57*(2), 223-244. https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2012.183

Normann, M., Grethe, T., Cabral, I., Silva, C., Hardianto, A., & Hertleer, C. (2017). *Characterization and optimization of an inkjet- printed smart textile UV-sensor cured with UV-LED light Characterization and optimization of an inkjet-printed smart textile UV-sensor cured with UV-LED light*. 1-4. https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/7/072023

Normas ISO. (2018). ¿Implementar ISO 50001 o ISO 14001? -. Recuperado 27 de septiembre de 2019, de https://www.normas-iso.com/iso-50001-vs-iso-14001/

Nunes, J., Silva, P. D., Andrade, L. P., & Gaspar, P. D. (2014). *Characterization of the specific energy consumption of electricity in the Portuguese sausage industry*. *186*, 763-774. https://doi.org/10.2495/ESUS140681

Osma, G., Amado, L., Villamizar, R., & Ordoñez, G. (2015). *Building automation systems as tool to improve the resilience from energy behavior approach*. *118*, 861-868. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.524

Pérez, C., & Vera, F. (2012). Fundamentos para la administración energética en la industria

Colombiana a través de indicadores de gestión. *Scientia et Technica*, *2*(50), 57-66. https://doi.org/10.22517/23447214.1557

Quispe, E. C., Castrillon, R. P., Campos, J. C., & Urhan, M. (2011). *EL MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA COLOMBIANO: DESARROLLO,DESARROLLO , EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE APLICACIÓN*.

Restrepo, S., Mesa, J., Ocampo, O., & Perdomo, L. (2014). «Caracterización de la gestión energética en una empresa manufacturera de Manizales». *Revista Energética*, *44*(Octubre 10 de 2014), 33-39.

RETIE. (2013). RETIE resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes. *Resolucion 90708*, 127.

Ricardo, A., & Cano, E. (2012). Análisis del potencial de la industria panelera del departamento del Tolima para el desarrollo de proyectos mdl, basados en el aumento de la eficiencia energética a partir de hornillas mejoradas. *Экономика Региона*, 32.

Rojas, E., & Cano, R. (2014). *Plan estratégico en eficiencia energética para centros comerciales con proyección a la certificación ISO 50001*. Universidad de la Salle.

Salazar, De Olivera, E., & Vidal, J. R. (2012). La eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: de inversiones de en eficiencia. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, 48-73.

Salazar, L., Guzman, V., & Bueno, A. (2018). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Ingenius*, (19), 40. https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.04

Serna, C. (2010). *Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía*.

Serra, J. (2008). Guía técnica de eficiencia energética eléctrica.

Shi, S., Wei, G., Bin, W., Wu, S., Wei, Z., Jun, Y., … Guihai, L. (2016). Design and Development of Electrical Energy-Saving Diagnosis Calculator APP. *Proceedings - 2015 6th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, ISDEA 2015*, 281-287. https://doi.org/10.1109/ISDEA.2015.78

SMARKIA. (2014). La ISO 50001 y la gestión energética | SMARKIA. Recuperado 2 de julio de 2019, de https://www.smarkia.com/es/blog/la-iso-50001-y-la-gestion-energetica

Stake, R. (2005). Qualitative case studies. En N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (pp. 443-466). Thousand Oaks, EEUU: Sage Publications.

Subdirección de Energía Eléctrica, G. de G. T. y C. (2019). *Plan de Expansión de Referencia*.

Trianni, A., Cagno, E., & Farné, S. (2016). Barriers , drivers and decision-making process for industrial energy efficiency : A broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises q. *Applied Energy*, *162*, 1537-1551. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.078

UPME. (s. f.). *DIAGNÓSTICO DE RECORRIDO*.

UPME. (2006). *Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética*.

UPME. (2008). *Guía para la Implementación SistemadeGestión IntegraldelaEnergía*.

UPME. (2015). Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. *Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*, 184. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf

UPME. (2016). *Plan De Acción Indicativo, Una realidad y oportunidad para Colombia*.

Vargas, J. (2006). *Diseño de un programa de producción más limpia para su implementación en la industria cervecera Bavaria S.A. Bucaramanga*. *33*, 16-18.

Vatia. (2015). Así funciona el mercado regulado y el no regulado. Recuperado 23 de enero de 2020, de https://www.vatia.com.co/as237-funciona-el-mercado-regulado-y-el-no-regulado?fbclid=IwAR17ZBw7T1H0J3P6wUMX_OV_zK1unNnirofPNKo8QbbkeGo9No6uUO1HYIg

Vidal, J. R., Prias, O., Campo, J. carlos, & Quispe, E. C. (2007). *Modelos de gestion energetica. Un análisis crítico*. 11. Recuperado de http://www.enriquequispe.com/wp-content/uploads/2012/01/2007_Quispe_Vidal_CIMEM.pdf

Watkins, G. P. (2020). *American Economic Association A Third Factor in the Variation of Productivity : The Load Factor Author (s): G . P . Watkins Source : The American*

Economic Review , Vol . 5 , No . 4 (Dec ., 1915), pp . 753-786 Published by : American Economic Associati. *5*(4), 753-786.

Zou, J., Chang, Q., Arinez, J., & Xiao, G. (2017). Data-driven modeling and real-time distributed control for energy efficient manufacturing systems. *Energy*, *127*, 247-257. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.123