UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Caracterización energética basada en el estándar ISO 50001:2011 para la gestión eficiente de energía de la PTAP CENTENARIO propiedad de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Wilson Erney España Bernal

Universidad Nacional de Colombia
Posgrados Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
San Juan de Pasto, Colombia
2018

Caracterización energética basada en el estándar ISO 50001:2011 para la gestión eficiente de energía de la PTAP CENTENARIO propiedad de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Wilson Erney España Bernal

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Eléctrica

Directora:

Ph.D. Sandra Ximena Carvajal

Codirector:

Ph.D. Javier Revelo Fuelagan

Línea de Investigación:

Iluminación y eficiencia energética

Universidad Nacional de Colombia

Posgrados Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación

San Juan de Pasto, Colombia

2018

A mis padres Aura y Wilson, mi hermana Leydi…

A Diana María Valderrama, mi esposa.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto, EMPOPASTO S.A. E.S.P., por inspirar a través de sus políticas ambientales y de responsabilidad social, la materialización de esta iniciativa y al Doctor Oscar Parra Erazo, Gerente General, por abrirme las puertas de esta gran familia.

Por su calidez y disposición, guardo inmensa gratitud con el personal técnico y administrativo de la PTAP CENTENARIO, especialmente con las personas que durante el proceso aportaron con su conocimiento y profesionalismo. Resalto principalmente al Ingeniero Jorge Caicedo Santander, Subgerente Técnico, por su constante respaldo; a la Ingeniera Isabel Rosero Enríquez, Subgerente comercial, por su oportuno consejo y calidez; a los Ingenieros Paulo Chávez y Diego Castro, por su acompañamiento continuo; a la Doctora Mercedes Sousa Weich, por su valiosa y oportuna contribución; y al Ingeniero Cristian Tabares, por su paciencia e invaluables aportes técnicos y personales.

Gracias a la universidad de Nariño y a la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, por permitirme dar este enorme paso en mi crecimiento profesional.

Y por ser la guía durante este arduo camino, iluminando con su sabiduría y paciencia agradezco a la PhD. Sandra Ximena Carvajal, Directora del proyecto, y a PhD. Javier Revelo Fuelagan, Co-Director.

Resumen

El principal reto de las organizaciones a nivel mundial es mantenerse vigentes y ser cada día más competitivas; la eficiencia energética, aplicada sistemáticamente, representa uno de los caminos para lograr este objetivo. A nivel nacional, las empresas de servicios públicos tienen la responsabilidad ética de alinear sus programas ambientales a la mitigación del cambio climático lo que será posible, si cada una adopta, de manera voluntaria, la implementación de un conjunto de acciones estratégicas que permitan la reducción del consumo de energía y la mejora continua del desempeño energético.

El presente trabajo aborda los aspectos de la Norma Internacional ISO 50001:2011. Con base en su metodología, desarrolla los criterios de evaluación que miden el nivel de desarrollo documental y la implementación de acciones para la gestión eficiente de la energía en la planta de tratamiento de agua potable CENTENARIO, parte de la infraestructura de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Mediante una auditoría energética, se evalúan los sistemas eléctrico e hidráulico de la planta y se describe el proceso para el tratamiento y la pre-distribución del agua a la ciudad. Se realizan mediciones a cada una de las cargas y se establecen los aportes individuales de energía eléctrica por proceso, y se determinan los equipos de uso significativo de la energía que deben controlarse; además, se analizan los históricos de producción y consumo energético que sirven para el planteamiento de la línea base energética y los indicadores del desempeño energético.

Por último, se determinan las fortalezas y acciones implementadas en pro de la eficiencia energética y se establece la metodología que la entidad deberá seguir para formular la política, las líneas base y la meta energética, así como los indicadores que medirán su desempeño a través del tiempo.

Palabras clave: Energía, ISO 50001, Gestión Energética, Eficiencia Energética, Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Energy characterization based on the ISO 50001: 2011 standard for the efficient energy management at CENTENARIO Water Treatment Plant owned by EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Abstract

Worldwide, the main challenge for organizations is to stay current and to become increasingly more competitive; energy efficiency when applied systematically represents one of the ways to achieve this objective. Public service companies at the national level have the ethical responsibility to align their environmental programs to the mitigation of climate change. This will be possible if each company adopts, voluntarily, the implementation of a set of strategic actions to allow the reduction of the energy consumption and the continuous improvement of energy performance.

This work includes the aspects of the International Standard ISO 50001: 2011. Based on its methodology, it develops the evaluation guidelines that measure the level of documentary development and the implementation of actions for the efficient management of energy at the CENTENARIO potable water treatment plant, which is part of EMPOPASTO S.A. E.S.P infrastructure.

Through an energy audit, the electrical and hydraulic systems of the plant are assessed and the process for the treatment and pre-distribution of water to the city is described. Each one of the loads are measured, and the individual contribution of electric power per process are established; the significant energy equipment that must be controlled are determined. Moreover, the historical production and energy consumption are analyzed. This data is used to create a proposal regarding the energy baseline and the energy performance indicators.

Finally, the strengths and actions implemented in favor of energy efficiency are determined and the methodology to be followed by the company is established for it to formulate policies, baselines and energy goals as well as the indicators that will measure its performance over time.

Keywords: Energy, ISO 50001, Energy Management, Energy Efficiency, Water Treatment Plant.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIV**

Lista de tablas ..... **XV**

Lista de Símbolos y abreviaturas ..... **XVI**

Introducción **1**

1. Identificación del problema **5**
1.1 Objetivos 7
1.1.1 Objetivo general 7
1.1.2 Objetivos específicos 7
1.2 Estructura del documento 7

2. Estado del arte **11**
2.1 Gestión energética 11
2.2 Antecedentes normativos 17
2.2.1 Contexto normativo internacional para gestión energética 17
2.2.2 Contexto normativo nacional para gestión de la energía. 18

3. Metodología ISO 50001 ..... **20**
3.1 (4.1) Requisitos generales 22
3.2 Responsabilidad de la dirección 23
3.3 (4.3) Política energética 25
3.4 (4.4) Planificación energética 25
3.5 (4.5) Implementación y operación 28
3.6 (4.6) Verificación 31
3.7 (4.7) Revisión por la Dirección 34

4. Caracterización organizacional y técnica de la PTAP CENTENARIO **37**
4.1 Descripción organizacional EMPOPASTO S.A E.S.P. 37
4.2 Reseña histórica 37
4.3 Plataforma estratégica 38
4.4 Estructura organizacional 39
4.5 Mapa de procesos 40
4.6 Descripción del sistema de tratamiento de agua potable 42
4.7 Componentes de la subestación eléctrica 48

5. Diagnóstico con base en los requisitos de la ISO 50001:2011 49
5.1 Auditoria energética 49
5.2 Análisis de resultados de auditoría energética 51
5.2.1 Responsabilidad de la alta dirección 52
5.2.2 Política energética 53
5.2.3 Planificación energética 54
5.2.4 Revisión energética 55
5.2.5 Implementación y operación 70
5.2.6 Verificación 73
5.2.7 Revisión por la dirección 77
5.3 Resultados de la auditoría energética 78

6. Acciones para la determinación de la plataforma estratégica 81
6.1 Política energética 81
6.2 Líneas base y meta energética 85
6.3 Indicadores energéticos 91

7. Conclusiones y recomendaciones 95
7.1 Conclusiones 95
7.2 Recomendaciones 97

A. Anexo: Sistema de monitoreo SCADA, PTAP CENTENARIO. 99

B. Anexo: Formato de reporte mensual producción de agua potable. 101

C. Anexo: Matriz de consumo energético en la frontera con el OR 103

D. Anexo: Programas E Indicadores Por Direccionador Estratégico 105

E. Anexo: Ficha de Indicadores por proceso. 107

Bibliografía 109

Lista de figuras

Pág.

Figura 2-1: Demanda primaria global de energía y emisiones relacionadas de CO2 por escenario 13
Figura 3-1: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001 21
Figura 3-2: Diagrama de flujo planificación estratégica. 24
Figura 3-3: Diagrama de flujo planificación energética. 26
Figura 3-4: Diagrama de flujo implementación y operación 29
Figura 3-5: Diagrama de flujo verificación. 32
Figura 3-6: Diagrama de flujo revisión por la dirección 35
Figura 4-1: Reseña histórica EMPOPASTO S.A E.S.P. 37
Figura 4-2: Cadena de valor EMPOPASTO S.A. E.S.P. 39
Figura 4-3: Organigrama EMPOPASTO S.A E.S.P. 40
Figura 4-4: Mapa de procesos EMPOPASTO S.A E.S.P. 41
Figura 4-5: Esquema PTAP CENTENARIO 42
Figura 4-6: Diagrama proceso de tratamiento y distribución 44
Figura 4-7: Localización floculadores 45
Figura 4-8: Disposición estación de bombeo 47
Figura 5-1: Proceso producción agua potable PTAP CENTENARIO 60
Figura 5-2: Pareto censo de carga 64
Figura 5-3: Resultados diagnóstico ISO 50001:2011 80
Figura 6-1: Sistema de medición PTAP CENTENARIO 87
Figura 6-2: Línea de base y meta energética 91

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Escenarios Agencia Internacional de Energía 12
Tabla 2-2. Contexto normativo internacional 17
Tabla 2-3: Contexto normativo nacional 19
Tabla 4-1. Producción de agua potable 2016 43
Tabla 4-2. Consumo de energía 2017 43
Tabla 4-3. Potencia bombas predistribución 47
Tabla 4-4. Equipos de transformación subestación PTAP CENTENARIO 48
Tabla 5-1: Metodología diagnóstico SGEn 50
Tabla 5-2. Criterios de evaluación diagnóstico 51
Tabla 5-3. Diagnóstico Numeral 4.2 Responsabilidad de la Dirección 53
Tabla 5-4. Diagnóstico Numeral 4.3 Política Energética 54
Tabla 5-5. Diagnóstico Numeral 4.4.1 y 4.4.2 Planificación Energética 55
Tabla 5-6. Diagnóstico Numeral 4.4.3 Revisión Energética 56
Tabla 5-7. Equipos de transformación energía eléctrica 57
Tabla 5-8. Grupos electrógenos PTAP CENTENARIO 58
Tabla 5-9: Matriz de USEn PTAP CENTENARIO 63
Tabla 5-10. Determinación de coeficientes 68
Tabla 5-11. Diagnóstico numerales 4.4.4 y 4.4.5 69
Tabla 5-12. Diagnóstico Numerales 4.5.4.1, 4.5.4.2 71
Tabla 5-13. Diagnóstico Numerales 4.5.5 y 4.5.6 72
Tabla 5-14. Diagnóstico Numeral 4.5.7 73
Tabla 5-15. Diagnóstico Numeral 4.6.1 y 4.6.2 74
Tabla 5-16. Diagnóstico Numeral 4.6.3 Auditoría Interna del SGEn 76
Tabla 5-17. Diagnóstico Numeral 4.6.4 y 4.6.5 77
Tabla 5-18. Diagnóstico Numeral 4.7 Revisión por la dirección 78
Tabla 6-1: Alcance y límites PTAP CENTENARIO 82
Tabla 6-2: Equipo de gestión de la energía PTAP CENTENARIO 83
Tabla 6-3. Equipos requeridos implementación de sistema de medida 88
Tabla 6-4. Líneas de base energética PTAP CENTENARIO 90
Tabla 6-5: Ficha de programa GEE 94

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
AE	Auditoría Energética
AIE	Agencia Internacional de Energía
CMNUCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
EE	Eficiencia Energética
EMPOPASTO	La Empresa de Obras Sanitarias de Pasto
ESP	Empresa de Servicios Públicos
GE	Gestión Energética
GEE	Gestión Eficiente de la Energía
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDEn's	Indicadores de Desempeño Energético
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISO	International Organization for Standardization
kVA	Kilo-Volt-Amperio
kW	Kilo-Wattio
kWh	Kilo-Wattio Hora
LBE	Línea de Base Energética
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PAC	Poli-Cloruro de Aluminio
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SGEn	Sistema de Gestión de Energía
SGI	Sistema de Gestión Integral
SG-SST	Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SUI	Sistema Único de Información
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
USEn	Usos Significativos de la Energía

Introducción

El consumo energético para el 2011 en el mundo, fue de 38 EJ aproximadamente, el sector servicios experimento entre 1990 y 2011 un incremento en el 56 % de la demanda [1], por lo que su consumo al final fue de alrededor de 30 EJ; junto a esto, las emisiones de dióxido de carbono relacionadas, incluidas las emisiones indirectas de la electricidad, llegaron a 3 Gt CO_2, lo que significaron al final del año el 10% del total de emisiones, relacionadas con energía[1].

En 2015 se celebra entre los 195 países miembros de la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), el acuerdo de París, también conocido como la Conferencia de las Partes (COP21)[2], en el cual los países se comprometen a implementar acciones de orden nacional, que aporten al objetivo de mantener el incremento de la temperatura muy por debajo de 2 °C y hacer el mayor esfuerzo para no sobrepasar 1,5 °C. Además que las partes busquen que las emisiones mundiales lleguen a su punto máximo lo antes posible y que luego disminuyan rápidamente[2], [3].

Aproximadamente un 78% de la energía consumida hoy en día en Colombia proviene de fuentes fósiles, mientras que el 22% restante proviene de fuentes renovables [4]. Colombia aporta con sus actividades al 0,46% de las emisiones globales de dióxido de carbono[3], esta cifra es relativamente baja respecto a países como China, estados Unidos y la Unión Europea que lideran los aportes de emisiones[5] y se estima que de no tomar las medidas pertinentes, las emisiones aportadas pueden aumentar en alrededor del 50% en 2030. Por lo cual, Colombia se comprometió a reducir el 20% de sus emisiones con base en un escenario proyectado a 2030[3], mediante un menú de medidas, para el sector energético e industrial, entre las que se encuentran[3]:

- Desarrollos tecnológicos en los procesos productivos que mejoran la eficiencia y medidas de eficiencia energética en hornos, motores y calderas para la industria[3].

- Gestión de la Energía, eficiencia energética en los sectores de demanda, medidas de mitigación en procesos de transformación y producción; portafolio de energías renovables; sistemas de redes inteligentes; esquemas de generación con fuentes no convencionales para ZNI; reducción de pérdidas en transmisión de energía y participación de la demanda mediante esquemas de precios e incentivos[3].

El sistema eléctrico de Colombia atravesó un momento crítico debido a las sequias provocadas por el fenómeno del niño entre los años 2015 y 2016 [6], los afluentes de agua que abastecían los embalses de las centrales de generación hidroeléctrica presentaron una reducción del caudal que causó el cierre en el nivel agregado de embalse nacional en 24.76% y por consiguiente la capacidad de generación de energía eléctrica[7]. Las industrias que utilizan energía eléctrica como motor principal para el desarrollo de sus actividades se vieron obligadas a comprar energía generada por las centrales térmicas cuyo costo de producción se disparó en este periodo de tiempo, dado que esta alcanzó un máximo histórico del 51% de la energía generada[7]. De esta forma los precios de generación en la bolsa de energía de Colombia alcanzaron un precio record de $ 894 pesos por KWh durante los últimos días de marzo de 2016[7].

Las medidas para mitigar el riesgo que conlleva la dependencia de la generación hidroeléctrica y térmica para el abastecimiento de la demanda energética en Colombia, se establecieron a mediano plazo, dada la magnitud y los elevados costes de inversión de los proyectos para generación y transmisión eléctrica[8]. En el escenario del mercado internacional, las condiciones actuales del sistema eléctrico, junto con la baja intervención del estado, pone en desventaja a las empresas asentadas en el territorio nacional, quienes se enfrentan a competidores de otros países, que ofrecen energía a menor costo y garantizan indicadores de confiabilidad mas elevados [9].

La eficiencia energética constituye una creciente prioridad en las políticas de numerosos países alrededor del mundo[1], se debe a que la gran mayoría de ellos, han logrado entender que la eficiencia energética responde a las necesidades de ser más competitivos y conlleva a hacer un uso responsable de los recursos energéticos y afrontar el cambio climático que avanza sin control y que amenaza la supervivencia del planeta [10]. Además, existe un gran reconocimiento de la mejora en el desempeño energético de las organizaciones, es quizá la manera más económica y fácilmente asequible para lograr solventar problemas relacionados con la energía, entre los cuales

están, la seguridad energética, los impactos económicos del alza de los precios y la promoción del bienestar de los consumidores [1].

Este proyecto se plantea como el primer paso para la reducción del consumo energético a corto y mediano plazo, de uno de los grandes consumidores locales de energía. El método propuesto para desarrollar la caracterización energética del caso de estudio, con base en los requisitos del estándar ISO 50001:2011, comprende las etapas de evaluación del estado actual de la documentación disponible y las acciones desarrolladas en pro de la gestión energética, la obtención de parámetros y características principales del sistema eléctrico de la planta mediante una auditoria energética, la determinación de la plataforma estratégica de gestión energética y la formulación de estrategias de acción para el cumplimiento de la plataforma.

En la primera etapa se usará la metodología de la Norma ISO 50001 para determinar la gestión energética de la empresa frente a sus requisitos, tomando como base la documentación estratégica, organizacional, técnica y de operación disponible, las mediciones y caracterización de los sistemas eléctricos y la evaluación de los históricos de consumos de la planta. En la segunda etapa se analizarán los datos para determinar la cantidad de energía necesaria para la prestación de una unidad de servicio en m^3/kWh y por consiguiente establecer las acciones que deberán aplicarse para el planteamiento de la línea base energética, la política, los objetivos y los indicadores de desempeño energético. En la etapa final se formularán planes de acción orientados a la consecución de los objetivos y las metas de la plataforma estratégica y el cierre de las brechas identificadas, las cuales serán la base para la implementación del SGEn en la organización.

Al final de la investigación, se clarifica el efecto del sistema de gestión de la energía sobre el rendimiento de la organización (1) y si la organización puede obtener un desempeño óptimo de sus procesos mientras ahorra energía; teniendo en cuenta que, es más efectivo aplicar un sistema integrado para gestión de energía basado en ISO 50001, siguiendo sencillamente su orientación, ya que la organización puede medir su nivel de rendimiento con mayor precisión.

1. Identificación del problema

La alta dirección toma conciencia de que EMPOPASTO S.A. E.S.P. es una de las industrias de consumo intensivo de energía a nivel regional, por lo que adopta voluntariamente las políticas de desarrollo sostenible relativas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y consumo energético; las cuales hacen parte integral de los compromisos del gobierno nacional con el objetivo pactado en el COP 21 de mantener debajo de dos grados el incremento de la temperatura mundial[11].

La energía necesaria para el transporte y el tratamiento del agua, representa entre un 60 y 80% del coste final de la prestación del servicio, este rango varia por la topografía, la distancia final en distribución, las pérdidas e ineficiencia de los sistemas y el grado de tratamiento requerido[12], lo que constituye particularmente un elevado costo de operación para el sistema de EMPOPASTO S.A. E.S.P. Las instalaciones y los equipos para la prestación del servicio tienen al menos 2 décadas en funcionamiento; siendo los motores los que representan la demanda energética más alta, aproximadamente el 80% de la energía eléctrica utilizada, como lo estimado en[13]. El 20% restante de la demanda la representan los equipos de laboratorio, equipamiento de oficinas, iluminación, componentes de instrumentación y control.

Frente a esta condición, EMPOPASTO S.A. E.S.P. ha adoptado un enfoque de ahorro energético, que desarrolla y se evalúa las actividades de manera aislada; habitualmente de bajo costo de inversión y de las cuales no se tienen resultados medibles, controlados y trazables que permitan mostrar una gestión global respecto al factor energético. Estas acciones toman en consideración únicamente la base de su factibilidad técnica y económica, sin identificar sus prioridades de mejora continua. Generalmente, la empresa solo tiene en cuenta estas oportunidades básicas de ahorro, alcanzando algunos beneficios económicos, pero limitados, en comparación con otros potencialmente alcanzables [14].

Trabajos desarrollados sobre la gestión eficiente de la energía en Colombia tal como el informe de resultados de tesis de Maestría presentado por Norhangelica Laiton Romero, permiten visualizar su aplicabilidad a industrias de consumo intensivo de energía como las refinerías de petróleo. Este documento muestra la viabilidad técnica y operativa para implementar un sistema de gestión energética (SGE) en una refinería de Colombia basado en la metodología del estándar ISO 50001[15]. Este trabajo investiga las oportunidades de mejora energética del caso de estudio, usando la metodología propuesta por la ISO 50001, para finalmente realizar un análisis de las brechas que inciden en la implementación de la ISO 50001. Para lograr la calificación de las instalaciones de Reficar, se requirió realizar una auditoría al SGI y una revisión al sistema de automatización y control de potencia eléctrica [15].

De manera similar, el desarrollo de un análisis comprensivo de las necesidades energéticas de la planta Centenario mediante la auditoría energética, permite identificar las oportunidades para reducir el consumo energético y establecer las barreras organizacionales que tendrán incidencia en la gestión energética a futuro [14].

En el caso expuesto en [15], para situaciones específicas no se disponía de la información histórica necesaria para el análisis de los consumos energéticos, dado que las instalaciones existentes fueron eliminadas para ser reemplazadas con equipamiento de otras características. Una situación similar se experimenta en la planta Centenario, dado que el consumo energético de los procesos se desconoce por la ausencia de una infraestructura de medición o documentos de seguimiento, lo cual pone en dificultad la determinación de la línea base energética y la formulación acertada los indicadores del desempeño energético y por consiguiente de la plataforma estratégica sobre la cual se desempeñará el sistema de gestión energética [16].

No existe un procedimiento para afrontar el reto de gestionar eficientemente los recursos energéticos en el día a día de las empresas. El estándar ISO 50001, establece a nivel general los requisitos operacionales y organizacionales para cualquier tipo de empresa, pero no proporciona información específica sobre la realización de procesos energéticamente eficientes en los niveles productivos y no productivos de las organizaciones [16]. EMPOPASTO S.A. E.S.P. establece que las oportunidades de mejora identificadas en la auditoría energética deben ser priorizadas para su intervención; esto requiere una evaluación técnica, económica y de mejora continua, con el fin de

obtener un plan aprobado por la organización que tenga incidencia sobre las metas establecidas en la plataforma estratégica y que resulte en la mejora del desempeño energético de la empresa [14], [17].

1.1 Objetivos

El presente trabajo aborda los siguientes objetivos, que se verán reflejados a lo largo del desarrollo del documento:

1.1.1 Objetivo general

Desarrollar la caracterización energética basada en el estándar ISO 50001:2011 para la gestión eficiente de energía en la PTAP CENTENARIO propiedad de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

1.1.2 Objetivos específicos

- Diseñar una auditoria energética que determine la situación actual de operación de la planta respecto a los requisitos de la norma ISO 50001.
- Establecer acciones para la formulación de la plataforma estratégica para la gestión eficiente de energía en la planta Centenario.

1.2 Estructura del documento

En el **Capítulo 1,** se presenta la introducción general, que expone el contexto del desarrollo del trabajo de grado, la identificación del problema, los objetivos perseguidos y la composición general del documento.

En el **Capítulo 2**, se describen los antecedentes para la gestión de la energía en el mundo, se realiza una investigación y contextualización del trabajo de grado, con los aportes académicos desarrollados para la relación Energía – Agua y se describe la normatividad vigente en materia de gestión energética en Colombia. Por otra parte, se exponen las normas de gestión energética a través de los años en los países desarrollados y como su desarrollo ha incentivado a la formulación de la Norma ISO 50001:2011 como estándar internacional.

En el **Capítulo 3**, se expone la metodología de la Norma Internacional ISO 50001:2011, tomando como base el ciclo de mejora continua PHVA o ciclo Deming y se desarrollan cada uno de los numerales de la norma, es decir, Requisitos Generales, Responsabilidad de la Dirección, Política Energética, Planificación Energética, Implementación y Operación, Verificación y Revisión por la Dirección. Para cada ítem, se muestra un diagrama de flujo con las entradas, los procesos de acuerdo a los requisitos del estándar y las salidas de información resultante y una descripción general de cada uno de los requisitos de la norma.

En el **Capítulo 4**, se describe el caso de estudio, tomando como base la información operativa y organizacional proporcionada por EMPOPASTO S.A. E.S.P. Para el nivel organizacional, se describen los elementos de los sistemas de gestión previamente implementados, que aportan información clave para estructurar los componentes necesarios para la planificación, operación, mantenimiento y mejora continua del SGEn. De la misma forma, para la parte operativa, se describen los procesos básicos desarrollados al interior de la planta de tratamiento de agua potable CENTENARIO y su consumo estimado de energía, junto con las características generales del sistema eléctrico e hidráulico.

En el **Capítulo 5**, se exponen los resultados de la auditoría energética mediante la aplicación de la norma ISO 50001:2011 a través de toda la organización. Inicialmente, se establece la metodología y criterios para evaluar cada uno de los requisitos del estándar, frente a la documentación disponible, las acciones de implementación presentes y el grado de conocimiento de las personas que trabajan para la entidad sobre gestión energética.

Se muestra también el resultado en las tablas de calificación de cada numeral y el análisis del estado de la organización y la PTAP CENTENARIO frente a los requisitos establecidos por el estándar para los componentes de Responsabilidad de la Dirección, Política Energética, Planificación Energética, Implementación y Operación, Verificación y Revisión por la Dirección. Finalmente, se consolida la información obtenida en un diagrama de Kiviat y exponen, las fortalezas y los hallazgos más relevantes obtenidos por medio de la aplicación de la auditoría en el caso de estudio.

En el **Capítulo 6**, se muestra la metodología que la entidad debe seguir para establecer la plataforma estratégica, es decir, las acciones que se deben llevar a cabo para plantear la política energética, las líneas de base energética, los indicadores energéticos, los objetivos y metas energéticas.

En el **Capítulo 7**, se muestran las conclusiones y recomendaciones del trabajo desarrollado.

2. Estado del arte

2.1 Gestión energética

A principios de la década de los 70, se presenta la primera crisis del petróleo, dado que los países miembros de la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo y miembros del Golfo Pérsico, a raíz de tensiones diplomáticas, deciden cortar el suministro de crudo, principalmente a los Países de Europa Occidental y Estados Unidos. Esto impulsó a que durante la década, este último, tomara medidas para reducir el consumo energético, tanto en el sector privado como público, tales como la Ley de emergencia de ahorro de energía en autovías, la reserva estratégica de petróleo de Estados Unidos, el Departamento de energía, la Ley nacional de energía y los esfuerzos de las empresas del sector privado para aportar a la eficiencia energética.

En el año 1997 dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es aprobado y adoptado oficialmente por las partes el Protocolo de Kyoto, que es un convenio sobre el cambio climático, que tiene como objetivo que los países industrializados reduzcan sus emisiones un 5% por debajo del volumen de 1990, en el periodo de compromiso comprendido entre el año 2008 y 2012 [18]. Para la promoción del desarrollo sostenible, se estableció que cada una de las partes deberá cumplir los compromisos contraídos de limitación y reducción de emisiones de GEI a la atmosfera, mediante la aplicación de políticas y medidas adecuadas a su situación particular, tales como, el fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional, protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero, investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y fuentes renovables de energía[18].

A finales del año 2015, se celebró en París, la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21), la cual terminó con la adopción del Acuerdo de París que establece el marco global de lucha

contra el cambio climático a partir de 2020, que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada país[2].

El Acuerdo de París estableció la meta global de mantener el incremento de la temperatura muy por debajo de 2 °C y hacer el mayor esfuerzo para no sobrepasar los 1,5 °C. Además que las partes busquen que las emisiones mundiales lleguen a su punto máximo lo antes posible y que luego disminuyan rápidamente[2]. Para lograrlo, todos los países llevarán a cabo acciones de adaptación y mitigación a través de contribuciones determinadas a nivel nacional[3]. De acuerdo a la International Energy Agency (IEA), se plantean tres escenarios alternativos, que pueden ilustrar el comportamiento del uso de la energía en el año 2040 y se muestran en la Tabla 2-1: Escenarios Agencia Internacional de EnergíaTabla 2-1:

Tabla 2-1: Escenarios Agencia Internacional de Energía

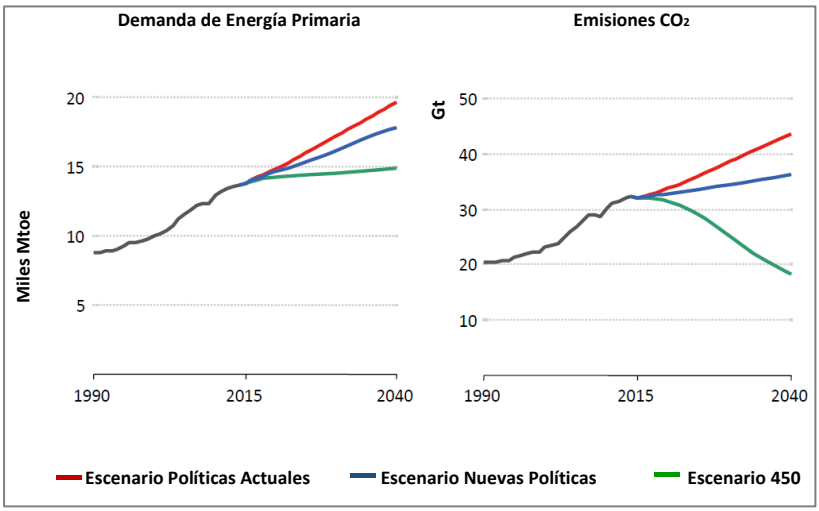
	DESCRIPCIÓN ESCENARIOS AIE
ESCENARIO POLITICAS ACTUALES	Tiene en cuenta únicamente las políticas aprobadas hasta la fecha.
ESCENARIO NUEVAS POLITICAS	Es el escenario de referencia y considera que se llevarán a cabo políticas adicionales que no han sido formalmente aprobadas.
ESCENARIO 450	Considera las políticas necesarias para alcanzar el objetivo de limitar el incremento de la temperatura global en 2°C respecto de los niveles pre-industriales con una probabilidad del 50%. Implica una estabilización de la concentración de CO2 en la atmosfera de 450ppm

Fuente: Agencia Internacional de Energía AIE

La producción y el uso de la energía representan la mayoría de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en la actualidad[12]; los compromisos de los países con respecto a la gestión de la energía, también hacen parte de las claves del acuerdo de Paris. En la Figura 2-1, puede verse la demanda primaria global de energía en miles de Mtoe (Millones de toneladas equivalentes de petróleo) y las emisiones relacionadas de CO2 en Gt (Gigatoneladas) por cada escenario planteado. Para el escenario conservador

de las Políticas Actuales se observa que la demanda de energía, así como las emisiones de CO_2 al ambiente crecen sin control llegando hasta el límite de 20 Miles de Mtoe y 42 Gt de emisiones para el año 2040 respectivamente.

Figura 2-1: Demanda primaria global de energía y emisiones relacionadas de CO2 por escenario



Fuente: Tomado de IEA a través de [12].

Para el Escenario de Nuevas Políticas, se observa que con el crecimiento de fuentes de generación eléctrica bajas en carbono, es suficiente para alcanzar la primera etapa en la desvinculación de la generación, de las emisiones del sector de energía. Sin embargo, se observa un crecimiento moderado de las emisiones de CO_2 relacionadas con la energía hasta el 2040; lo cual no logra satisfacer el objetivo establecido en el COP21, de alcanzar un pico mundial de emisiones de GEI tan pronto como sea posible[12].

El escenario 450, representa una transición baja en carbono, compatible con la limitación del incremento de la temperatura global promedio en 2 grados Celsius al año 2100, respecto de los niveles pre-industriales. Esto requiere que el pico de las emisiones se alcance antes de 2020 y decaiga constantemente hasta aproximadamente 18 Gt en 2040. Para esto, la intensidad de las emisiones por generación eléctrica, deben decaer hasta los 80 g CO_2/kWh, esta reducción se facilita mediante el desarrollo de políticas que soportan la generación baja en carbono, el impulso de la generación solar y eólica, la energía nuclear, la captura y almacenamiento de carbono[12].

La reducción de la demanda de electricidad, juega un papel importante en el escenario 450, puesto que contribuye en alrededor de un cuarto a la reducción requerida, de las emisiones de GEI para el sector de la energía. Gran parte de estos ahorros provienen los sistemas de motores eléctricos presentes en el sector industrial y de servicios, los cuales consumen uno de cada dos kWh consumidos en el mundo. Para el 2040 el incremento de la actividad industrial, duplicará la demanda global de electricidad para las aplicaciones industriales con motores[12].

Una parte importante en el impacto del consumo de electricidad corresponde al sector Aguas y representa el 4% de la electricidad total consumida a nivel mundial[12], de la cual, aproximadamente, el 40% se usa para la extracción de agua, el 25% para tratamiento de aguas residuales y el 20% para distribución[12]. Es por esta razón, que la generación de políticas enfocadas en la reducción del consumo energético y la generación de energía a través de los procesos de tratamiento y producción, alineadas con el Escenario de las Nuevas Políticas del COP 21 cobran especial relevancia.

La energía y el agua, son dos elementos que están intrínsecamente relacionados[12], [19]; los elementos principales para suplir y transformar energía, para el tratamiento y distribución en el sector Agua, lo componen las redes de distribución, los equipos de medición y transformación, los tableros y centros de control de motores junto con sus componentes, el conjunto motor eléctrico-bomba, así como los sistemas de instrumentación y monitoreo. Cada uno de estos elementos, puede aportar o no, significativamente al consumo energético total de la instalación y es ahí donde el desarrollo de programas que permitan gestionar la energía eficientemente se hacen necesarios[20]; por lo tanto, se observa la exigencia de establecer una metodología, que permita determinar con base en evidencia objetiva, donde y cuanta energía se utiliza a través del sistema, el grado de eficiencia con la que se emplea dicha energía, las medidas y acciones que permitan reducir el consumo y el gasto económico relacionado y los métodos de evaluación y monitoreo de los resultados y que pueda responder a la necesidad de gestionar las pérdidas de energía asociadas a los procesos del agua[20].

Parte de las investigaciones, se han enfocado en establecer cuantitativamente la cantidad de energía, asociada a los procesos de extracción, desalinización, tratamiento, bombeo y distribución de agua potable, así como recolección y tratamiento de aguas residuales en el mundo, los resultados han demostrado que la intensidad en el consumo

energético depende de factores tales como el nivel de tratamiento requerido, las tecnologías disponibles, la geografía predominante y las condiciones demográficas de cada país[21][22][23]. Por otro lado, se muestra cómo se logra la reducción del consumo de energía, a través de la implementación de acciones aisladas[24] y como un enfoque de gestión puede hacer que la detección de pérdidas del sistema eléctrico de potencia, en componentes tales como transformadores, motores, redes e instalaciones, así como también las perdidas en el sistema hidráulico en componentes como, tuberías, bombas y la red de distribución[20], se administren en conjunto y se puedan establecer acciones específicas que conduzcan a la eficiencia global en el uso de la energía del sistema y a la mejora continua de su desempeño energético.

Dada esta situación, la ISO 50001 asimilada como una herramienta estratégica, proporciona a las organizaciones un marco de referencia que permite la implementación de un sistema de gestión eficiente de la energía (SGEn), mediante el enfoque del ciclo P-H-V-A y la mejora continua de su desempeño energético[15], [25]–[28]. Esta norma establece los requisitos a través de este enfoque y define su aplicabilidad a través de, la responsabilidad de la alta dirección, la generación de política energética, la planificación energética, la implementación y operación del sistema, la verificación de la conformidad y la revisión por la dirección para medir los resultados del SGEn[29]. Mediante la implementación de esta Norma en el sector industrial y de servicios, se estima una reducción del 5%, del consumo energético global [30].

Algunos trabajos relacionados con la gestión energética, muestran los aspectos del sistema de gestión eficiente de energía de la Norma Internacional ISO 50001:2011, enfocados a reducir el desperdicio de energía en cualquier organización, conservando la misma calidad del producto o servicio resultante. Se puede ver su aplicación en industrias tales como la metalmecánica[31], la industria petrolera[15], la industria de papel y cartón [25], la industria del cemento[27]. Cada uno de ellos desarrolla etapas lógicas entre las que se resaltan, la evaluación del estado de gestión energética actual de la compañía a nivel documental y de consumo de energía, la definición de planes de acción, metas y actividades de ahorro alcanzables. Así como también la implementación del sistema de gestión energética en la compañía, teniendo en cuenta indicadores de gestión, variables de control, definición de un sistema de monitoreo, diagnóstico

energético y planes de entrenamiento y capacitación. Por último, se refiere a cómo operar el sistema y hacerlo sostenible, garantizando el mejoramiento continuo.

En el modelo desarrollado en [26], se identifican las necesidades de la organización para reducir el costo energético y las emisiones de gases contaminantes, los recursos requeridos, la identificación de los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora. Así mismo, los aspectos referentes al control, que lo constituyen las metas de calidad, los aspectos ambientales contenidos en normas, regulación estatal, diseños específicos y otras constantes del proceso productivo propio de la organización los cuales establecen los lineamientos y el enfoque para el desempeño de sistema. Además, las salidas del modelo de sistema que lo componen los resultados del proyecto de gestión energética dentro del cual se encuentran las especificaciones, el diseño, la implementación, el análisis y la validación de los requisitos y políticas establecidas, las pruebas y los planes de acción a largo plazo[26].

Se presentan similitudes en el desarrollo del sistema de gestión energética en campos educativos, donde se revisaron los conceptos propuestos y se realizó la verificación de la conformidad con la norma internacional para la gestión energética ISO 50001 y se ejecutaron las correcciones necesarias con el fin de proporcionar a la compañía un sistema de gestión energética completo (2).

La implementación de sistemas de gestión energética plantea retos tales como el caso expuesto en (3), donde se identificaron los desafíos potenciales referentes al establecimiento de las áreas de mayor consumo de energía de caso, dado la ausencia de un sistema sectorizado de medición; Por otra parte, como el planteamiento de las líneas de base energéticas puede resultar erróneo, si no se cuenta con sistemas de medición del consumo energético, junto con sistemas de control de otras variables, que afectan el uso de la energía[32] y como esto puede llevar a realizar un diseño equivocado de los indicadores del desempeño energético[33][34].

Por otra parte, se tienen otros casos de estudios en negocios que han implementado un SGE basado en ISO 50001 y que mediante el uso de un modelo de integración practico-energético se consigue el incremento de desempeño de los indicadores energéticos anuales, mejorando así la eficiencia energética, con la intención de completar la auditoria internacional y los procesos de certificación para los SGE en ISO 50001[33]. Esta

certificación, debería ser únicamente tomada como un reconocimiento, ya que las verdaderas acciones se reflejan en la gestión de los recursos energéticos disponibles, la reducción del consumo energético y sus impactos asociados.

2.2 Antecedentes normativos

2.2.1 Contexto normativo internacional para gestión energética

En los años 80´s, cuando se vislumbró por primera vez el final de las reservas petroleras, el ser humano empezó a pensar en eficiencia energética; a partir de ese momento en algunos países desarrollados se diseñaron políticas administrativas y técnicas sobre el tema, pero es hasta 1990 en Australia donde se consolida un programa de gestión energética, enfocada en la evaluación financiera de proyectos. Durante los años subsiguientes se han generado múltiples políticas, leyes y regulaciones enmarcadas en el ciclo de mejora continua, P-H-V-A. Algunos estándares de gestión energética se han convertido en referentes mundiales, principalmente la ISO 50001, desarrollada a petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). Fue elaborada por el comité de proyecto ISO/PC 242, con la participación de expertos de 44 países miembros del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), la Asociación Brasilera de Normas Técnicas (ABNT), la UNIDO y el Concejo Mundial de la Energía (WEC)[29].

La evolución de la gestión energética a través de la historia en el mundo, se puede visualizar en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2. Contexto normativo internacional

EVOLUCION DE LA GESTION ENERGETICA EN EL MUNDO		
1990	**Australia**	AS 3595. Programas de gestión energética – guía para la evaluación financiera de proyectos.
1995	**USA**	ANSI 736 IEEE. Recomendación Práctica Para La Gestión Energética En

		Instalaciones Industriales Y Comerciales.
	Canadá	PLUS 114º. Guía para la gestión energética voluntaria.
	China	GB/T 15587. Guía para la gestión energética en empresas industriales.
2000	**USA**	ANSI/MSE 2000:2008
2001	**Dinamarca**	DS 2403:2001
2003	**Suecia**	SS 627750:2003
2005	**Irlanda**	I.S. 393:2005
	Holanda	Sistema de gestión energética- Guía para uso.
2007	**España**	UNE 216301:2007
	Corea del sur	KSA 4000:2007
	Alemania	Gestion energetica- terminos y definiciones
2009	**Sudafrica**	SANS 879:2009
	China	GB/T 23331:2009
	Europa	EN 16001:2009
2011		Estandar internacional ISO 50001:2011
	Colombia	NTC-ISO 50001:2011

Fuente: Elaboración propia, con información de [15], [25], [35], [36]

2.2.2 Contexto normativo nacional para gestión de la energía.

En materia de eficiencia energética, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Minas y Energía, establece en el año 2001 la Ley 697 y sus decretos reglamentarios entre los que se destaca el Decreto 3683 de 2003, creado por la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales – CIURE. Para desarrollar el PROURE, en Junio de 2010, se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 mediante la Resolución 180919 y se prorroga mediante la resolución 41430 de 2015, en los cuales se establecen las metas y acciones de eficiencia energética por sector de consumo prioritario, entre los que se encuentran los sectores, transporte, industria, residencial y terciario[37]. Por otra parte, se adopta la ley 1715 de 2014, que contempla dentro de su alcance, la promoción de la gestión eficiente de la energía, que

comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda. En la Tabla 2-3, se muestra la evolución de la regulación nacional desde 2001 hasta 2017.

Tabla 2-3: Contexto normativo nacional

Reglamentación	Descripción
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan disposiciones referentes a la creación de programa de uso eficiente y racional de energía PROURE e incentivos.
Decreto 3683 de 2003	Por el cual se reglamenta el uso racional y eficiente de la energía, para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.
Resolución 180919 de 2010	Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo PAI 2010-2015 para desarrollar el PROURE, se definen sus objetivos y subprogramas.
Resolución 186 de 2012	Por la cual se adoptan metas ambientales y de ahorro y eficiencia energética para el año 2015 a los sectores industrial y transporte.
Resolución 563 de 2012	Mediante la cual se establece el procedimiento y los requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes presentadas ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con miras a obtener la exclusión de impuestos sobre las ventas IVA y/o reducción en la renta de elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y eficiencia energética.
Ley 1715 de 2014	Mediante la cual se promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos, corno medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.
Resolución 41430 de 2015	Mediante la cual se prorroga la vigencia del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE y de su Plan de Acción Indicativo.
Resolución CREG 030 de 2018	Mediante esta resolución se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala y de la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional, SIN.

Fuente: Elaboración propia

3. Metodología ISO 50001

El estándar internacional ISO 50001:2011 – Sistemas de Gestión de la Energía – Requisitos con Orientación para su uso[29] es una norma que tiene como propósito ayudar a las organizaciones a establecer los sistemas y procesos efectivos para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, así como el uso y consumo de la energía y por lo tanto, lograr la optimización en el uso de la energía utilizando sistemas y procedimientos orientados en mejorar el Desempeño Energético, es decir, en lograr reducir los requerimientos energéticos por unidad producida [38].

La aplicación de esta Norma Internacional puede realizarse en cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño y complejidad, incluyendo el sector transporte, manufactura, diseño, procesamiento, agricultura o servicios y contribuye a establecer los modelos de proceso requeridos y un marco de referencia [26], que permite a la organización hacer un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, mejorar la competitividad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados y es aplicable independientemente del tipo de energía utilizada [29], sea energía eléctrica, vapor, combustibles, etc.

La norma contiene en su estructura de alto nivel, elementos comunes de otros estándares ISO, tales como, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018, brindando un gran nivel de compatibilidad lo que facilita su integración con otros sistemas de gestión implementados en la organización. Esta Norma Internacional incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización, basada en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) o ciclo Deming tal como se ilustra en la Figura 3-1.

Figura 3-1: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001

Fuente: Norma Internacional ISO 50001:2011 [29].

En el contexto de un sistema de gestión y con base en la Figura 3-1, el ciclo Deming puede interpretarse de acuerdo a los siguientes criterios descritos por [35][29]:

Planear: Llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea base, los IDEn's, los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño, de acuerdo a la política energética de la organización [29].

Hacer. Implementar los planes de acción identificados en el planear, relativos a la gestión de la energía[29].

Verificar. Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y las características claves de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos informando los resultados alcanzados [35][29].

Actuar: Tomar las acciones necesarias para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGEn [29].

Dado que la norma explica a manera general el “qué hacer” para la implementación de un SGEn mediante sus requisitos y no el “cómo” deben desarrollarse las acciones, se hizo necesaria la revisión de la norma ISO 50004 – Guía para la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de la energía [39]; el manual para la implementación de un sistema de Gestión de la Energía del gobierno de México a través del SENER – CONUE [35] y la guía para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía UPME-COLCIENCIAS [36]. Con los cuales se estructuran los elementos de entrada, las actividades que deben desarrollarse para cada numeral en las fases de planificación, implementación, verificación y toma de acciones para la mejora continua del SGEn, así como también los resultados que se esperan de cada una de las actividades y que se describen a continuación:

3.1 (4.1) Requisitos generales

Los requisitos generales de la Norma ISO 50001:2011 son los principios fundamentales sobre los que se debe diseñar el SGEn, son transversales a toda la organización y determinan a nivel general la conformidad con el SGEn, estos también se pueden encontrar enunciados en otras normas de la familia ISO relativos a sistemas de gestión.

La necesidad de ser competitivos en un mercado dominado por la supervivencia de las organizaciones ha hecho que estas adopten voluntariamente la implementación de estándares internacionales tales como ISO 9001- Sistema de Gestión de Calidad SGC que proporciona a las organizaciones el enfoque por procesos y la interacción entre estos, ISO 45001- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST, ISO 14001- Sistema de Gestión Ambiental entre otros. Entre todas aportan las bases documentales, el alcance y límites, así como también la cultura de la mejora continua, que permitirán acortan las brechas para el desarrollo del SGEn.

Los elementos comunes que aportan estos sistemas previamente implementados al SGEn son [35]:

- Responsabilidad de la alta dirección
- Identificación de procesos.
- Gestión documental.
- Política del sistema de gestión.

- Objetivos y metas.
- Competencias y toma de conciencia.
- Asignación de responsabilidades.
- Comunicación.
- Seguimiento y medición
- Acciones correctivas, preventivas y de mejora.
- Auditorías internas.
- Revisiones por la dirección.

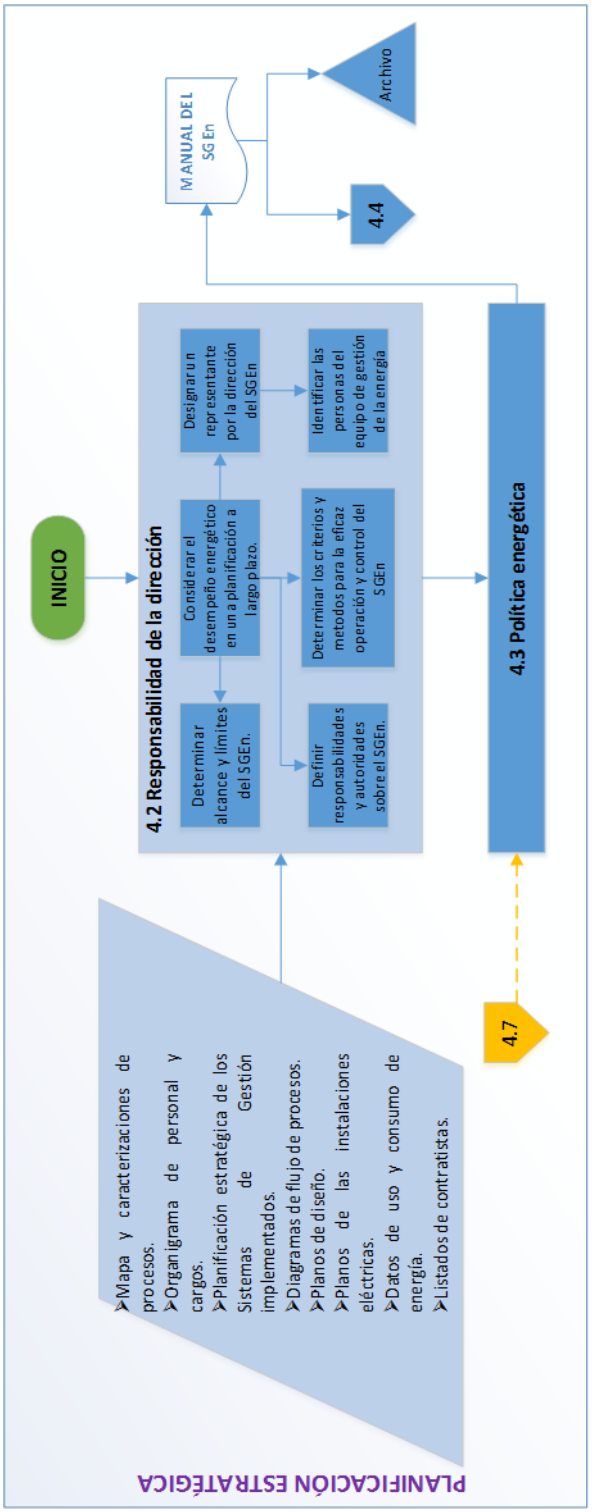
La alta dirección de la organización será la responsable de instituir las acciones tendientes a determinar cómo se llevará a cabo el cumplimiento de los requisitos de la norma internacional, a establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente la eficacia del SGEn, así como definir su alcance y límites, con el fin de lograr una mejora en su desempeño energético.

3.2 Responsabilidad de la dirección

La figura más importante durante el desarrollo de un SGEn es la alta dirección, ella lidera la responsabilidad y el compromiso con la planificación, implementación y mejora continua del SGEn. Parte de su compromiso lo muestra al considerar la planificación energética a largo plazo; así como también definiendo, estableciendo, implementando y manteniendo una política energética acorde a las necesidades de la organización; y determinando los límites y el alcance a ser cubiertos por el SGEn.

La alta dirección se encarga de establecer las responsabilidades y autoridades, asignar los recursos necesarios para la operación y el mantenimiento del SGEn. De la misma forma, es la que designa un representante por la dirección, quien a su vez, tiene la responsabilidad de asegurar el funcionamiento del SGEn, promover la toma de conciencia en todos los niveles de la organización, informar a la alta dirección sobre el desempeño energético, identificar un grupo de trabajo para recibir su apoyo en las actividades de gestión de la energía y determinar los criterios y métodos para asegurar la eficaz operación y control del SGEn.

Figura 3-2: Diagrama de flujo planificación estratégica.



Fuente: Adaptado de [15] con informacion de [29] y [35]

3.3 (4.3) Política energética

La política energética es una declaración formal, emitida por la alta dirección, sobre el compromiso que establece la organización para alcanzar una mejora continua en el desempeño energético, la cual debe estar documentada y comunicada a todos los niveles de la organización [35], incluidas las personas que trabajan en su nombre y sea revisada regularmente y actualizada si existen cambios significativos a nivel organizacional, en la naturaleza del negocio o si esta ya no refleja las necesidades de la entidad.

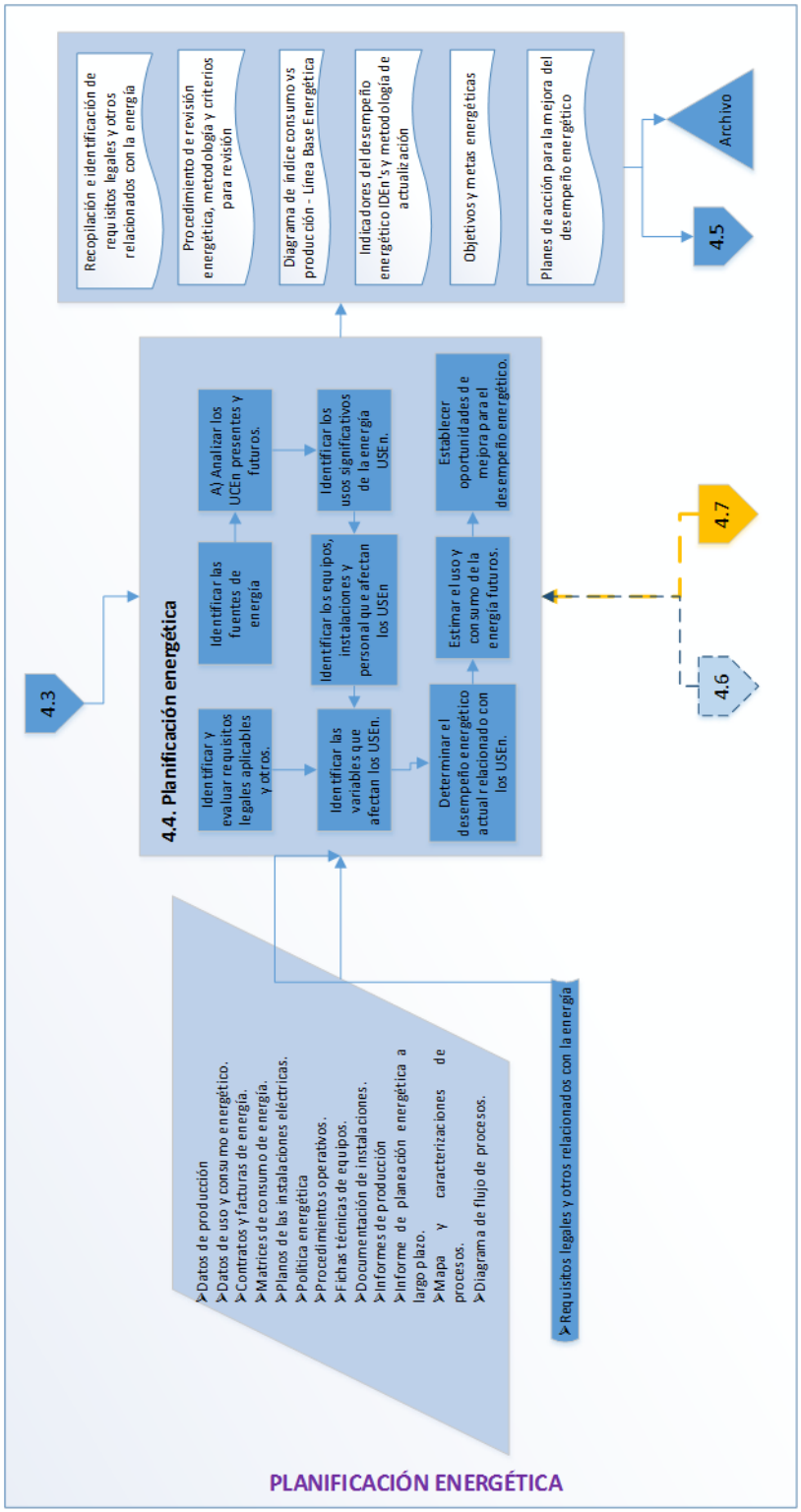
La política energética debe definirse teniendo en cuenta la naturaleza de las operaciones y la magnitud del uso y consumo de la energía de la organización, proporcionar un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y las metas energéticas, así como también apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes. Su formulación debe incluir los compromisos relativos al cumplimiento de los requisitos legales en materia de energía, la disponibilidad de información y recursos para asegurar el cumplimiento de los objetivos energéticos y metas individuales; los elementos necesarios para el establecimiento de la política energética se encuentran numerados en la Figura 3-2.

3.4 (4.4) Planificación energética

La planificación energética, permite contar con un plan documentado que se actualiza constantemente y que aporta los lineamientos principales para mejorar el modelo de consumo de energía de la organización en un tiempo determinado; el cual será estructurado por un equipo de personas con las competencias adecuadas y diseñado con base en el entendimiento de la política energética de la organización y de sus procesos [29].

La organización debe identificar y mantener disponibles, los requisitos legales aplicables relacionados con el uso y consumo de la energía, así como para la EE, que deben cumplirse teniendo en cuenta la normatividad vigente. Esta información deberá estar actualizada con base en las revisiones programadas y se tendrá en cuenta para la implementación del SGEn, así como para definir la aplicación de los requisitos legales al uso y consumo de la energía de los procesos que desarrolla la entidad.

Figura 3-3: Diagrama de flujo planificación energética.



Fuente: Adaptado de [15] con informacion de [29] y [35]

Con base en mediciones de consumo energético, matrices energéticas, especificaciones de equipos e instalaciones, planos y diagramas de flujo de procesos, la organización debe identificar sus fuentes de energía actuales y recopilar la información sobre el uso y consumo de la energía presente y pasado de sus procesos; así como también estimar el uso y consumo futuros de la energía. Esto con el fin de identificar los equipos, sistemas, procesos y personal que tienen consumo significativo de energía y determinar su desempeño energético. Además, el equipo encargado deberá investigar y determinar otras variables tanto internas como externas, que puedan afectar el uso de la energía en la entidad, algunas de estas pueden estar relacionadas con la producción en épocas especificas del año, variaciones de clima, demanda en días festivos entre otras.

Usando la información de la revisión energética y considerando los datos de uso y consumo de la energía en un periodo mínimo de 3 años medidos en meses o 90 días medidos a diario [40]; así como también los registros de producción, se procede a plantear y registrar el diagrama energético productivo o línea base energética, que pueden ser una o varias, adecuadas a las necesidades de la entidad y a la complejidad de sus procesos. El equipo designado elaborará una metodología que permita la determinación y actualización de los indicadores del desempeño energético IDEns; su desempeño será medido con relación a la línea de base energética implementada.

Como resultado de esta evaluación el equipo encargado deberá incluir un registro de las oportunidades de mejora identificadas y las priorizará con base en los criterios establecidos; en las oportunidades de mejora identificadas, pueden incluirse las fuentes potenciales de energía alternativa o renovable, así como también la energía que se desperdicia producto de anomalías en el funcionamiento de las instalaciones, equipos, procesos y fallas o desviaciones a los procesos establecidos que incurre el personal que trabaja para la entidad. De la misma forma, se deberán documentar objetivos energéticos, los cuales serán coherentes con la política formulada y metas energéticas, coherentes con los objetivos; para los cuales se establecerán los plazos para el alcance de los logros planteados.

Al revisar los objetivos y metas, se deberán tener en cuenta los requisitos legales y otros aplicables, los USEn, las oportunidades de mejora identificadas, condiciones financieras, operacionales, comerciales, opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas. Con base en esta información se deberán establecer y mantener

actualizados los planes de acción que conduzcan al alcance de las metas individuales y al logro de los objetivos, los cuales deben incluir los responsables, recursos, plazos y el método para la verificación de los resultados y la mejora en el desempeño energético.

En la Figura 3-3 se muestran las entradas del proceso, las actividades que se desarrollan para el numeral de planificación energética del estándar, así como también los resultados esperados tanto para documentación como acciones que serán evidenciadas por medio de registros.

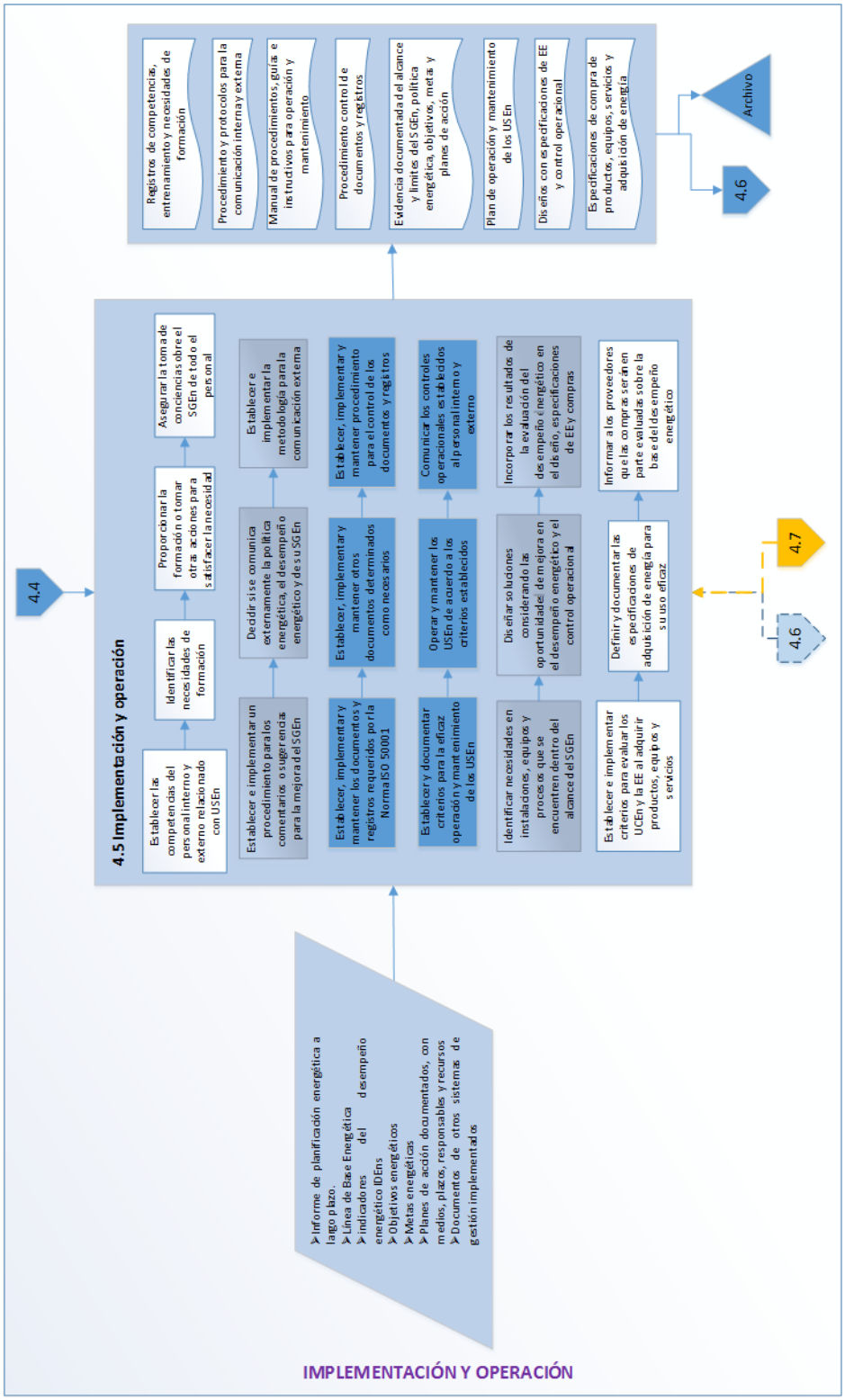
3.5 (4.5) Implementación y operación

La implementación y operación del SGEn requiere principalmente el compromiso de la alta dirección, la participación del representante por la dirección, el equipo de gestión de la energía, los líderes determinados en el mapa de procesos, así como el personal operativo, técnico, administrativo interno y externo de la entidad; los cuales usaran los planes de acción resultantes de la etapa anterior, para asegurar su implementación y operación.

El personal que trabaja para o en nombre de la organización, relacionado con los USEn, debe seleccionarse con base en la educación, formación, habilidades y experiencia determinadas. En los casos que se requiera, la entidad debe establecer las necesidades de formación orientadas al control del uso significativo de energía y la operación del SGEn, proporcionar esta formación o tomar otras acciones para satisfacer estas necesidades [29] y mantener los registros de estas actividades.

La toma de conciencia de todo el personal, incluido quienes trabajan a nombre de la entidad, está relacionado con el conocimiento e interiorización de sus funciones, responsabilidades y autoridades, la importancia de la conformidad con la política, los procedimientos y los requisitos del SGEn, los beneficios de la mejora del desempeño energético, el impacto real o potencial de su comportamiento y sus actividades sobre el uso y consumo de la energía, como estas contribuyen a alcanzar los objetivos y las metas energéticas y las consecuencias de desviarse de los procedimientos establecidos [29].

Figura 3-4: Diagrama de flujo implementación y operación



Fuente: Adaptado de [15] con informacion de [29] y [35]

La entidad debe comunicar internamente, a todos los niveles, la información relacionada con el SGEn y su desempeño energético, establecer un procedimiento por medio del cual el personal interno y externo pueda hacer comentarios o sugerencias para la mejora. De la misma forma decidir si la entidad comunica o no externamente la política energética y el desempeño energético y de su SGEn, mantener documentada esta decisión y el método por el que se realizará esta comunicación.

Para describir los elementos principales del SGEn y su interacción la entidad debe documentar información en papel o formato electrónico. Esta documentación deberá aportar información para evidenciar el cumplimiento de los requisitos de la Norma Internacional ISO 50001:2011, así como los establecidos por la organización para el funcionamiento de su SGEn. La documentación interna y externa, registros y documentación técnica, se controlará mediante un procedimiento que asegure el cumplimiento de los requisitos.

Teniendo en cuenta la política, los objetivos, metas energéticas y planes de acción, la entidad deberá identificar y planificar sus operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con los USEn, y asegurarse de que se documentan los criterios para su eficaz operación y mantenimiento, se comunican al personal interno y externo, se realiza la operación y mantenimiento de instalaciones equipos, procesos y sistemas con base en estos criterios. Así mismo se identifican las oportunidades de mejora y control operacional en el diseño de instalaciones nuevas o renovadas manteniendo los registros y se establecen criterios de eficiencia energética para las adquisiciones de equipos, sistemas o proyectos nuevos.

Para la adquisición de servicios de energía, la entidad deberá establecer y documentar las especificaciones de compra e informar a los proveedores que las compras de energía, equipos y productos serán evaluadas en parte sobre la base de la eficiencia energética y otros criterios establecidos relacionados con el uso y consumo de la energía.

En la Figura 3-4 se puede observar el diagrama de flujo para el proceso de implementación y operación, sus entradas, actividades y salidas. Como resultado de este proceso, se espera que la entidad obtenga la siguiente información:

- Requisitos de competencias, entrenamiento y necesidades de formación.
- Procedimiento para la comunicación interna y externa.
- Manual de procedimientos, guías e instructivos para la operación y el mantenimiento del SGEn.
- Procedimiento control de documentos y registros.
- Evidencia documentada de la política, objetivos, metas energéticas y planes de acción.
- Plan operativo y de mantenimiento para los USEn.
- Registros de las actividades de diseño.
- Especificaciones de compra de equipos, sistemas y servicios de energía.

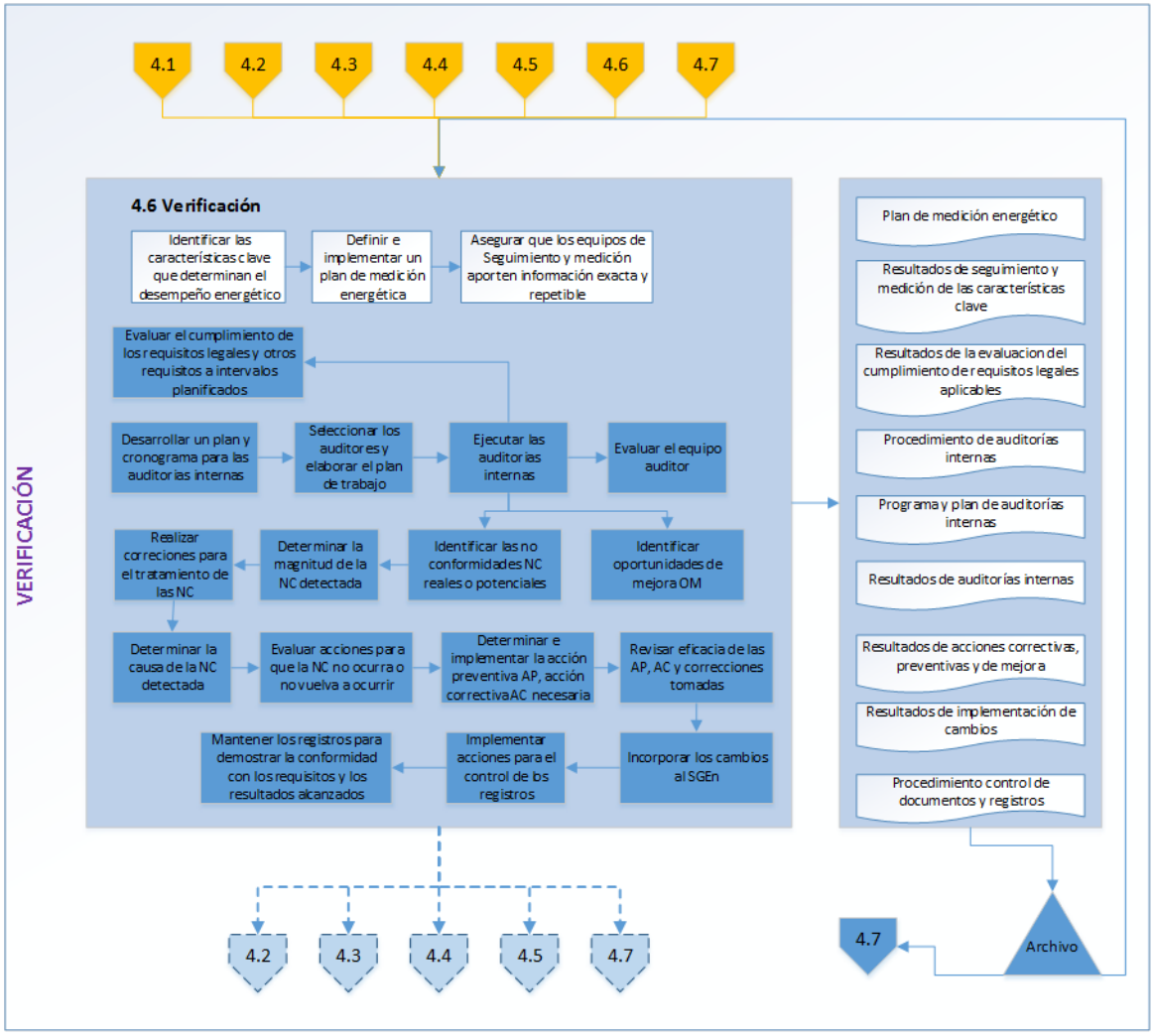
3.6 (4.6) Verificación

El capítulo de verificación corresponde a la parte “Verificar” del ciclo PHVA para el SGEn. La organización puede considerar la integración de estos requisitos con los sistemas de gestión previamente implementados. El propósito de seguir, medir y analizar es obtener datos e información, para determinar en qué medida el desempeño energético está mejorando y si el control operacional se mantiene [39].

La entidad debe realizar seguimiento, medición y análisis a intervalos planificados y registrar los resultados de las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético, tales como, los USEn, las variables pertinentes relativas a los USEn, los IDEns, la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas individuales, la evaluación del consumo energético real contra el esperado e investigar y responder a las desviaciones significativas del desempeño energético[29].

Teniendo en cuenta el proceso de planificación energética descrito capítulos anteriores, se deberá desarrollar un plan de medición energética apropiado al tamaño y complejidad de la organización y de su equipo de seguimiento y medición; este equipo como también las características clave, deberán calibrarse, verificarse o tomar acciones para proporcionar información exacta y repetible.

Figura 3-5: Diagrama de flujo verificación.



Fuente: Adaptado de [15] con informacion de [29] y [35]

Con base en los requisitos legales identificados en el capítulo de planificación energética, la entidad deberá determinar mediante un proceso de evaluación a intervalos planificados, si los requisitos legales aplicables y otros se cumplen, se encuentran implementados y se adaptan a las necesidades del SGEn; de los cuales mantendrá los registros pertinentes.

La entidad deberá desarrollar auditorías a intervalos planificados y asegurar que los auditores y el proceso en sí mismo, sean objetivos e imparciales, con el fin de determinar si los requisitos se cumplen, identificar y establecer mejoras en el desempeño energético

y el SGEn. Estas auditorías deben priorizarse y llevarse a cabo más frecuentemente en los elementos del SGEn que influencien el desempeño energético, tales como objetivos, metas, USEn, control operacional, desviaciones significativas, seguimiento, medición y análisis y la revisión energética, áreas con no conformidades identificadas en auditorías previas, así como también, áreas con equipos, procesos y personal que han experimentado cambios desde la última auditoría y aquellas donde se han implementado cambios planificados que pueden tener un impacto significativo en el desempeño energético [39].

Para las auditorías internas, la entidad deberá mantener un cronograma y un plan de auditorías, así como los registros de los resultados. Estas actividades resultantes deberán ser informadas a la alta dirección por medio del representante por la dirección.

Las no conformidades reales o potenciales detectadas producto de las auditorías internas, revisión y evaluación de requisitos legales, fallas en el alcance de los objetivos, metas y puntos de referencia de los procesos de seguimiento y medición, desviaciones en el cumplimiento de los procedimientos de control operacional y desviaciones significativas que se presentan en reiteradas ocasiones; deberán tratarse, corregirse y tomar acciones correctivas y preventivas que incluyan su revisión, determinación de causa raíz, determinación e implementación de la acción apropiada y revisión de la eficacia de las acciones tomadas. Estas actividades deberán registrarse y asegurar que los cambios resultantes sean incorporados al SGEn.

Para demostrar la conformidad con los requisitos de la Norma ISO 50001 y los resultados logrados en el desempeño energético, deberán mantenerse registros, para los cuales se deberán definir e implementar los controles necesarios para su identificación, recuperación y retención.

Los resultados de las actividades para el proceso de verificación, descritas en la Figura 3-5, se muestran en la parte derecha como los registros y acciones, que permiten verificar que el SGEn se esté implementando de acuerdo a los requisitos establecidos y se alcancen sus objetivos planificados.

3.7 (4.7) Revisión por la Dirección

La revisión por la Dirección corresponde al “Actuar” del ciclo PHVA. Esta es la responsabilidad principal de la alta dirección y tiene como objetivo principal responder a la pregunta “¿El SGEn está cumpliendo y manteniendo las mejoras planificadas para el desempeño energético de la entidad?” [39].

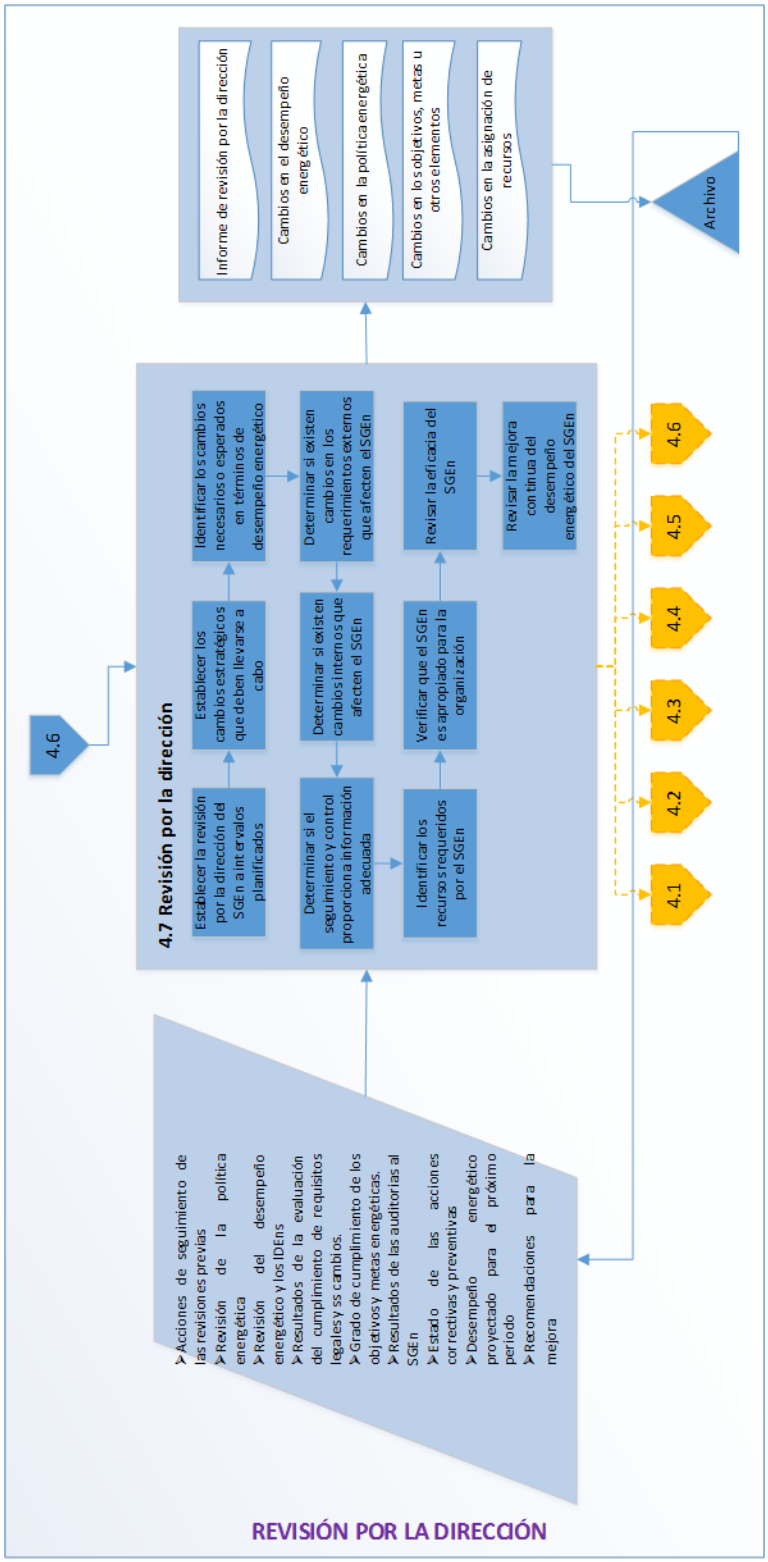
Enfocado en su conveniencia, adecuación y eficacia continuas, la revisión por la dirección debe ser un proceso dinámico de revisiones, evaluaciones, decisiones y acciones que aseguren el mejoramiento continuo en el desempeño energético y el SGEn [39].

La revisión por la dirección deberá realizarse a intervalos planificados; en periodos de tiempo suficientes para que las no conformidades se hayan subsanado y los ajustes planificados se hayan llevado a cabo.

Se deberán considerar las entradas para el proceso de revisión por la dirección de acuerdo a lo mostrado en la Figura 3-6. Como resultado de esta actividad y para asegurar que el ciclo PHVA se complete y sea efectivo, se espera que la entidad obtenga la siguiente información:

- Informe de revisión por la dirección.
- Cambios en el desempeño energético.
- Cambios en la política energética.
- Cambio en los IDEns.
- Cambios en los objetivos, metas u otros elementos del SGEn, coherentes con el compromiso de la organización con la mejora continua.
- Cambios en la asignación de recursos.

Figura 3-6: Diagrama de flujo revisión por la dirección



Fuente: Adaptado de [15] con informacion de [29] y [35]

4. Caracterización organizacional y técnica de la PTAP CENTENARIO

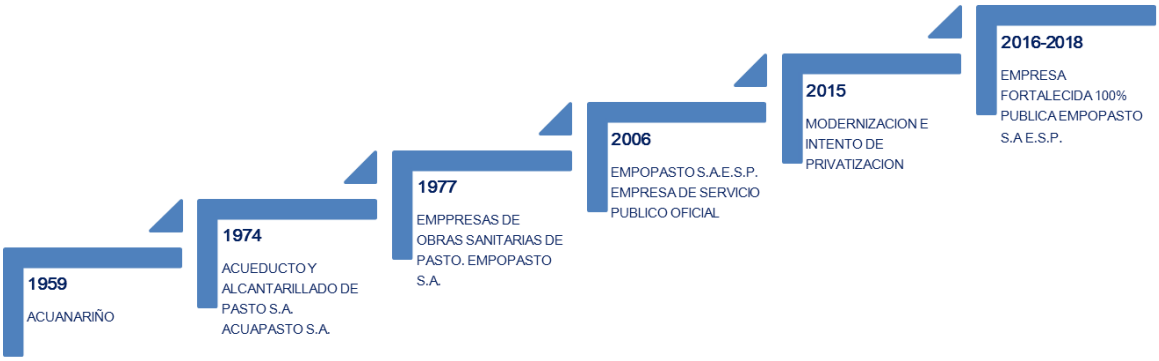
4.1 Descripción organizacional EMPOPASTO S.A E.S.P.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. es una empresa regional prestadora de servicios públicos domiciliarios, saneamiento básico y servicios complementarios; desarrolla sus operaciones en la ciudad de San Juan de Pasto en el departamento de Nariño y se constituye como la única empresa prestadora del servicio de agua potable en la ciudad.

4.2 Reseña histórica

De acuerdo a la información consignada en el documento Manual Integral del SGI, la Empresa EMPOPASTO S.A E.S.P tiene una historia cercana a 42 años, en la cual su madurez organizacional y su perfil competitivo con responsabilidad social, la proyecta como una empresa líder en el sur occidente colombiano.

Figura 4-1: Reseña histórica EMPOPASTO S.A E.S.P.



Fuente: Manual integral del SGI Oficina de Planeación.

En la Figura 4-1, se muestra a nivel general la reseña histórica de la empresa EMPOPASTO S.A. E.S.P. y sus hitos más importantes a través del tiempo.

4.3 Plataforma estratégica

La plataforma estratégica, que orienta las operaciones de la entidad y con las cuales se pretende dirigir los esfuerzos hacia la implementación del Sistema de Gestión de la Energía SGEn está integrada por:

Propósito superior

Brindar agua tejiendo territorios sostenibles para la vida.

Misión

Somos una empresa regional prestadora de servicios públicos domiciliarios, saneamiento básico y servicios complementarios, con proyección a la diversificación, a través del manejo integral del agua y el territorio, para mejorar la calidad de vida de nuestros ciudadanos con calidez, sostenibilidad, equidad socio ambiental y financiera.

Visión

Agua para todos y para la vida.

Cadena de valor

Se trata de una herramienta de gestión que permite visualizar el desarrollo de las actividades de la empresa, que permite identificar y analizar actividades con una importancia estratégica a la hora de obtener alguna “ventaja competitiva” (4). En la Figura 4-2 se muestra la cadena de valor de EMPOPASTO S.A E.S.P.

Figura 4-2: Cadena de valor EMPOPASTO S.A. E.S.P.

CADENA DE VALOR EMPOPASTO S.A. E.S.P.			
	Participación Ciudadana Se trata de la integración de la población en general, como algo de lo que todos formamos parte.		**Innovación** Alianzas estratégicas y aplicación de nuevas tecnologías "apropiadas" y de "bajo costo".
	Cobertura Número de usuarios con acceso al servicio de acueducto y alcantarillado.		**Transparencia** Principios de debida gestión de los asuntos públicos y de los bienes públicos en el deber de rendir cuentas.
	Calidad del Agua Es el resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.		**Confianza** Opinión favorable de que EMPOPASTO S.A. E.S.P., será capaz y deseará actuar en cada situación.
	Tarifa Justa Tarifa que cubra las obras de inversión y garantice la viabilidad financiera, sin afectar al suscriptor con altos incrementos.		**Atención Con Calidez** No como valor agregado, sino como un componente intrínseco en el servicio
	Compromiso Con la calidad del servicio, el cuidado del medio ambiente, la protección de trabajadores y la modernización de la empresa.		**Prevención del Riesgo** Enmarca acciones de fortalecimiento para la atención de la respuesta, conocimiento y gobernanza del riesgo y medidas de reducción de la vulnerabilidad.
	Continuidad del Servicio Disponibilidad del servicio de acueducto a los usuarios.		**Eficacia** Capacidad para alcanzar lo que se espera.

Fuente: Manual integral del SGI Oficina de Planeación.

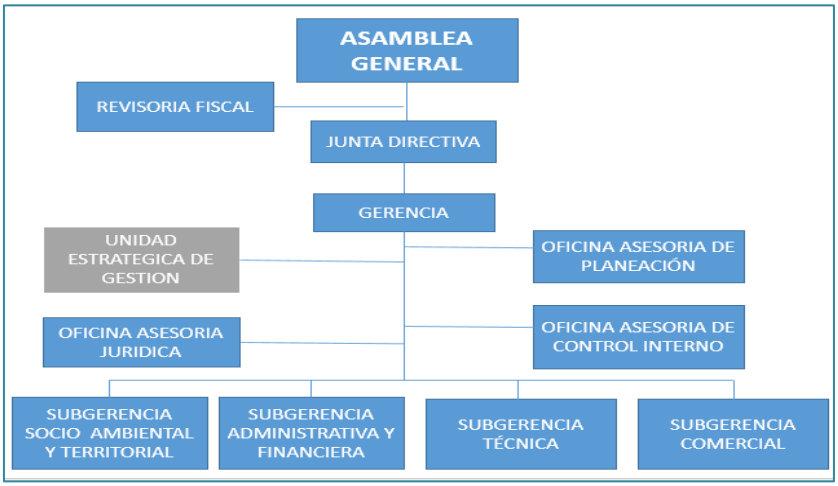
4.4 Estructura organizacional

En la Figura 4-3, se puede visualizar el organigrama de EMPOPASTO S.A E.S.P., que está compuesto por la Asamblea General como máximo órgano de gobierno de la empresa, Junta Directiva encargada de formular el plan estratégico de la empresa, controlar el funcionamiento general de la organización y verificar su conformidad con la política adoptada y determinar las decisiones de más alta jerarquía conforme a la ley, la gerencia que ejerce la representación legal de la empresa y garantiza la aplicación de las normas de orden jurídico, da las pautas y establece las políticas para asegurar la

sostenibilidad financiera, administrativa y técnica de la empresa, siguiendo los lineamientos de la asamblea y la junta directiva.

Por otra parte pueden observarse los cargos directivos de los procesos de las áreas operativas, así como también de las oficinas encargadas de asesorar a la Gerencia para la toma de decisiones.

Figura 4-3: Organigrama EMPOPASTO S.A E.S.P.



Fuente: Manual integral del SGI Oficina de Planeación.

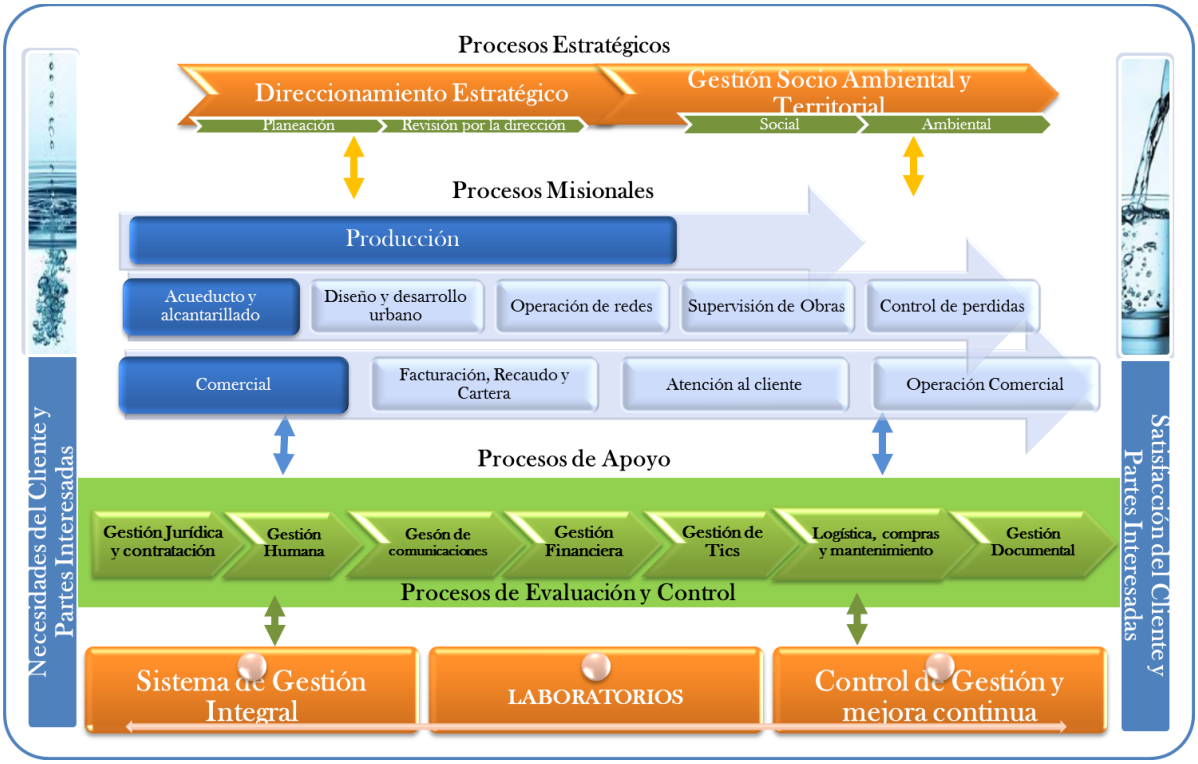
La Subgerencia Técnica, por medio del Director de Producción se encarga de velar por el desempeño energético de la organización y coordina los procesos de producción, acueducto y alcantarillado, que comprenden acciones de planificación, ejecución de proyectos, operación y mantenimiento del sistema de plantas de tratamiento de agua; supervisión de obras, control de pérdidas; además, coordina el funcionamiento del laboratorio de medidores.

4.5 Mapa de procesos

Actualmente la empresa EMPOPASTO S.A. E.S.P. se encuentra en etapa de documentación e implementación de los sistemas de gestión de las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018; para lo cual ha diseñado su mapa de procesos mostrado en la Figura 4-4, con base en los requisitos del numeral 4.4 del estándar ISO 9001:2015 sistema de gestión de calidad, identificando sus procesos

estratégicos, misionales, de apoyo y de evaluación y control que sirven como punto de partida para la implementación del SGEn.

Figura 4-4: Mapa de procesos EMPOPASTO S.A E.S.P.



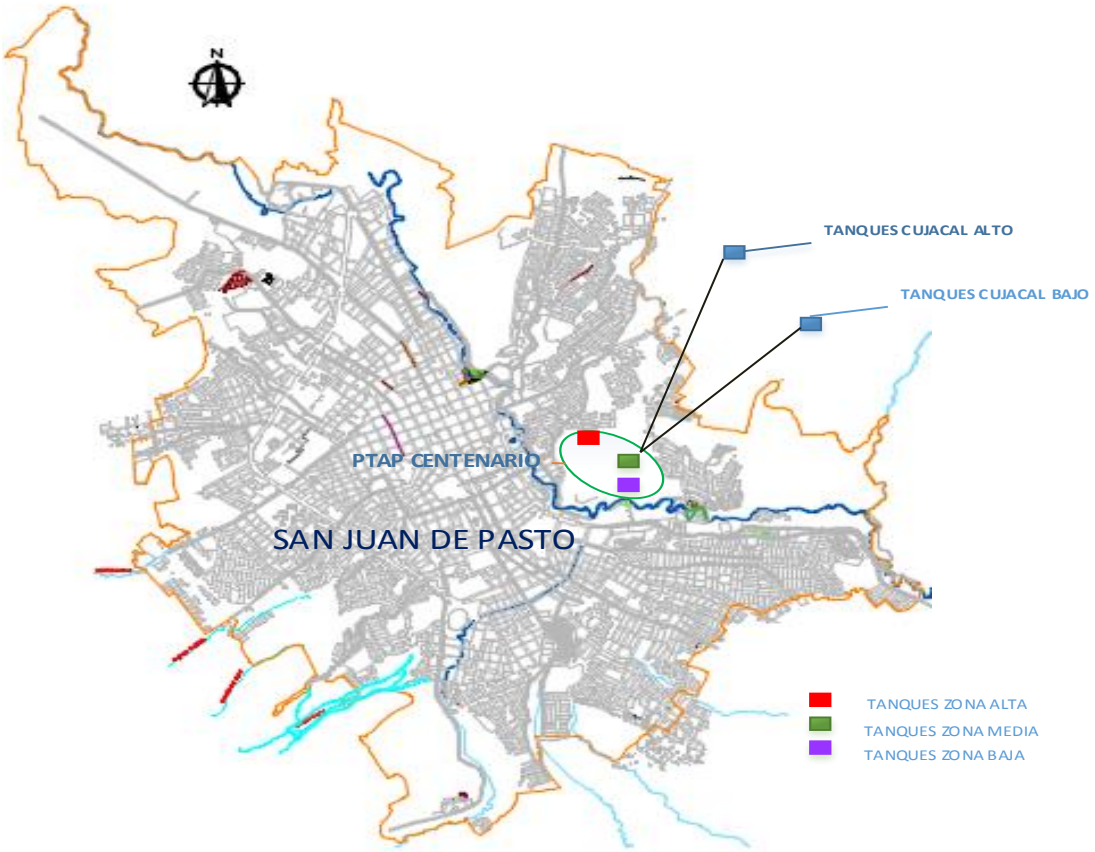
Fuente: Manual integral del SGI Oficina de Planeación.

Las actividades desarrolladas en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) CENTENARIO, se encuentran identificadas dentro del proceso de PRODUCCIÓN mostrado en el mapa de procesos de la Figura 4-4.

4.6 Descripción del sistema de tratamiento de agua potable

La planta de tratamiento de agua potable CENTENARIO se encuentra ubicada en la zona alta, al Oriente de la Ciudad de San Juan de Pasto a una altitud de 3010 m.s.n.m. Junto con la PTAP MIJITAYO, la PTAP SAN FELIPE y la PTAP GUADALUPE, hace parte fundamental de la infraestructura de la empresa pública de obras sanitarias EMPOPASTO S.A E.S.P. la cual se encarga de suministrar el agua potable a toda la ciudad. En la Figura 4-5 puede observarse un esquema gráfico de la composición y ubicación estratégica de la planta.

Figura 4-5: Esquema PTAP CENTENARIO



Fuente: Elaboración propia con información de Oficina de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Esta planta aportó el 82.87% del total de metros cúbicos de agua potable generada para solventar las necesidades de los usuarios. En la Tabla 4-1, se muestra la producción correspondiente al año 2016:

Tabla 4-1. Producción de agua potable 2016

PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE		
Planta	**Producción de Agua prom. [m^3/año]**	**Producción de Agua [% del total]**
CENTENARIO	18.165.017	82.87%
MIJITAYO	2.865.599	13.08%
SAN FELIPE	887.894	4.05%
TOTAL	**21.918.510**	**100%**

Fuente: Oficina de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P.

La PTAP CENTENARIO consta básicamente de los procesos de: captación, la cual se hace desde el Rio Pasto mediante un sistema de bocatoma. El tratamiento, que se realiza dentro de las instalaciones y que corresponde a un caudal promedio de 200 l/s y un máximo de 650 l/s y la predistribución, que consta de un sistema de bombeo y conducción que suministra el fluido al conjunto de tanques denominados Zona Alta, Cujacal Bajo y Cujacal Alto, encargados de la distribución final a la ciudad por gravedad. Por otro lado, se cuenta con un laboratorio para el control físico-químico del agua potable suministrada, un sistema de monitoreo de las variables mediante un sistema SCADA (Ver ***Anexo A***), que garantiza que el agua cumpla con los parámetros de calidad, establecidos por la regulación colombiana y finalmente las oficinas que administran la producción general de las plantas. Estas actividades se llevan a cabo con equipos alimentados por energía eléctrica proveniente de las redes del operador local. El consumo general para el año 2017 puede verse en la Tabla 4-2:

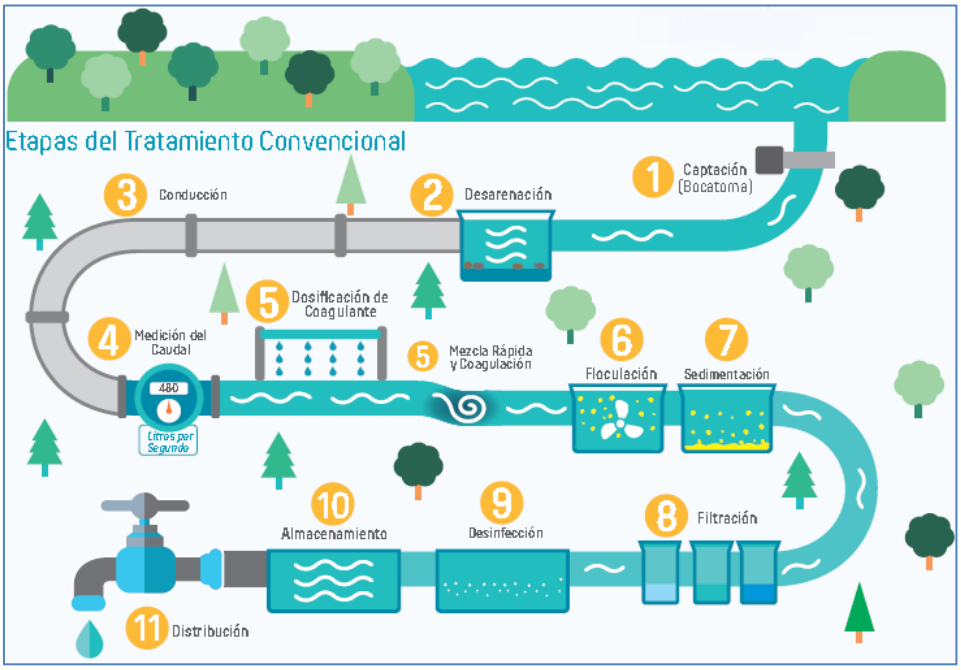
Tabla 4-2. Consumo de energía 2017

Planta	**Consumo Energía Promedio mes 2017 [kW/h]**	**Consumo Energía Total 2017 [kW/h]**
CENTENARIO	183.098	2.195.155

Fuente: Oficina de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P.

En la Figura 4-6 puede observarse los procesos particulares que se llevan a cabo para el tratamiento del agua potable en la PTAP CENTENARIO. A continuación se describen las etapas desarrolladas y sus características generales de consumo:

Figura 4-6: Diagrama proceso de tratamiento y distribución



Fuente: Oficina de producción EMPOPASTO S.A E.S.P.

Captación: Se realiza a través de la bocatoma, estructura hidráulica destinada a captar agua de forma controlada a partir de la fuente hídrica fluvial superficial del Rio Pasto. Esta actividad no requiere uso de energía eléctrica.

Desarenación: Separación de las partículas más pesadas como arena, piedras o sólidos de mayor tamaño que gracias a la acción de la gravedad se decantan en el fondo del desarenador. Esta actividad no requiere uso de energía eléctrica.

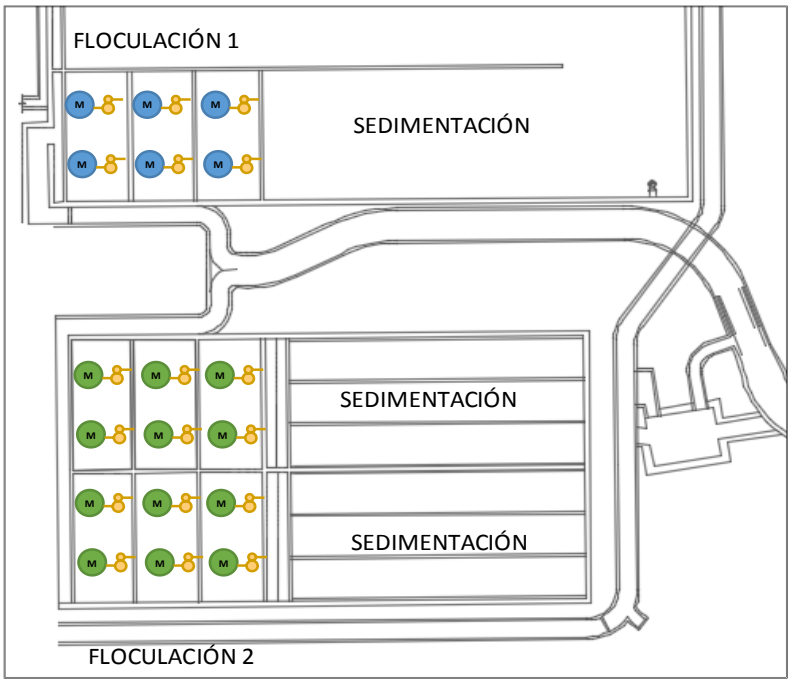
Conducción: Se realiza por canales abiertos que transportan el agua, desde la salida del desarenador hasta la cámara Parshall de la planta de tratamiento. Esta actividad no requiere uso de energía eléctrica.

Medición de caudal: Censo continúo por medio del sistema SCADA de la cantidad de agua cruda que ingresa a la cámara Parshall de la planta de tratamiento. Esta actividad requiere bajo uso de energía eléctrica.

Dosificación de coagulante, mezcla rápida y coagulación: consiste en adicionar de forma controlada la sustancia química Policloruro de Aluminio conocida como coagulante por medio de dos bombas de 0.75HP, que permite la clarificación del agua, en una zona de alta turbulencia para garantizar la mezcla rápida. Esta actividad requiere bajo uso de energía eléctrica.

Floculación: Es un proceso continuo de agitación rápida, media y lenta del agua con el coagulante, por medio de agitadores fijos, con do grupos de motores de 3HP que operan las 24 horas del día, para que las partículas en suspensión se unan entre sí, ganen peso y se puedan separar en la siguiente etapa.

Figura 4-7: Localización floculadores



Fuente: Elaboración propia con información de Oficina de Producción

El área de floculación 1 se compone de seis aireadores con motores eléctricos que tienen una potencia total de 18 HP. De la misma forma el área de floculación 2 tiene un total de potencia de 36 HP para 12 motores. Estos dos sistemas tienen una potencia acumulada

de 54 HP, lo que significa que este proceso demanda un consumo energético alto para la planta.

Sedimentación: Remoción de partículas formadas en la floculación, que por acción de la gravedad se depositan en el fondo del sedimentador. Esta se constituye como la primera etapa de clarificación del agua. Esta actividad no requiere uso de energía eléctrica.

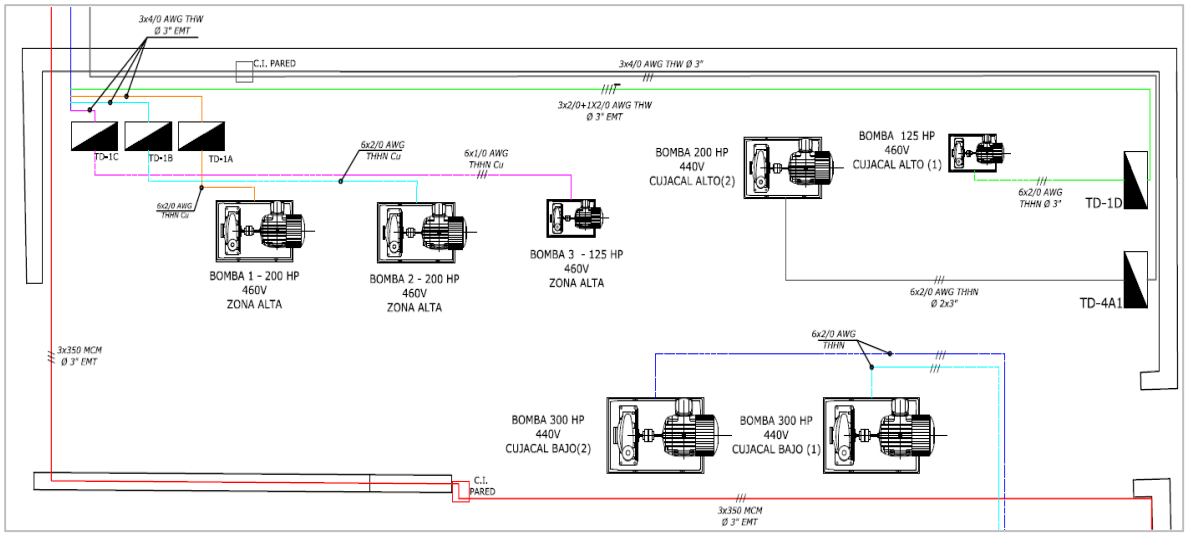
Filtración: Paso del agua clarificada en la sedimentación, a través de un filtro de grava, arena y antracita para remover los sólidos restantes, aún presentes en el agua. Para esta operación se usan dos sistemas, el primero consiste en filtros de autolavado o autolimpiantes; el segundo se conoce como filtro rápido, el cual utiliza una fuente externa para el lavado. Se tiene destinado un transformador de 112,5 kVA dedicado a atender la demanda de dos compresores de 60 HP, los cuales se encuentran controlados mediante un CCM y arrancadores suaves, que aportan a disminuir los picos de corriente durante el encendido de estos equipos. Los equipos operan durante periodos de 5 minutos al día cada uno, luego se mantienen en reposo. En particular estos compresores no almacenan aire, por esto no se puede considerar como una fuente de pérdidas de energía. Dado esto se puede inferir que el sistema presenta un bajo consumo energético.

Desinfección: Se realiza mediante la adición de cloro, el cual se añade de forma controlada para eliminar las bacterias perjudiciales presentes en el agua. Para mover los tanques de cloro gaseoso se utiliza un puente grúa. Esta actividad requiere un bajo consumo de energía eléctrica.

Bombeo: La PTAP CENTENARIO posee un sistema de tanques de almacenamiento de agua potable para la posterior distribución por gravedad a distintos sectores de la ciudad. El tanque de zona alta, localizado en el mismo predio donde se encuentra la Planta, se encarga de suministrar agua a los sectores intermedios de la ciudad. Los tanques de Cujacal Bajo y Cujacal Alto, que se localiza en lo alto de la vereda Cujacal, distribuyen agua a las zonas orientales del municipio de San Juan de Pasto.

Para la predistribución a los tanques se requiere impulsión del líquido por medio de bombas que demandan un alto consumo energético. El despacho de los motores se realiza de acuerdo a la información proveniente del sistema de monitoreo SCADA referente a la cantidad de agua suministrada a la ciudad.

Figura 4-8: Disposición estación de bombeo



Fuente: Elaboración propia con información de Oficina de Producción

En la Figura 4-8 se presenta la disposición de los equipos en la estación de bombeo, se observa que los motores de mayor potencia se han dispuesto de a dos unidades, esto es con el fin de ser alternados en los ciclos de trabajo de llenado de los tanques cada vez que el nivel se encuentre bajo, para posteriormente mantenerlo con los motores de baja potencia. En la Tabla 4-3 se presentan las demandas de potencia por grupo:

Tabla 4-3. Potencia bombas predistribución

TANQUE	ITEM	POTENCIA	TRANSFORMADOR ASOCIADO
ZONA ALTA	BOMBA 1	200 HP	400 KVA SIEMENS
	BOMBA 2	200 HP	400 KVA SIEMENS
	BOMBA 3	125 HP	400 KVA SIEMENS
CUJACAL ALTO	BOMBA 1	200 HP	400 KVA SIEMENS
	BOMBA 2	125 HP	400 KVA MAGNETRON
CUJACAL BAJO	BOMBA 1	300 HP	400 KVA MAGNETRON
	BOMBA 2	300 HP	400 KVA MAGNETRON

Fuente: Oficina de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Cabe resaltar que los transformadores encargados de suministrar energía a este grupo de motores no se encuentran dimensionados para que los de mayor potencia puedan entrar en operación simultánea, es decir, bajo ninguna circunstancia en el transformador

MAGNETRON 400 kVA operarán los dos motores de 300 HP. Sin embargo podrían eventualmente, de acuerdo a la criticidad del nivel y la demanda de agua desde la ciudad, entrar en operación un motor de 200 HP y otro de 125 HP.

Almacenamiento: Se lleva a cabo en los tanques de ZONA MEDIA, ZONA BAJA, ZONA ALTA, CUJACAL ALTO Y BAJO que permiten un suministro sin interrupciones y aseguran reservas de agua tratada.

Distribución: EMPOPASTO S.A. E.S.P cuenta con una red matriz de tuberías que son utilizadas para la distribución de agua potable que permiten que esta llegue a las viviendas y otros establecimientos en la ciudad.

4.7 Componentes de la subestación eléctrica

La subestación eléctrica de la PTAP CENTENARIO recibe energía desde la red de distribución local a 13,2 kV o nivel de Tensión II. El punto de conexión a la red aérea se hace a través de apoyos en poste. Posteriormente se llega hasta la celda de barrajes al interior de la subestación por vía subterránea. Desde este punto se distribuye energía al mismo nivel de tensión al primario de 4 transformadores, los cuales se describen en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Equipos de transformación subestación PTAP CENTENARIO

Tipo de transformador	***Potencia Nominal [kVA]***	***Tensión en Primario V***	***Tensión en Secundario V***	***Marca***
Seco	112,5	13.200	460 / 265	MAGNETRON
Sumergido en Aceite	160	13.200	231 / 133	SIEMENS
Sumergido en Aceite	15	13.200	231 / 133	MAGNETRON
Sumergido en Aceite	400	13.200	453 / 251	MAGNETRON
Sumergido en Aceite	400	13.200	456 / 263	SIEMENS

Fuente: Oficina de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P.

5. Diagnóstico con base en los requisitos de la ISO 50001:2011

La Alta Dirección de EMPOPASTO S.A. E.S.P. comprometida con la mejora continua de su desempeño en la prestación de servicios, el cuidado de la salud y seguridad de sus colaboradores, el cumplimiento de la reglamentación legal vigente y ambientalmente responsable, viene adelantando la implementación un sistema de gestión integral con las Normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 ISO 45001:2018 y el Decreto 1072 de 2015 Sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Esto facilita la implementación del SGEn puesto que ya existen otros sistemas de gestión integrados, principalmente por los elementos en común que comparten estos sistemas [35].

5.1 Auditoria energética

La metodología para realizar el diagnóstico que determina el nivel de implementación del SGEn en la organización se presenta en laTabla 5-1. Para su desarrollo, se tomó como base la guía para la optimización energética en sistemas de tratamiento de agua de la República de Colombia a través del MINVIVIENDA (5) y el manual para la eficiencia energética, evaluación de sistemas de bombeo de agua del Banco Interamericano de Desarrollo – BID [20], la guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía UPME-COLCIENCIAS [36], el Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía SENER-CONUEE [35] y los requisitos de la Norma ISO 50001:2011 [29], con esto se elaboró además, un cuestionario en la herramienta Excel.

Este cuestionario contiene el numeral del requisito, la pregunta para la revisión documental que debe formularse al entrevistado, la evaluación de la documentación disponible, la situación actual de las prácticas desarrolladas en la empresa, que demuestran la implementación del requisito. En esta fase se realizó entrevistas y revisión de registros; para determinar el grado de implementación respecto a la documentación y

a la práctica, medido en porcentaje; el grado de esfuerzo requerido para el cumplimiento del requisito y finalmente las acciones para el cierre de las brechas identificadas en cada uno de los requisitos.

Tabla 5-1: Metodología diagnóstico SGEn

1	Planeación y realización de evaluación del grado de implementación y aplicación de los requisitos de la Norma ISO 50001:2011, mediante visitas a diferentes áreas de EMPOPASTO S.A E.S.P..
2	Análisis del grado de cumplimiento de los requisitos en cuanto a documentación y practica, para calificar el avance frente a cada norma e identificar las brechas que se deben cerrar.
3	Definición del plan de acción que permitirá el cierre de brechas , agrupado en bloque de temas a trabajar.
4	Documentación y presentación de los resultados de diagnóstico para análisis

Fuente: Elaboración propia

Para la calificación del nivel de implementación del SGEn se contemplan la situación actual de la documentación respecto a procedimientos, guías, instrucciones de trabajo, manuales y formatos, así como las acciones tomadas en la práctica, que implican asignación de recursos, seguimiento de indicadores y el diligenciamiento de registros que permitan evidenciar la gestión del SGEN. Los criterios de evaluación se presentan en la Tabla 5-2.

La herramienta diseñada en Excel permite insertar la calificación para cada numeral de la Norma respecto a la documentación y a la práctica, con base en los criterios establecidos. De manera automática la tabla inserta en la celda Grado de Implementación el porcentaje de calificación del numeral, así como un color determinado por el rango de calificación; esto es entre 0% y 25% (Rojo), entre 26% y 50% (Naranja), entre 51% y 75% (Amarillo), entre 76% y 90% (Verde Claro) y entre 91% y 100% (Verde Oscuro). El resumen con el consolidado de los resultados de la calificación del nivel de implementación de los requisitos del SGEn se muestran en un diagrama de Kiviat.

Tabla 5-2. Criterios de evaluación diagnóstico

Valor	Criterios de Documentación	Valor	Criterios para la Práctica
0	No existe evidencia de documentación relacionada con el requisito	0	No se desarrolla en la práctica las acciones establecidas en el requisito
1	Se cuenta con documentos básicos, sin metodología y procedimientos definidos.	1	Se realizan acciones de manera aislada no integradas. Se dispone de registros, pero estos son manejados de manera informal
2	Se cuenta con procedimientos o metodología que no asegura el cumplimiento de los requerimientos establecidos	2	Se realizan acciones de manera sistemática e integrada pero no incluyen la totalidad de los requisitos establecidos. Se han definido y se diligencian lo registros requeridos pero éstos no siempre se diligencian, están incompletos y/o su contenido no responde a lo definido.
3	La documentación cumple en buena parte con los requisitos establecidos y se requieren ajustes menor medida	3	La práctica se realiza y requiere ajustes menores: se evidencia aplicación eficaz y diligenciamiento de registros en la mayor parte de los procesos / áreas / sitios de trabajo donde aplican los requisitos, faltan algunas áreas no críticas.
4	La documentación cumple con los requisitos establecidos, con una metodología y procesos estandarizados	4	La práctica se realiza de manera sistemática sin requerir ajustes; se evidencia aplicación eficaz en todos los procesos / áreas / sitios donde aplica la temática; se llevan los registros requeridos y se aplican los controles.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis de resultados de auditoría energética

Se implementa en todos los niveles organizacionales y del SGI de EMPOPASTO S.A E.S.P la herramienta de diagnóstico diseñada, junto con la metodología propuesta para cada uno de los bloques temáticos de la Norma. Se enfoca el bloque temático de revisión energética únicamente en el caso de estudio de la PTAP CENTENARIO, puesto que este trabajo se limita a este proceso dada la complejidad y gran extensión de la organización.

Al final de cada bloque se presentan los resultados para los numerales del estándar, junto con el consolidado de calificación y se analizan las brechas existentes relacionadas con el cumplimiento de los requisitos, así como también las oportunidades de mejora para el desempeño del SGEn.

5.2.1 Responsabilidad de la alta dirección

En la actualidad el Sistema de Gestión Integral (SIG), compuesto por el Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como el Sistema de Gestión Ambiental, se encuentra en etapa documental y de implementación. La alta dirección se encuentra comprometida con el desarrollo de los sistemas de gestión, para lo cual ha asignado los recursos necesarios para la implementación y la operación. Así mismo ha definido un representante por la dirección y un equipo de apoyo al SIG, conformado por los líderes de los procesos; quienes conocen sus roles y responsabilidades, establecidos en la Resolución 361 del 29 de Junio de 2016, emanada por la entidad. También ha definido una política, objetivos, metas e indicadores para el sistema de gestión integral y se han definido parcialmente sus límites y alcances.

Si bien la alta dirección mantiene vigente el esfuerzo por mejorar continuamente su desempeño energético, no se observa un compromiso determinado en la implementación del SGEn; en cuanto a la documentación, las calificaciones mostradas en la Tabla 5-3, son el resultado de la revisión y análisis de documentos de otros sistemas de gestión que se pueden integrar dada la correspondencia que tiene la ISO 50001 con los otros estándares ISO. La mayoría de los requisitos tienen un grado aunque sea mínimo de documentación, excepto lo referente a la planificación energética a largo plazo que requiere el desarrollo documental completo que involucre todos los procesos definidos por la organización.

La implementación para este bloque temático es inexistente, dado que el grado de desarrollo del SGEn, se encuentra en etapa de diagnóstico. Se espera que una vez el SGI haya alcanzado el grado de madurez suficiente, al menos un año, pueda iniciar a desarrollar actividades que lleven a la operación continua de la gestión de la energía.

Tabla 5-3. Diagnóstico Numeral 4.2 Responsabilidad de la Dirección

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.2.1	**COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN** Se ha definido, establecido, implementado y se mantiene una política energética	1	0	18%	82%
	Se ha designado un representante de la dirección y aprobado la creación de un equipo de gestión de la energía;	2	0		
	Se suministran los recursos necesarios para el SGEn y el desempeño energético resultante;	1	1		
	Se ha identificado el alcance y los límites del SGEn;	1	0		
	Se ha comunicado la importancia de la gestión de la energía dentro de la organización;	1	0		
	Se tienen establecidos los objetivos y metas energéticas; los IDEn son apropiados para la organización;	1	0		
	Se ha considerado el desempeño energético en una planificación a largo plazo;	0	0		
	Los resultados se miden y se informa de ellos a intervalos determinados	2	2		
	Se llevan a cabo las revisiones por la dirección.	1	0		
4.2.2	**REPRESENTANTE POR LA DIRECCIÓN** Se ha designado un representante por la dirección con responsabilidades específicas en el SGEn	1	0	13%	88%
	Se han identificado a las personas, con la autorización por parte del nivel apropiado de la dirección, para trabajar con el representante de la dirección en el apoyo a las actividades de gestión de la energía;	1	0		

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

Aunque no se cuenta con un Representante por la Dirección para el SGEn y un Equipo de Gestión de la Energía, resulta relativamente fácil la asignación de responsabilidades al equipo establecido al tener definidos previamente los roles y obligaciones para otros sistemas de gestión. Así mismo puede tomarse como referencia la asignación de recursos para los otros sistemas e incluir las actividades para el SGEn y el desempeño energético resultante.

5.2.2 Política energética

La revisión documental al SIG muestra que se ha formulado una política que contiene los compromisos adquiridos por la organización referente a los sistemas de gestión antes mencionados. Sin embargo no existe evidencia de la formulación de una política

energética apropiada con la prestación del servicio de agua potable que desempeña la organización. En la Tabla 5-4 la se ha asignado a la calificación documental el valor mínimo, puesto que se observa el empeño de la alta dirección con la gestión de la energía, con la implementación de energías renovables para las plantas de tratamiento de agua potable de CENTENARIO, MIJITAYO y SAN FELIPE, la implementación de programas de gestión de la energía, así como también un compromiso incluido en la política del SGA con el uso racional de la energía en las sedes administrativas. De la misma forma se asigna esta calificación dado que se pueden establecer los compromisos de la organización para el SGEn a partir de la política previamente formulada.

Tabla 5-4. Diagnóstico Numeral 4.3 Política Energética

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.3	**POLITICA ENERGÉTICA** Se tiene definida y documentada una politica energética	1	0	1%	99%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001: 2011[29].

5.2.3 Planificación energética

La planificación estratégica de la operación de la organización se tiene documentada en el Plan Estratégico 2017-2020 Agua para Toda la Vida [41], adoptado mediante la Resolución 044 de Enero 27 de 2017, cuyo objetivo consiste en Mejorar la Gestión Integral del Agua y el Territorio, adoptando el Enfoque Territorial a partir de la Región Hídrica del Valle de Atriz, que permita disponer de agua suficiente y con calidad adecuada en el municipio de Pasto. El requisito del estándar es categórico al mencionar que la organización debe documentar un proceso de planificación energética, coherente con la política energética y que cuyas acciones conduzcan a la mejora continua de su desempeño energético que tenga el alcance suficiente para la gestión energética de la PTAP CENTENARIO. Sin embargo la organización en la actualidad no cuenta con este

documento, por lo que en la Tabla 5-5 para el numeral 4.4.1 se asigna un nivel de calificación bajo para el grado de desarrollo documental y practico.

Tabla 5-5. Diagnóstico Numeral 4.4.1 y 4.4.2 Planificación Energética

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.4.1	**GENERALIDADES PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA** Se lleva a cabo y se tiene documentado un proceso de planificación energética.	1	0	13%	87%
4.4.2	**REQUISITOS LEGALES Y OTROS REQUISITOS** Se tienen identificados, implementados y se tiene acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba.	3	3	75%	25%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

Para la identificación y vigilancia de los requisitos legales aplicables a la organización se cuenta con un procedimiento documentado, en el que se establece la metodología para su identificación, seguimiento, control y auditoria periódica una vez cada seis meses a cargo de la Oficina de Gestión Jurídica. Para el SGC, SG-SST y para el SGA se tienen identificados los requisitos de ley, los internos y los relativos a los clientes mediante el registro matriz de identificación requisitos legales. No se tienen identificados la totalidad de los requisitos legales aplicables, referentes a la gestión de la energía, tales como el RETIE, Ley 1715 de 2015, Resolución CREG 032 de 2018. En la Tabla 5-5 para el numeral 4.4.2 se ha asignado la calificación para el grado de documentación e implementación en 75% dado que a partir de esta matriz existente pueden ser fácilmente identificados y vigilados los requisitos aplicables al SGEn.

5.2.4 Revisión energética

Se han destinado esfuerzos por parte de la alta dirección de EMPOPASTO S.A. E.S.P para determinar el desempeño energético de la PTAP CENTENARIO por medio de una revisión energética, orientada a la identificación de oportunidades de mejora, mediante la consultoría de diagnóstico del sistema eléctrico para las sedes de la organización realizada en el año 2017.

Tabla 5-6. Diagnóstico Numeral 4.4.3 Revisión Energética

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.4.3	**REVISIÓN ENERGÉTICA** Se tiene documentada una metodología para la revisión energética, se desarrolla, se mantiene y se registran sus resultados y se actualiza a intervalos definidos	0	0	6%	94%
	Se analiza el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos, identificando las fuentes de energía actuales; evaluando el uso y consumo pasados y presentes de la energía;	1	0		
	Se identifican las áreas de uso significativo de la energía tales como instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de, la organización y otras variables pertinentes; y se determina el desempeño energético actual de las instalaciones, equipamiento, sistemas y procesos relacionados con el uso significativo de la energía; y se estima el uso y consumo futuros de energía;	1	0		
	Se identifica, prioriza y se registran oportunidades para mejorar el desempeño energético.	0	0		

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

En este estudio se levantaron y actualizaron los diagramas unifilares, planos eléctricos y de detalle; se realizó la identificación de cargas significativas, inventario de equipos, mediciones de calidad de la potencia en las acometidas principales, estudios de coordinación de protecciones y planes de acción para la mejora. Aunque se cuenta con la información primaria, no se ha determinado la metodología para la revisión energética acorde a los requisitos del estándar y que incluya actualizaciones en periodos determinados, por lo que en la Tabla 5-6 el grado de desarrollo para documentación y práctica se encuentra en cero.

a) Usos y consumos de la energía

La PTAP CENTENARIO recibe energía a través del sistema de distribución eléctrico del OR local en nivel de Tensión II a 13,2 kV, con sistema de medición indirecta para este nivel de tensión.

El equipo de medida es controlado remotamente desde el Centro Local de Control de CEDENAR S.A. E.S.P. y se emite facturación mensual del consumo, junto con la matriz de consumo para este nodo en particular, estos datos permiten visualizar los consumos horarios de energía eléctrica durante el periodo. Esta matriz no es suficiente para realizar

un análisis acertado sobre los consumos pasados y presentes de energía eléctrica de la planta puesto que abarca todo el sistema en general y como puede verse en la Tabla 5-7, existen otros subsistemas asociados a la operación que deben considerarse por separado puesto que la energía debe ser transformada a Nivel de Tensión I, por lo cual en la Tabla 5-6, se ha asignado la calificación mínima para este numeral del estándar.

Tabla 5-7. Equipos de transformación energía eléctrica

EQUIPOS DE TRANSFORMACIÓN PTAP CENTENARIO												
DENOM	UBICACIÓN	MARCA	SERIE	CAPACIDAD KVA	TENSIÓN	TIPO	ENFRIAM	CONEXIÓN	CORR. NOM.		NIVEL AISLAM	AÑO
									PRIM.	SECUN.		
T1	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO ZONA ALTA Y CUJACAL ALTO	SIEMENS	429602	400	13200/456-263V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN	ONAN ACEITE	Dyn5	17.5	506	Ao	2017
	OBSERVACION	LIQUIDO AISLANTE: ACEITE MINERAL TEMP AMB: 65 °C ALTITUD: 1000m NORMA: ICONTEC CORRIENTE CC: 12,16 KA TIEMPO CC: 2s										
T2	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO PRODUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN	SIEMENS	4655404	160	13200/231-133V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN	AUTO REFRIGERADO	DY5	7.0	400	Ao	1969
	OBSERVACION	LIQUIDO AISLANTE: ACEITE MINERAL TEMP AMB: 40 °C ALTITUD: 1000m NORMA: IEC Publ. 76 TENSION CC: 6.28% CORRIENTE CC: 9.5 KA TIEMPO CC: 2,3s										
T3	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO PLANTA DE EMERGENCIA	TPL	10800	112.5	440/208-120V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN	ONAN	DY5	147.6	312.3	Ao	1978
	OBSERVACION	TIPO ACEITE: MINERAL TEM AMB: 40 °C ALTITUD: 1000m NORMA: ICONTEC Y ANSI TENSION CC: 2,57% CORRIENTE CC: 7,8 KA TIEMPO CC: 2s										
T4	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO CUJACAL BAJO	MAGNETRON	16411-93	400	13200/452-261V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN	ONAN	DY5	17.5	506	Ao	1993
	OBSERVACION	TIPO ACEITE: MINERAL TEM AMB: 40 °C ALTITUD: 1000m NORMA: ANSI TENSION CC: 4,45% CORRIENTE CC: 11,48KA TIEMPO CC: 2s										
T5	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO SOPLADORES	MAGNETRON	299399	112,5	13200/460-265V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN	AN	Dyn5	4,32	141,2	H	2014
	OBSERVACION	TIPO REFRIGERACIÓN: SECO TEM AMB: 40 °C ALTITUD: 2500m NORMA: ICONTEC Y ANSI %Zcc: 5,4% CORRIENTE CC: 2,62KA TIEMPO CC: 2s										
T5	SUBESTACION PRINCIPAL TRAFO UPS EN POSTE	MAGNETRON		15	13200/231-133V 3 Φ	DISTRIBUCIÓN						
	OBSERVACION	LOS DATOS DE PLACA NO SE PUEDEN TOMAR DEBIDO A QUE EL TRAFO SE ENCUENTRA EN POSTE. LOS DATOS QUE APARACEN FUERON SUMINISTRADOS POR EL TECNICO DE LA PLANTA.										

Fuente: Elaboración propia con información de placas de transformadores

Tabla 5-8. Grupos electrógenos PTAP CENTENARIO

DATOS	GENERADOR ELÉCTRICO PLANTA DE TRATAMIENTO	GENERADOR ELÉCTRICO AXILIAR ADMINISTRACION
UBICACION	SUBESTACION PRINCIPAL	CASETA PLANTA AUXILIAR
FABRICANTE	CATERPILLAR	OLYMPIAN
SERIAL	AFN-04298	143997/03
MODELO	C27	SIN INFORMACIÓN
REFERENCIA	SIN INFORMACIÓN	1.024.913/B
FRAME	597	LA1014H
AÑO	2012	06/04/2009
KVA	1000	12,5
FASE	3	3
RPM	1800	1800
TENSIÓN	440	220
CORRIENTE (A)	1199	30
FACTOR POTENCIA	0,8	0,8
OPERACIÓN (HZ)	60	60
AISLAMIENTO	H	H
ACPM (GLS)	-	-

Fuente: Elaboración propia con información de placas de generadores

Por otro lado, se cuenta con dos grupos electrógenos mostrados en la Tabla 5-8, que respaldan las emergencias frente a la ausencia de energía suministrada por el Operador de Red, por lo que además se presentan consumos de combustible durante estos eventos, a los cuales no se les realiza un seguimiento mediante registros o equipos de medición. Dado que este energético no hace parte de las operaciones cotidianas de producción, no se profundiza sobre la gestión que debe hacerse a esta fuente.

De esta forma, el esfuerzo para la gestión de los indicadores, metas y objetivos de las fuentes de energía presentes en la planta debe enfocarse en el recurso de energía eléctrica, pues representa el principal componente energético para los procesos desarrollados en la planta de tratamiento, tanto a nivel administrativo como de producción.

b) Usos significativos de la energía

La determinación de la demanda en potencia de los equipos y tableros se realizó mediante el registro de datos de las placas características, el uso de un analizador de redes propiedad de la UNIVERSIDAD DE NARIÑO y la información suministrada por la Oficina de producción y Mantenimiento.

Los procesos desarrollados en la PTAP CENTENARIO a nivel general se muestran en la Figura 5-1, cada uno de ellos demanda una cantidad de energía eléctrica que determina el consumo global medido en la frontera comercial con el operador de red. Los símbolos de rayo sobre cada uno de los diagramas de las actividades representan el consumo de energía eléctrica, cada color corresponde a un nivel de gasto energético: Amarillo – Bajo, Naranja – Medio y Rojo – Alto; para los casos en los que no se requiere energía eléctrica no se ha incluido ningún distintivo.

La captación de agua no implica demanda energética para el sistema eléctrico, puesto que se hace por la fuerza de gravedad, que moviliza el líquido hasta el canal abierto de conducción de la planta de tratamiento. Si la bocatoma principal presenta una emergencia, que puede ser relativa a la alta turbiedad del agua u obstrucción del canal de conducción aguas arriba de la planta, inmediatamente se activa el uso de la conducción proveniente del tanque Cruz de Amarillo, en este caso, el gasto energético es muy elevado, pues el líquido se bombea desde el Trasvase Rio Bobo, que acciona una bomba de 1200 HP de potencia. Esta situación se referencia a modo de contexto, pero el análisis no se incluye dentro del alcance de este estudio, por tratarse de una instalación diferente en la infraestructura de la entidad.

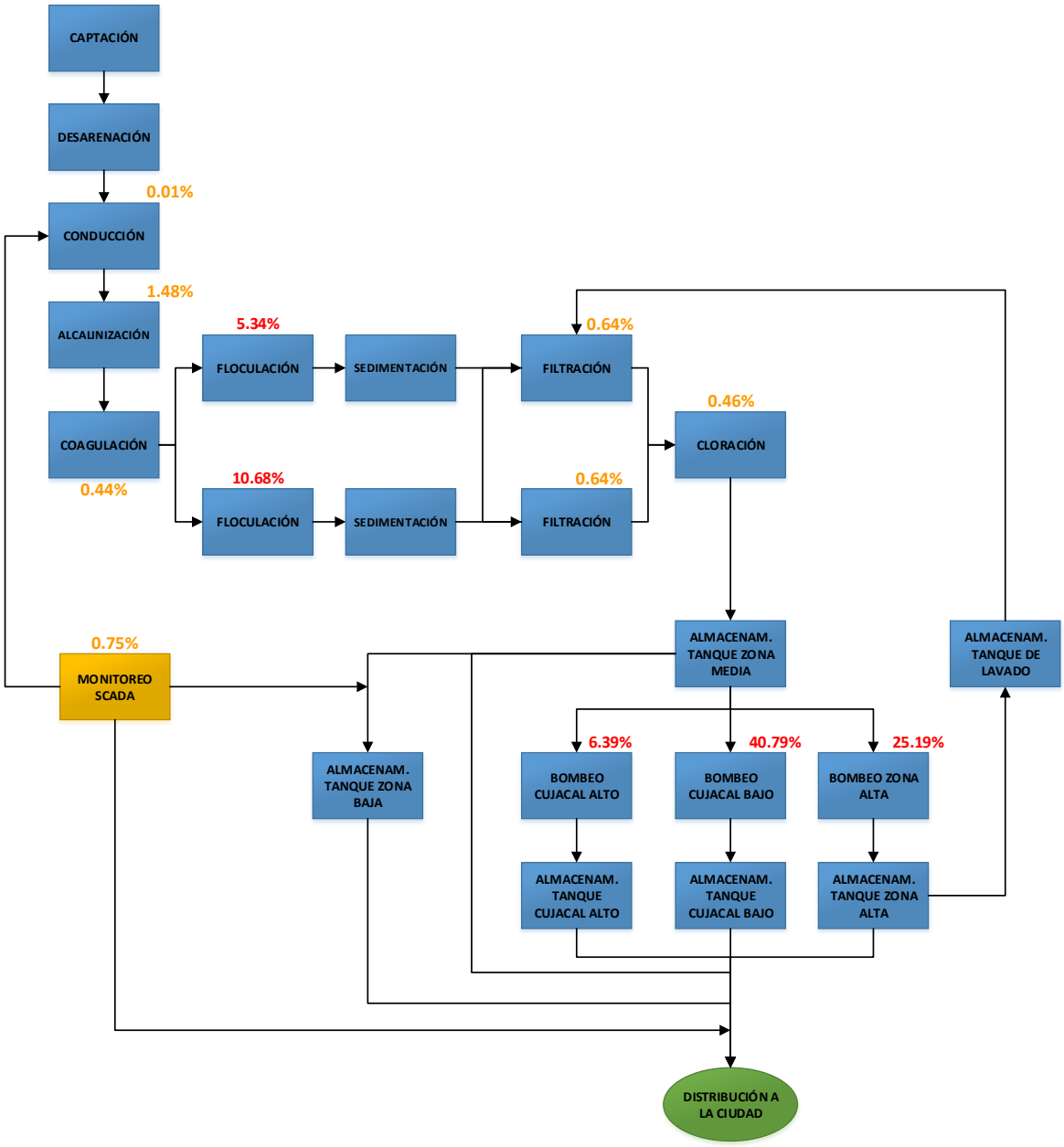
La producción contempla tres actividades que son:

- Tratamiento
- Laboratorios
- Administración

El tratamiento realizado al agua cruda para su potabilización inicia con la recepción del líquido proveniente de la bocatoma, por medio del canal de conducción, pasando por la cámara Parshall y llegando hasta los tanques de dosificación de coagulante, en esta etapa se registra mediante equipos de medida el caudal de entrada en l/s, que determina

el nivel de tratamiento requerido para su potabilización. Cabe resaltar que la cantidad de agua que ingresa a la planta es mayor que la finalmente distribuida a la ciudad, dado que cierta cuantía se utiliza para actividades de lavado, o atención de contingencias en la planta.

Figura 5-1: Proceso producción agua potable PTAP CENTENARIO



Fuente: Elaboración propia, con información de la Oficina de Producción.

La energía eléctrica que demanda esta etapa la suministran los transformadores T-1 y T-5 mostrados en la Tabla 5-7, los cuales se encuentran en un estado de operación y cargabilidad aceptable, de acuerdo a los análisis de calidad de potencia realizados en la consultoría de diagnóstico del sistema eléctrico de las sedes de EMPOPASTO S.A. E.S.P desarrollada en el año 2017.

Los equipos con uso significativo de energía para esta etapa están relacionados en la Tabla 5-9 y corresponden a los 18 motores de 3HP del área de floculación que funcionan simultáneamente, los cuales se operan mediante un CCM y variadores de frecuencia que permiten controlar la velocidad y la potencia de cada conjunto de motores de acuerdo a las necesidades del proceso de tratamiento, esto es, a menor grado de tratamiento en los tanques de floculación mayor velocidad y potencia de salida. Estas actividades demandan un elevado consumo de energía por lo que deben establecerse acciones para la gestión del energético.

Cabe resaltar que dependiendo de la demanda de la ciudad se llegan a tratar hasta 650 l/s, sin embargo esta situación no afecta significativamente el gasto energético, dado que los equipos en esta etapa se mantienen demandando energía durante las 24 horas del día. De la misma forma se registra la operación alterna de dos compresores de 15 HP cada uno que actúan para el proceso de alcalinización, una bomba de 30 HP que actúa durante las actividades de lavado de tanques y filtros, la iluminación perimetral con 16,4 kW, controlada desde el tablero de distribución TD–2A6 y los dos compresores de 60 HP controlados desde el trasformador T-5, los cuales tiene un gasto energético elevado y deben realizarse controles específicos para su gestión.

Los laboratorios manejan equipos sensibles y de refrigeración que deben permanecer encendidos durante las 24 horas del día mediante la energía suministrada por el T-2 y el T-5 tanto potencia normal como regulada, por lo que se registra un consumo moderado de energía. La administración maneja equipos de cómputo y vigilancia que permanecen encendidos mientras se desarrolla la jornada laboral, por lo que presentan un consumo energético bajo.

La predistribución consiste en llevar agua potable desde la planta de tratamiento, hasta tanques de almacenamiento para la distribución final a los diferentes sectores de la ciudad. A los sistemas de almacenamiento de Zona Baja y la Zona Media ingresa el agua

por medio de gravedad, lo que significa que no tienen gasto energético. Mientras que la Zona Alta, recibe agua potable por medio de bombeo desde el tanque de Zona Media, para esta operación se cuenta con dos bombas de 200HP y una de 125HP controladas por arrancadores suaves, las cuales no operan simultáneamente, sino de acuerdo a las necesidades de despacho, lo que significa una demanda energética alta. Actualmente se llevan los registros de las horas de operación de cada una de las bombas, con los cuales es posible determinar a nivel general los consumos diarios de estos equipos.

Así mismo, los tanques de Cujacal Alto, reciben agua por medio de una bomba de 200 HP y otra de 125 HP cada una controladas por arrancador estrella – triángulo; para Cujacal Bajo se usan dos bombas de 300 HP cada una, controladas mediante variadores de frecuencia, las cuales no operan simultáneamente, sino de acuerdo a las necesidades de despacho. Como puede verse en la Figura 5-2, las bombas de 300 HP representan el mayor consumo de energía para la planta, por lo que se deben establecer los controles necesarios a este sistema para la gestión eficiente de la energía.

El mayor gasto energético se presenta en la etapa de predistribución y la constituyen los motores que operan con energía eléctrica, en la Figura 5-2 puede verse el consumo en kW/h/mes y el porcentaje de aporte en consumo acumulado perteneciente a todas las operaciones de la planta que incluyen los equipos y los tableros de distribución, sin embargo no es posible determinar la incidencia del personal que trabaja para o en nombre de la organización sobre el desempeño energético de los procesos, debido a que no se han establecido los controles sobre el equipamiento asignado a cada puesto de trabajo y las responsabilidades sobre el SGEn para cada cargo.

Como puede evidenciarse en la Figura 5-2, el gasto energético se concentra en procesos desarrollados con equipos, principalmente en la predistribución de agua potable a la ciudad, los cuales se accionan de acuerdo a las necesidades de despacho de líquido.

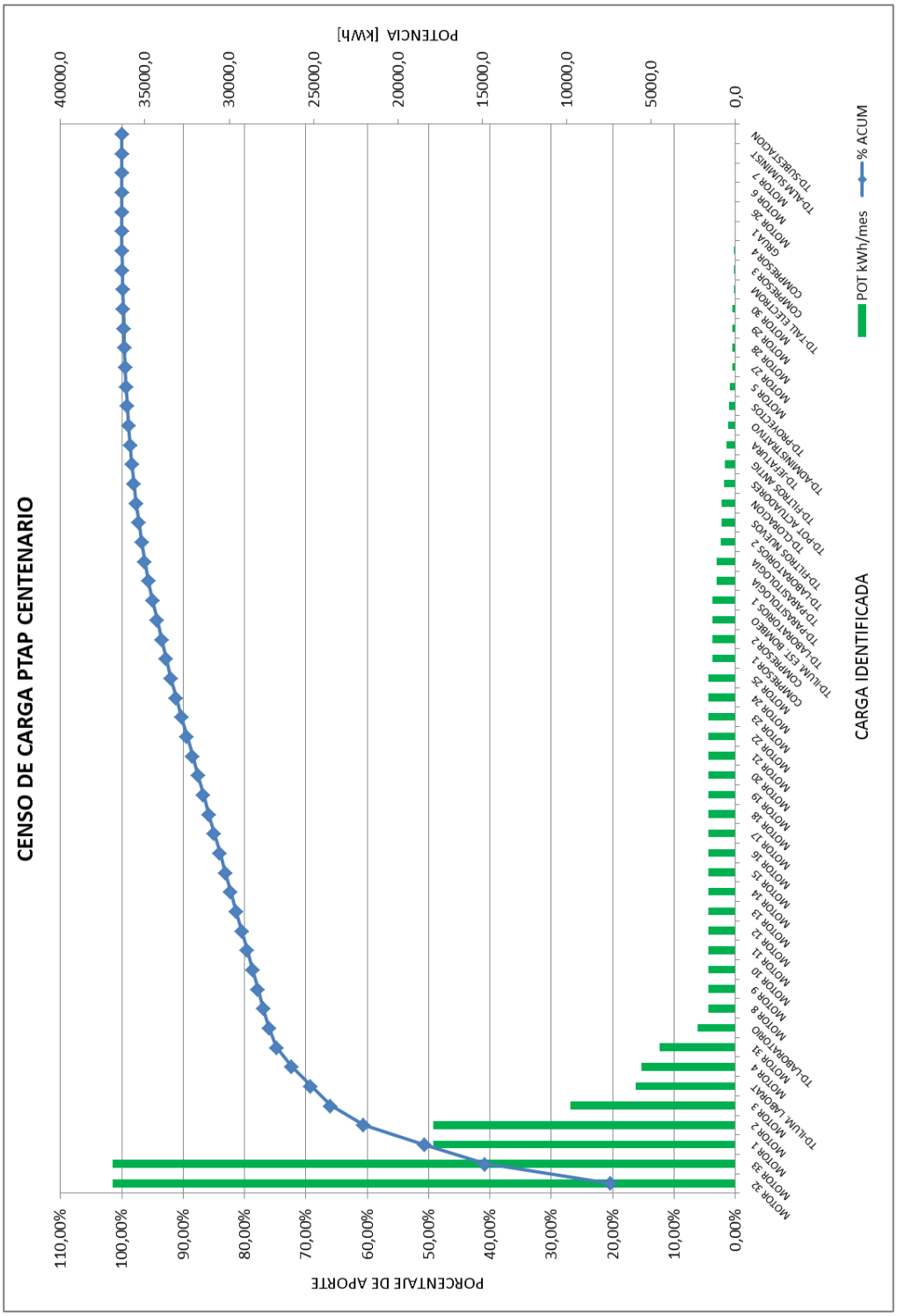
Durante la etapa de planificación del SGEn, deben considerarse las expansiones programadas a la planta y que afecten a futuro el desempeño energético, para lo cual deben definirse programas, metas e indicadores que permitan establecer controles eficaces al consumo de energía.

Tabla 5-9: Matriz de USEn PTAP CENTENARIO

TRANSF	TABLERO	USEn	UBICACIÓN	POTENCIA [KW/h] Mes	% CONSUMO	ESTADO DE LA MEDICIÓN		LINEA DE BASE		VARIABLE SIGNIF	
						Exis	Prop	SI	NO	Defi	Und
T-1 400 KVA 13200/456-263V 3φ	TG-1	MOTOR 1	IMPULSIÓN ZONA ALTA 1	17904,00	9,89%		X		X	BOMBEO	M3
		MOTOR 2	IMPULSIÓN ZONA ALTA 2	17904,00	9,89%		X		X	BOMBEO	M3
		MOTOR 3	IMPULSIÓN ZONA ALTA 3	9791,25	5,41%		X		X	BOMBEO	M3
		MOTOR 4	IMP. CUJACAL ALTO 1	5595,00	3,09%		X		X	BOMBEO	M3
T-2 160 KVA 13200/230-132V 3φ	TD-2A8	MOTOR 5	BOMBA DE LAVADO	335,70	0,19%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A9	MOTOR 6	MOTOR COMPUERTA 1	11,19	0,01%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 7	MOTOR COMPUERTA 2	11,19	0,01%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A1	TD-LABORATORIO	LAB. DE AGUAS	2238,00	1,24%		X		X	PRODUC	M3
		COMPRESOR 1	LAB. DE AGUAS	1342,80	0,74%		X		X	PRODUC	M3
		COMPRESOR 2	LAB. DE AGUAS	1342,80	0,74%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A2	MOTOR 8	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 9	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 10	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 11	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 12	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 13	FLOCULADORES 1	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 14	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 15	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 16	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 17	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 18	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 19	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 20	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 21	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 22	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 23	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 24	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 25	FLOCULADORES 2	1611,36	0,89%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A3	TD-CLORACION	AREA DE CLORACIÓN	805,68	0,44%		X		X	PRODUC	M3
		GRUA 1	AREA DE CLORACIÓN	33,57	0,02%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 26	DESCARGA PAC	13,43	0,01%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A4	TD-JEFATURA	OF. JEFE DE PRODUC	537,12	0,30%		X		X	PRODUC	M3
	TD-2A5	MOTOR 27	DEPOSITO PAC	201,42	0,11%		X		X	PRODUC	M3
		MOTOR 28	DEPOSITO PAC	201,42	0,11%		X		X	PRODUC	M3
T-3 112,5 KVA 13200/460-265V 3φ	TG-3	COMPRESOR 3	CUARTO SOPLADORES	111,90	0,06%		X		X	PRODUC	M3
		COMPRESOR 4	CUARTO SOPLADORES	111,90	0,06%		X		X	PRODUC	M3
T-4 400 KVA 13200/452-261V 3φ	TD-4A1	MOTOR 31	IMP. CUJACAL ALTO 2	4476,00	2,47%		X		X	BOMBEO	M3
	TD-4B1	MOTOR 32	IMP. CUJACAL BAJO 1	36927,00	20,40%		X		X	BOMBEO	M3
		MOTOR 33	IMP. CUJACAL BAJO 2	36927,00	20,40%		X		X	BOMBEO	M3
T-6 15 KVA 13200/220-108V 3φ	TG-6	TD-PROYECTOS	PROYECTOS	402,84	0,22%		X		X	PRODUC	M3
		TD-ADMINISTRATIVO	ADMINISTRACION	447,60	0,25%		X		X	PRODUC	M3
		TD-LABORATORIOS 1	LABORATORIO AGUAS	1342,80	0,74%		X		X	PRODUC	M3
		TD-LABORATORIOS 2	LAB. PARASITOLOGIA	895,20	0,49%		X		X	PRODUC	M3
				181056	100,0%						

Fuente: Elaboración propia con información de Oficina de Producción

Figura 5-2: Pareto censo de carga



Fuente: Elaboración propia

c) Variables relevantes que afecten el uso y el consumo de la energía

Una de las variables significativas que afecta el consumo de energía en la planta está relacionada con la demanda de agua de cada uno de los sectores de la ciudad, esto pudo verse a nivel general en el análisis de la información de distribución de agua potable del año 2017 para cada uno de los sistemas versus el consumo de energía medido en la frontera comercial a nivel de tensión II.

No existe un análisis concreto sobre otras variables que afectan los usos significativos de la energía, puesto que no se cuentan con datos suficientes que aporten información sobre cada uno de los sistemas y estas deben ser valoradas una vez se realice la etapa de planificación del SGEn.

d) Oportunidades de mejora del desempeño energético

Desde el año 2010 se vienen desarrollando proyectos tendientes a la mejora de las operaciones y del desempeño energético de la PTAP CENTENARIO, los cuales pueden ser incluidos dentro del documento manual del SGEn como evidencia de implementación. Algunos ejemplos de los proyectos ejecutados son:

- Modernización del sistema de bombeo de Cujacal Bajo con bombas de alta eficiencia y variadores de frecuencia.
- Modernización del sistema de Bombeo de Zona Alta con bombas de alta eficiencia y arrancadores suaves.
- Optimización del sistema de floculadores con CCM y variadores de frecuencia.
- Optimización de unidades de filtración.
- Optimización del sistema de lavado de tanques.
- Reemplazo de luminarias exteriores tipo incandescente y metalhalide por tecnología LED.

Actualmente se está desarrollando los estudios de factibilidad de un proyecto para la generación de 135 kWp con un sistema on-grid de energía solar fotovoltaica que puede aportar a la reducción del 9% del consumo de energía proveniente de la red de CEDENAR S.A E.S.P. Así mismo se está desarrollando los estudios de prefactibilidad para un proyecto de cogeneración hidráulica con turbinas instaladas en la conducción desde el Tanque de Zona Media hacia Zona Baja.

a) Línea base energética e indicadores del desempeño energético

La producción de agua en m^3 se registra en los informes mensuales presentados por la Oficina de Producción, para el caso de estudio se recopilaron los datos del año 2017 de la cantidad de agua tratada medida en la cámara Parshall y la que finalmente se suministra a la ciudad, por ser el año que tiene una compilación de datos de todos los meses, contrario a 2016 en el cual se inició con el control desde el mes de Agosto. El agua distribuida a la ciudad se discrimina por cada grupo de tanques, esto es agua suministrada en metros cúbicos (m^3), en Zona Alta, Zona media, Zona Baja, Corazon de Jesús, Cujacal Alto y Bajo.

Se revisa la información de los equipos de medida de nivel de tensión II en la frontera comercial del operador de red en el sistema eléctrico de potencia que suministra energía a la subestación de la planta. Se cuenta con un sistema de medida tipo indirecto a 13,2 kV con transformadores de potencial de 13,2 kV/115V y transformadores de corriente de 50-100/5 A con un equipo de medición remota tipo activa-reactiva Clase 0.5s, el cual puede reportar datos horarios del consumo de energía en kilowattios hora (kW/h) y kVAr/h en el sistema global de la planta por medio de las matrices de consumo emitidas por el comercializador.

De los informes de producción de agua del año 2017 se toman las variables relacionadas con la cantidad de agua suministrada en m^3 a la ciudad que presentan consumo de energía eléctrica, esto es bombeo hacia Zona Alta, Cujacal Alto y Cujacal Bajo. Aunque el proceso de tratamiento requiere energía eléctrica, los datos consignados en el informe relativos a la cantidad de agua tratada no se tienen en cuenta, puesto que se verifica que es mayor que la cantidad finalmente suministrada a la ciudad, esto se debe a que parte del agua tratada se utiliza para lavado de tanques y para atender las emergencias presentadas dentro de la planta.

Se plantea como método para corroborar la correlación de las variables de predistribución en m^3 y la energía requerida en kW/h por cada unidad, la cuantificación mediante el Coeficiente de Pearson (r), la cual se realiza mediante la ecuación (5.1) mostrada en :

$$-1 \leq r = \frac{Cov(X,Y)}{S_X S_Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})*(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}*\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2}} \leq 1 \quad (5.1)$$

Cuando la correlación de los datos es lineal directa, el valor de r se aproxima a 1, cuando se aproxima a -1 la correlación es lineal inversa y cuando su valor tiende a 0 los datos no presentan correlación. Valores de ***r*** entre 0 y ± 0.5 presentan una correlación débil, mientras que los valores entre ± 0.5 y ± 1 presentan una correlación fuerte [42]. Se espera que los datos obtenidos se encuentren en el rango de correlación fuerte para proceder a plantear la línea base energética.

Para interpretar el coeficiente de correlación se eleva al cuadrado su valor y se calcula el coeficiente de determinación. Este valor, rxy^2 es la cantidad de varianza de una variable que se explica por la otra. En otras palabras, este coeficiente permite estimar la cantidad de varianza que se puede explicar en una variable examinando la cantidad de varianza de la otra variable [42]. Se pueden considerar adecuadas, a los efectos de los análisis energéticos, magnitudes del coeficiente de determinación $r^2 \geq 0{,}75$. Valores inferiores indican una débil correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión, y, por tanto, el índice de consumo formado por el cociente entre la energía y la producción no refleja adecuadamente la relación existente entre las variables consumo energético y la actividad productiva de la entidad [32].

Con esta información se procede a realizar los cálculos de los coeficientes para la determinación de la correlación de los datos. Inicialmente se toman los datos de energía en kW/h desde la matriz horaria de consumo desde el 1 de Enero de 2017, hasta el 31 de diciembre del mismo año, emitida por el Centro Local de Control CLC del comercializador CEDENAR S.A E.S.P. (Ver ***Anexo C***) y se consolidan para cada uno de los días del año a fin de cruzarlos con los datos de producción diaria de agua potable de los informes suministrados por la oficina de Producción para el año (Ver ***Anexo B***). Para asegurar la exactitud de la correlación, en los reportes diarios de consumo de energía, se rectifican y eliminan los datos atípicos en los cuales se reportan valores cero durante parte de los periodos horarios, puesto que para estas emergencias entran en operación los grupos electrógenos mostrados en la Tabla 5-8.

Tabla 5-10. Determinación de coeficientes

Coeficiente	Valor
Coef. Pearson ***r***	38%
Det. r^2	15%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-10, muestra los resultados del cálculo de los coeficientes de correlación. Puede observarse que el coeficiente de Pearson ***r*** tiene un valor de 38% lo que indica que estos tienen una correlación débil. De la misma forma para r^2 se tiene un valor de 15% lo que indica que la cantidad de varianza de los datos no es adecuada para el planteamiento de la línea base energética.

La información adquirida sobre el consumo energético no es útil para la formulación de la línea base energética dado que los reportes se emiten en conjunto, tomando como base la frontera comercial que engloba todos los equipos de transformación de la subestación eléctrica, de este modo no es posible plantear la curva de producción en m^3 versus energía requerida en kW/h dado que un equipo de transformación puede alimentar varios procesos como lo mostrado en la Tabla 5-9.

Las acometidas parciales asociadas a cada tablero de distribución consumen diferentes cantidades de potencia eléctrica ligadas a actividades independientes tanto para producción de agua, administración, laboratorios, como para bombeo hacia tanques de predistribución lo cual dificulta aún más la determinación de una línea base energética global. Actualmente no se cuenta con sistemas de medición sectorizada que permitan cuantificar el consumo energético de cada proceso por lo que tampoco se pueden formular líneas de base energética de los procesos de producción de agua y predistribución ni los indicadores del desempeño energético IDEn's.

Tabla 5-11. Diagnóstico numerales 4.4.4 y 4.4.5

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.4.4	**LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA** Se tiene establecido la línea de base energética y se miden los cambios en el desempeño energético con relación a la línea de base energética y se mantienen los registros de su desempeño	0	0	0%	100%
4.4.5	**INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO (IDEns)** Se tienen identificados los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético, y se tiene documentada la metodología para determinar y actualizar los IDEns y se revisa regularmente. Los IDEns se revisan y se comparan con la línea de base energética	1	0	13%	88%
4.4.6	**OBJETIVOS ENERGÉTICOS, METAS ENERGÉTICAS Y PLANES DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA** Se tiene establecido, implementado y se mantienen objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones, se establecen plazos para el logro de los objetivos y metas y son coherentes con la política energética. Las metas son coherentes con los objetivos.	1	0	4%	96%
	Para el establecimiento y revision de los objetivos y metas,se tienen en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético y se consideran sus condiciones financieras, operacionales y comerciales así como las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas.	0	0		
	Se tienen establecidos, se implementan y mantienen planes de acción para alcanzar los objetivos y metas. que incluyen: la designación de responsabilidades; los medios y los plazos previstos para lograr las metas individuales; una declaración del método mediante el cual se verifica la mejora del desempeño energético; una declaración del método para verificar los resultados. Y estos planes de acción se documentan y se actualizan a intervalos definidos.	0	0		

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

No se tiene evidencia de formulación de los indicadores del desempeño energético ni objetivos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía, sin embargo en la Tabla 5-11, se ha asignado esta calificación puesto que existen objetivos, metas, planes de acción y fichas de los indicadores para el SGI que pueden ser tomados como base para su formulación en el SGEn y que permitan medir el desempeño energético de la PTAP CENTENARIO.

5.2.5 Implementación y operación

Para la implementación y operación del SGEn se busca que se desarrollen las actividades planificadas en la etapa documental, se registren sus resultados, y se realice la medición de los indicadores, objetivos, metas y programas junto con la asignación de recursos, plazos y responsables, así como también, que se vincule al personal de todos los niveles de la organización con los compromisos adquiridos para el SGEn y el SGI mediante procesos de sensibilización y capacitación a fin de que la entidad logre alcanzar la mejora continua en su desempeño energético.

La comunicación es la parte más importante en la implementación del SGEn, para esto, la organización tiene documentado un procedimiento de Comunicación Interna que establece las disposiciones para estandarizar las herramientas que controlan las actividades y la gestión de comunicaciones internas y externas, así como la intervención de los comunicadores frente a las relaciones de la empresa con los medios, comunidad e instituciones. Para el caso del SGI las personas con cargos misionales en la PTAP CENTENARIO conocen sus responsabilidades como trabajadores de la organización, sin embargo se encontró que algunos desconocen sobre la implementación del SGI y sus roles y autoridades específicas en las actividades, por lo cual durante la implementación del SGEn debe cerrarse esta brecha y asegurar que la información sea divulgada a todos los niveles.

Dado que el SGEn se encuentra en etapa de diagnóstico no se ha definido y documentado aún si la política del SGEn, el desempeño de su SGEns y el desempeño energético se comunica externamente, por lo que en la Tabla 5-11 se ha asignado para el grado de desarrollo documental y práctica un valor nulo.

En cuanto a la documentación, EMPOPASTO S.A. E.S.P. se encuentra en etapa de implementación del SGI y cuenta con procedimiento de Control de Documentos, Listado Maestro de Documentos y Tablas de Retención Documental que permiten el control y la gestión de la documentación, los cuales son responsabilidad de la Oficina de Planeación por medio del profesional IV del SGI. Este documento puede ser fácilmente ajustado a las necesidades del SGEn, por lo que en la Tabla 5-12, se asigna una calificación media para la documentación y una calificación nula para el grado de desarrollo en la implementación.

Tabla 5-12. Diagnóstico Numerales 4.5.4.1, 4.5.4.2

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.5.4.1	**REQUISITOS DE LA DOCUMENTACIÓN** Se tiene establecido, implementado y se mantiene información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGEn y su interacción.	0	0	0%	100%
4.5.4.2	**CONTROL DE LOS DOCUMENTOS** Se tiene establecido, implementado y se mantiene procedimientos para controlar los documentos del SGEn	3	1	50%	50%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

La gran mayoría de equipos asociados a bombeo y producción son de alta eficiencia energética y cuentan con manuales de operación y mantenimiento del fabricante, no se han establecido las actividades necesarias y criterios para el control de las operaciones que afectan el desempeño energético, no existen planes de mantenimiento preventivo documentados para los equipos y sistemas nuevos como antiguos, por lo que en la Tabla 5-13 se ha asignado una calificación baja para este numeral.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. es una entidad de servicios públicos, reglamentada por la SSPD, para ella aplican las disposiciones descritas en el capítulo V de la Ley 1715:2014 y las del PAI 2017-2022, en los cuales se establece que las entidades públicas, así como los prestadores de servicios deben establecer acciones para la eficiencia energética en sus instalaciones; es por esta razón que la entidad debe considerar condiciones de eficiencia energética en el diseño de proyectos nuevos, de expansión o remodelación, que incluyan sistemas de medición y detección temprana de oportunidades de mejora en equipos obsoletos y sobredimensionados, así como tecnología eficiente. Este numeral requiere un alto grado de desarrollo, puesto que, en los registros y la práctica revisados no se tienen en cuenta en estos criterios; en la Tabla 5-13 pueden verse los resultados obtenidos.

Tabla 5-13. Diagnóstico Numerales 4.5.5 y 4.5.6

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.5.5	**CONTROL OPERACIONAL** Se tiene identificado y se planifican aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con el uso significativo de la energía y que son coherentes con su política energética, objetivos, metas y planes de acción. Con el objeto de asegurarse de que se efectúan bajo condiciones especificadas, mediante a) el establecimiento y fijación de criterios para la eficaz operación y mantenimiento de los usos significativos de la energía, cuando su ausencia pueda llevar a desviaciones significativas de un eficaz desempeño energético; b) la operación y mantenimiento de instalaciones, procesos, sistemas y equipos, de acuerdo con los criterios operacionales; c) la comunicación apropiada de los controles operacionales al personal que trabaja para, o en nombre de, la organización.	0	0	0%	100%
4.5.6	**DISEÑO** Se consideran las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden tener un impacto significativo en su desempeño energético. Se mantinen los registros de los resultados de la actividad de diseño	0	2	25%	75%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

Para la adquisición de productos y servicios se cuenta con manual de contratación y compras establecido mediante acuerdo 04 de 2009 y con reformas establecidas en el acuerdo 01 de 2011 y acuerdo 03 de 2013, se cuenta con manual de SST, socio-ambiental, técnico para contratistas y operadores externos. En el documento no se evidencia la inclusión de que los equipos, productos y servicios de energía serán evaluados con base en el desempeño energético. No se cuenta con información documentada de los criterios para evaluar el uso y consumo de la energía para la PTAP CENTENARIO.

Las especificaciones para la adquisición de energía se encuentran definidas en el documento licitación para adquisición de energía eléctrica para usuarios no regulados de EMPOPASTO S.A. E.S.P. en el que se establecen los requisitos para compra de energía para la PTAP CENTENARIO. Por esta razón el grado de desarrollo de este numeral tanto

a nivel documental como de implementación es medio como se muestra en los resultados de la Tabla 5-14.

Tabla 5-14. Diagnóstico Numeral 4.5.7

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.5.7	**ADQUISICIÓN DE SERVICIOS DE ENERGÍA, PRODUCTOS, EQUIPOS Y ENERGÍA** Se informa a los proveedores que las compras de servicios de energía, productos y equipos serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético.	1	0	29%	71%
	Se tiene establecido e implementado criterios para evaluar el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia de la energía durante la vida útil planificada o esperada al adquirir productos, equipos y servicios que usen energía que puedan tener un impacto significativo en el desempeño energético de la organización.	0	0		
	Se tienen definidas y documentadas las especificaciones de adquisición de energía	3	3		

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

5.2.6 Verificación

Teniendo en cuenta la definición de la Norma ISO 9000:2015 [43], la verificación consiste en la confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados. La verificación para el SGEn se realiza de la misma manera que se hace para el SGI, por lo que la organización tiene experiencia previa para alcanzar el cumplimiento de los requisitos.

a) Seguimiento medición y análisis

Se cuenta con sistemas de medición relativos a la producción de agua, es decir, controles específicos para la cantidad y calidad de agua durante el tratamiento y la distribución, así como procedimientos documentados en los laboratorios para análisis de calidad de agua de acuerdo a la reglamentación de la CRA. Sin embargo, para el factor energético se cuenta únicamente con un sistema de medida indirecto en nivel de tensión

II, el cual no entrega información detallada para realizar los análisis del consumo energético de las áreas, equipos y procesos con usos significativos de la energía.

Tabla 5-15. Diagnóstico Numeral 4.6.1 y 4.6.2

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.6.1	**SEGUIMIENTO, MEDICIÓN Y ANÁLISIS** Las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético se siguen, se miden, se analizan a intervalos planificados y se registran los resultados del seguimiento y medición. E incluyen como mínimo: a) los usos significativos de la energía y otros elementos resultantes de la revisión energética. b) las variables pertinentes relacionadas con los usos significativos de la energía; c) los IDEns; d) la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y las metas; e) la evaluación del consumo energético real contra el esperado.	0	0	9%	91%
	Se tiene implementado un plan de medición energética y el equipamiento de seguimiento y medición.	0	0		
	Se tiene definido y se revisa periódicamente las necesidades de medición. Y se mantienen los registros de las calibraciones de los equipos y de las otras formas de establecer la exactitud y repetibilidad.	0	2		
	Se investigan y se responde a desviaciones significativas del desempeño energético. Y se mantienen los resultados de estas actividades	1	0		
4.6.2	**EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS LEGALES Y OTROS REQUISITOS** El cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos que suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, se evalua a intervalos planificados, y se mantienen los registros de las evaluaciones de cumplimiento.	3	3	75%	25%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

Dado que no se tiene establecidos los indicadores energéticos, ni la línea de base energética para la PTAP CENTENARIO, no se realiza su seguimiento, medición y desempeño real frente a los resultados esperados. De la misma forma, no se han planteado planes de acción que permitan el alcance de los objetivos y las metas, puesto que estos no se han formulado de acuerdo a las necesidades organizacionales, por lo cual el grado de desarrollo de este numeral es bajo como se muestra en la Tabla 5-15.

No se ha implementado un plan de medición energética o equipos de seguimiento y medición para las fuentes de energía identificadas que permitan controlar el consumo de energía en las áreas, equipos y procesos con USE.

Para el caso de los equipos de seguimiento y medición usados en el control de las variables de agua potable, tales como medidores de ph, medidores de cloro caudalímetros, turbidímetros, entre otros, se tiene implementado una metodología que asegura que estos equipos puedan ser calibrados o verificados de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes; el profesional de TIC's encargado del sistema, mantiene los registros resultantes de estas actividades, sin embargo, no se cuenta con registros para asegurar la repetibilidad de los resultados de los equipos de seguimiento y medición de fuentes de energía, por lo que en la Tabla 5-15, se ha asignado una calificación baja al grado de documentación e implementación.

b) Auditorías internas al SGEn

La organización cuenta con procedimiento documentado de Auditorías Internas, el cual especifica la metodología y las actividades para el desarrollo de la auditoría al SGI y al Modelo Estándar de Control Interno MECI, los responsables, sus funciones, los criterios para la selección de los auditores y la relación de los documentos para el desarrollo de la auditoría; pero dentro del documento no se incluye la evaluación de conformidad de los requisitos del SGEn, por lo que en la Tabla 5-16, la calificación para el grado de desarrollo documental es bajo, mientras que para la práctica es nulo, esto se debe a que este se encuentra aún en etapa de diagnóstico.

En el cronograma de auditorías contenido en el documento Programa de Auditorías, se planifican las auditorías internas al SGI y al MECI una vez cada año, pero no se ha contemplado la realización de auditorías para el SGEn. Para registrar las evidencias del ejercicio de auditoría se cuenta con el documento Plan de Auditorias y Lista de Verificación que permite a los auditores formular las preguntas para obtener evidencia durante la ejecución de la auditoría.

Tabla 5-16. Diagnóstico Numeral 4.6.3 Auditoría Interna del SGEn

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.6.3	**AUDITORIA INTERNA DEL SGEn** Se llevan a cabo auditorías internas a intervalos planificados para asegurar que el SGEn: Cumple con las disposiciones planificadas para la gestión de la energía, incluyendo los requisitos de la Norma Internacional; Cumple con los objetivos y metas energéticas establecidos; Se implementa y se mantiene eficazmente, y mejora el desempeño energético.	2	0	38%	63%
	Se desarrolla un plan y un cronograma de auditorías considerando el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas.	3	0		
	Se mantienen los registros de los resultados de las auditorías y se informa a la alta dirección.	4	0		

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

c) No conformidades, corrección, acciones correctivas y preventivas

Las no conformidades, correcciones, acciones correctivas y preventivas se encuentran inmersas en la metodología de los estándares ISO a nivel general, por lo que así como para las auditorías internas y el seguimiento y medición del desempeño del SGI la organización cuenta con experiencia previa, sobre la cual deben realizarse los ajustes requeridos tanto a los procedimientos, documentos y acciones enfocados al SGEn.

Se cuenta con procedimiento documentado de Acciones Correctivas, Preventivas y/o de Mejora, en el cual se incluye la metodología para el tratamiento, seguimiento, cierre y revisión de la eficacia de las acciones tomadas a las desviaciones a los requisitos del SGI. En este documento no se incluyen las no conformidades relativas al SGEn, por lo cual en la Tabla 5-17, se ha asignado un nivel medio a la documentación, mientras que para la practica no se registran acciones que permitan obtener evidencia objetiva de la mejora del sistema con respecto a los requisitos establecidos.

Se tiene documentado además un procedimiento para la Gestión del Cambio que se establece como requisito para el SG-SST de la resolución 1072:2015, así como también con formato Registros de Cambios al SGI, en el que se incluye la evaluación e incorporación de los cambios al SGI. No se tiene evidencia documentada que haga

referencia a los requisitos del SGEn, por lo que el nivel de calificación documental para el literal es medio y para el grado de implementación es nulo, ya que no se han registrado actividades que afecten significativamente el desempeño de la organización y el cumplimiento de los requisitos.

Tabla 5-17. Diagnóstico Numeral 4.6.4 y 4.6.5

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.6.4	**NO CONFORMIDADES, CORRECCIÓN, AC Y AP** Se da tratamiento a las no conformidades reales y potenciales haciendo correcciones, y tomando acciones correctivas y preventivas.	2	0	25%	75%
	Se asegura que cualquier cambio necesario se incorpore al SGEn.	2	0		
4.6.5	**CONTROL DE LOS REGISTROS** Se tienen establecidos y se mantienen los registros que necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos y para demostrar los resultados logrados en el desempeño energético y se controlan.	2	1	38%	63%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

d) Control de los registros

La organización cuenta con procedimiento control de Documentos y Registros en el que se establecen las disposiciones sobre el control y se definen algunos parámetros para el diligenciamiento. No se incluyen las disposiciones generales para almacenamiento de registros electrónicos en carpetas específicas y realización de copias de seguridad. Este documento debe contener además los registros que se generen producto del seguimiento de las actividades del SGEn.

5.2.7 Revisión por la dirección

La organización cuenta con procedimiento documentado de Revisión por la Dirección, y formato de acta de revisión por la dirección para el SGI. En el procedimiento se establece como periodo para realizar las revisiones por la dirección una vez por semestre, en este no se tienen definidos los participantes del comité de Revisión por la Dirección. Dado que el SGEn se encuentra en etapa de diagnóstico, no se han incluido en el documento los elementos de entrada para la realizar la revisión por la dirección al SGEn, de la misma

forma no se encuentran documentados los resultados relativos a las decisiones y acciones relacionadas con los cambios en el desempeño de EMPOPASTO S.A E.S.P., La politica, Los IDEns, Objetivos, Metas y los cambios en la asignación de recursos. Por lo anterior en la Tabla 5-18, el grado de desarrollo documental se establece como medio, puesto que el documento de base de Revisión por la Dirección puede ser ajustado para el cumplimiento de los requisitos del SGEn, mientras que la implementación se es nula, dado que no se tienen evidencias de revisiones por la dirección previas.

Tabla 5-18. Diagnóstico Numeral 4.7 Revisión por la dirección

Requisito ISO 50001:2011	Nombre	Calif. Docum	Calif. Pract.	Grado de implem.	Esfuerzo Req.
4.7.1	**GENERALIDADES REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN** La alta dirección revisa, a intervalos planificados, el SGEn de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.Y mantiene registros de las revisiones	2	0	25%	75%
4.7.2	**INFORMACIÓN DE ENTRADA PARA LA REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN** La información de entrada para la revisión por la dirección incluye los requisitos a) hasta i).	2	0	25%	75%
4.7.3	**RESULTADOS DE LA REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN** Los resultados de la revisión por la dirección incluyen todas las decisiones y acciones relacionadas con los cambios a) hasta e).	2	0	25%	75%

Fuente: Elaboración propia con información de NTC ISO 50001:2011[29].

5.3 Resultados de la auditoría energética

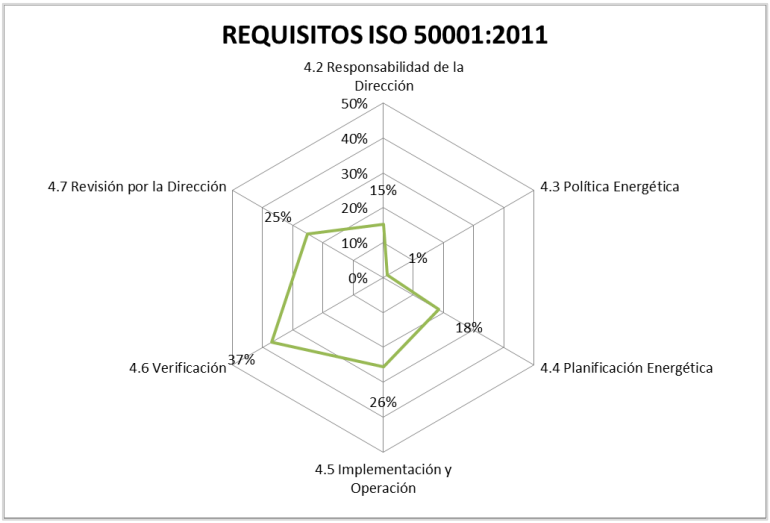
Las fortalezas de EMPOPASTO S.A E.S.P. para continuar con la implementación del SGEn están enmarcadas en la experiencia que tiene la organización con otros sistemas de gestión que están en etapa de desarrollo. Se puede percibir el compromiso de la alta dirección con la mejora continua en el desempeño energético; para lo cual ha designado un responsable de la dirección y un equipo de gestión que si bien no tienen asignado roles, responsabilidades y autoridad específicos, estos pueden ser definidos con facilidad durante la planificación inicial del SGEn. Las siguientes fortalezas son el instrumento

para que los líderes de procesos puedan ejecutar acciones, para alcanzar los objetivos planificados:

- La organización tiene implementado un enfoque de gestión por procesos, los cuales se encuentran identificados en el mapa de procesos de EMPOPASTO S.A E.S.P.
- Se destinan recursos y espacios para la capacitación y formación de los trabajadores de EMPOPASTO S.A E.S.P. como base para la mejora continua del sistema de gestión integrado que se encuentra en implementación, esto aporta directamente a la implementación del SGEn en la organización.
- Se cuenta con amplia experiencia en la identificación, seguimiento y auditoria para los requisitos legales aplicables a la organización, lo cual simplifica la tarea para la gestión de los requisitos propios del SGEn.
- El control de la documentación y los registros se realiza por medio de un procedimiento documentado, gestión documental y de archivo, actividades propias del MECI, lo que facilita la creación o modificación de los documentos necesarios para el SGEn.
- Para la adquisición de servicios de energía, se tiene documentado e implementado una metodología que asegura que esta se adquiera bajo criterios económicos y de eficiencia favorables para la organización.
- La alta dirección, ha asignado a los líderes de procesos realizar la medición y reportar el desempeño de los resultados planificados de acuerdo a los indicadores planteados para el alcance de los objetivos planificados en el Plan Estratégico 2017-2020, lo que aporta experiencia para el seguimiento y medición del SGEn.
- El grado de desarrollo documental para la verificación de la conformidad de los requisitos de las normas de sistemas de gestión integrado SGI y Modelo Estándar de Control Interno MECI para la entidad pública, hacen que se simplifiquen los esfuerzos para la implementación de auditorías internas para el SGEn, dada la experiencia previa para estos sistemas.
- La alta dirección ha asignado recursos y personal para la formulación de proyectos de energías alternativas, sistemas de cogeneración de energía aprovechando los caudales de entrada a las plantas de tratamiento y a los tanques de predistribución, optimización de sistemas de bombeo y modernización de instalaciones enfocadas en la eficiencia energética del sistema eléctrico.

En la Figura 5-3, se muestra el consolidado del grado de desarrollo de la documentación y acciones para la implementación que tiene actualmente la organización respecto a los requisitos de la Norma ISO 50001:2011. En esta se puede observar que el numeral 4.3 de Política Energética, no tiene avance porcentual, dado que no se han determinado los compromisos de la organización frente a la gestión de la energía por medio de una política documentada, objetivos, planes de acción y metas, que permitan alcanzar la gestión eficiente de la energía en la PTAP CENTENARIO y en los demás procesos desarrollados por la organización.

Figura 5-3: Resultados diagnóstico ISO 50001:2011



Fuente: Elaboración propia

Gran parte de la documentación que requiere el Estándar ISO 50001:2011 para el cumplimiento de los requisitos, la implementación y operación del SGEn, se encuentra actualmente disponible para el SGI dada su correspondencia con otras normas internacionales de la familia ISO. Estos documentos deberán ser revisados y aprobados de acuerdo a la metodología establecida, a fin de asegurar que se incluyan todos los requisitos para la gestión de la energía anteriormente mencionados.

6. Acciones para la determinación de la plataforma estratégica

La plataforma energética representa una parte importante en la planificación de un SGEn, la constituyen la política energética, la línea base y línea meta energética, así como también los indicadores de desempeño energético. Con el apoyo de la experiencia desarrollada por la literatura disponible en [15], [27], [35], [36], [40] [44] y la Norma ISO 50004:2014 [39] en este capítulo se desarrolla un procedimiento, acorde a los resultados de la auditoria energética aplicada a la entidad y que puede tomarse como base para establecer y documentar la plataforma energética de la Planta de Tratamiento de Agua Potable CENTENARIO.

6.1 Política energética

La política energética es una declaración por parte de la organización de sus intenciones y dirección globales en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección [29]. Debe ser clara para su fácil entendimiento y comunicación a todos los niveles de la organización y coherente con el uso y consumo de energía de la entidad[29].

En la formulación de la política se deben incluir los compromisos referentes a mejorar continuamente el desempeño energético de la entidad, asegurar la disponibilidad de recursos para alcanzar los objetivos y las metas, cumplir con la reglamentación vigente relacionada con uso y consumo de la energía, EE y apoye la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes para la mejora del desempeño energético [29]. Además, debe proporcionar el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y las metas energéticas, esté documentada, comunicada y entendida por todos los niveles de la entidad. La política energética debe revisarse y actualizarse cuando sea necesario, incluso después de realizar el proceso de revisión energética[35][39][44].

A continuación, se desarrolla el procedimiento para establecer la política energética requerida por la Norma ISO 50001:2011, basado en los resultados de la revisión documental y la auditoria energética aplicada para la entidad:

1- Determinación del alcance y los límites del SGEn

La alta dirección es la encargada de definir el alcance y los límites del SGEn, con el objetivo de concentrar recursos y esfuerzos en ellos [44]. Los alcances y límites pueden compararse con los de otros sistemas de gestión y analizar la posibilidad de unificarlos, en el Sistema de Gestión Integrado SGI [35].

Para el caso de la PTAP CENTENARIO, se propone que el alcance y los límites sean los mostrados en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Alcance y límites PTAP CENTENARIO

ALCANCE	Las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable CENTENARIO
LÍMITES	Los procesos de producción, distribución, laboratorios y administración.

Fuente: Elaboración propia.

2- Definir el representante por la dirección para la Gestión de la Energía.

La Alta Dirección de la entidad tiene el compromiso de designar un representante por la dirección, con las habilidades, competencias adecuadas y autoridad que el SGEn se implemente, se mantenga y mejore continuamente su desempeño energético[29]. En la Resolución 361 del 29 de Junio de 2016, se tiene un punto de partida, puesto que se ha definido el representante por la dirección para el SGI, junto con sus roles, responsabilidades y autoridad.

La elección del representante por la dirección para el SGEn, se debe hacer teniendo en cuenta que la persona cuente con las siguientes habilidades[35], [39], [44]:

- Liderazgo y motivación personal.
- Coordinación de equipos de trabajo
- Comunicación verbal y escrita efectiva en todos los niveles de la organización

- Habilidades para resolución de problemas y conflictos
- Entendimiento de los conceptos de uso y consumo de la energía, así como la importancia y función que desempeña la energía en la entidad.
- Habilidades analíticas básicas para entender el desempeño energético
- Experiencia o conocimiento en sistemas de gestión
- Conocimientos técnicos, preferiblemente en sistemas de tratamiento de agua e instalaciones eléctricas.
- Familiaridad con la planta y sus procesos de producción.

Dada la complejidad de la PTAP CENTENARIO y con base en los criterios establecidos, se requiere que el representante por la dirección sea seleccionado desde el personal interno; por lo que se sugiere se asigne esta responsabilidad al Director de Producción. Se debe documentar esta decisión y debe estar aprobada por la alta dirección, en el que se incluya sus funciones, responsabilidades y autoridad, tal como se realizó para el SGI.

3- Designación del equipo para la gestión de la energía

Una de las funciones del Representante por la dirección es identificar a las personas que conformarán el equipo de gestión de la energía, quienes con base en sus habilidades y conocimientos aportan fortalezas para la implementación del SGEn. En la identificación del equipo de gestión de la energía, se tienen en cuenta las áreas de mayor consumo de la PTAP, esto es, Sistema de Tratamiento, Laboratorios y Bombeo para Predistribución, por lo tanto, se sugiere conformar un equipo con las personas mostradas en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Equipo de gestión de la energía PTAP CENTENARIO

ALTA DIRECCIÓN	**Gerente General**
REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN	**Director de Producción**
EQUIPO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA	**Coordinador Interplantas**
	Jefe de Laboratorios
	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la planificación del SGEn requiere ciertas habilidades, se sugiere contar con consultores externos que apoyen al equipo de gestión de la energía y al representante de la dirección.

Al igual que para el Representante por la dirección el equipo de gestión de la energía debe estar aprobado por la alta dirección en un documento que se incluyan las funciones, responsabilidades y autoridad pertinentes, a fin de que exista apoyo continuo y no recaigan la mayoría de las acciones en solo uno de los miembros. Se recomienda evaluar la posible integración o interacción del equipo de Gestión de la Energía, con el equipo de apoyo al SGI [44].

4- Elaborar la política energética

Para establecer la política energética, el representante por la dirección, inicialmente revisa la política aprobada del SGI en busca de compromisos relacionados con la gestión de la energía, para tomarlos como punto de partida e incluir la política energética.

Para la creación de la política energética, se convoca a un comité en donde se reúnen, la alta dirección, el representante por la dirección para el SGEn, el representante por la dirección para el SGI, el equipo de Gestión de la Energía, el equipo de apoyo al SGI y el consultor externo. Se elabora un borrador y se somete a revisión y validación por parte de la Junta Directiva, que es el órgano encargado de formular y verificar la implementación del plan estratégico y por lo tanto le corresponde esta función.

El texto de la política energética, debe incluir los siguientes compromisos:

- Mejorar continuamente el desempeño energético de la entidad
- Asegurar la disponibilidad de recursos para alcanzar los objetivos y las metas,
- Cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba, relacionados con el uso y consumo de la energía y la Eficiencia Energética.
- Apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes para la mejora del desempeño energético

La alta dirección y la junta directiva, aprueban la política energética, la documentan y deciden si se comunica o no externamente; si es así, se debe documentar la decisión y establecer una metodología para realizar dicha comunicación.

6.2 Líneas base y meta energética

La línea base energética es uno de los resultados del numeral 4.4 Revisión Energética[39] y representa el desempeño energético de la organización; se construye con base en la cuantificación del consumo de energía en función de la unidad de servicio producido, correspondiente a un periodo representativo [35]. La línea base energética permite establecer el punto de partida para la medición de los indicadores del desempeño energético IDEn's [29].

La línea meta energética corresponde a los potenciales de ahorro por variabilidad operacional en la gráfica Consumo vs Producción, que se pueden lograr analizando y estabilizando la operación [27]. La meta está representada por los días en los que se consumen menores unidades de energía para una misma cantidad determinada de producción y tratar de estabilizar el proceso en estos puntos a través de buenas prácticas energéticas o acciones de ahorro de energía [27], sin sacrificar sus características de calidad principales.

Para la formulación de la línea base energética requerida por la Norma ISO 50001:2011 y la línea meta asociada se proponen las siguientes acciones:

1- Determinación y aprobación del equipo de trabajo.

El equipo de trabajo estará conformado por personal administrativo y operativo de la PTAP CENTENARIO, con habilidades para trabajo en equipo, experiencia en el desempeño de sus funciones, conocimientos sobre eficiencia energética, normatividad aplicable a la entidad, producción de agua potable, el sistema hidráulico y eléctrico de las instalaciones.

Con base en los criterios establecidos se propone seleccionar el siguiente personal:

Director de Producción, Coordinador Interplantas, Profesional IV Química Producción, Técnico de Mantenimiento Electromecánico, Técnico de Mantenimiento Mecánico, Técnico de Control Producción, Especialista en gestión energética (Externo), Ingeniero electricista (Externo).

Los expertos externos deben tener habilidades de comunicación efectiva y liderazgo, conocimientos específicos en instrumentación, instalaciones eléctricas de uso final en

industrias, subestaciones, sistemas de tratamiento, bombeo y distribución de agua potable, normatividad en materia energética y acreditar experiencia en implementación de sistemas de gestión de la energía.

La alta dirección evaluará la pertinencia del personal designado con base en los criterios establecidos y será la encargada de emitir su aprobación.

2- Identificación de los requisitos legales aplicables

Tomando como base el procedimiento Identificación de Requisitos Legales y el registro Matriz de Identificación de Requisitos Legales existente en la entidad, el equipo designado realiza una búsqueda exhaustiva de Leyes, Decretos, Resoluciones, Circulares, Normas en los sitios web y gacetas oficiales del Gobierno Nacional; las analiza y registra la regulación aplicable a la organización en materia energética. Esto se hace con el fin de determinar si la entidad requiere plantear su línea base y línea meta teniendo en cuenta requerimientos legales vigentes [39].

3- Adquisición de datos energéticos y de producción.

Con base en el diagrama energético productivo de la Figura 5-2, resultante de la identificación de USEn de la Tabla 5-9, se puede determinar que los procesos con mayor consumo energético de la PTAP CENTENARIO son el bombeo para predistribución, en CUJACAL ALTO, CUJACAL BAJO Y ZONA ALTA y el proceso de tratamiento de agua, sobre los cuales se centrarán los esfuerzos para la gestión energética.

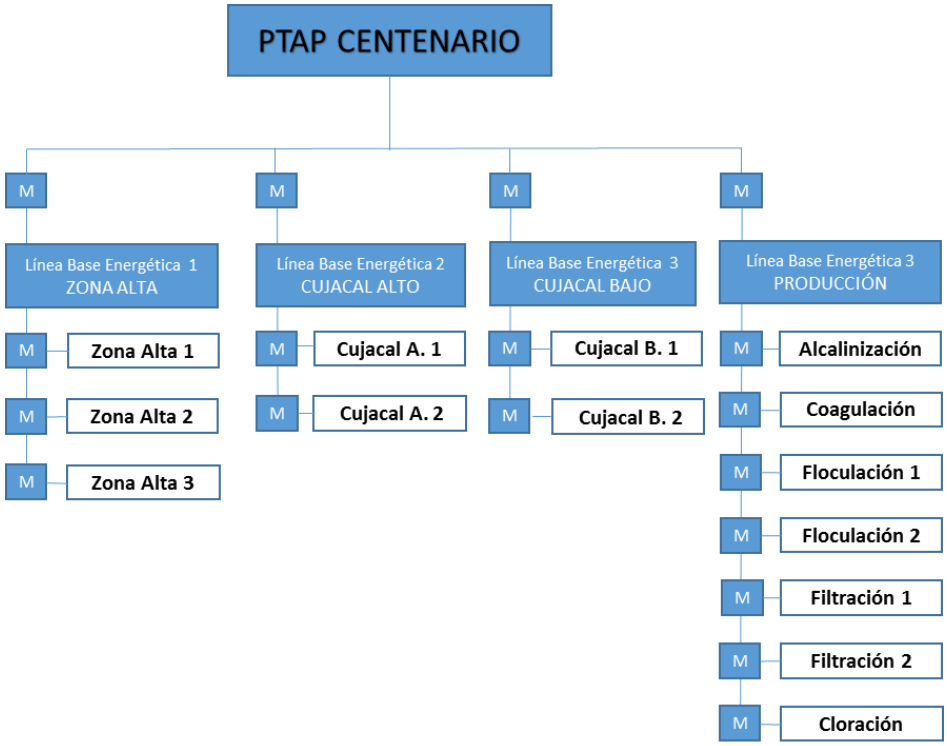
Para cada uno de estos procesos se cuenta con datos discriminados de producción de agua en m^3, adquiridos mediante el sistema SCADA y registrados en los informes mensuales de producción, que constituyen el primer componente para establecer la línea de base energética.

El segundo componente para la determinación de la línea base lo constituyen los datos de consumo de energía. Como pudo verse en el capítulo de planificación energética desarrollado anteriormente, no se dispone de un sistema de medición para cada uno de los procesos, por lo cual se propone establecer el esquema de medición mostrado en la Figura 6-1, que permita adquirir los datos de consumo energético suficientes, para establecer cuatro líneas bases energéticas, que respondan a las necesidades de la PTAP CENTENARIO.

Este esquema de medición se plantea con base en los planos y diagramas unifilares de las instalaciones eléctricas, disponibles en las oficinas de la PTAP CENTENARIO. El sistema deberá permitir el almacenamiento, visualización y descarga de datos diarios de consumo energético para cruzarlos con los datos de producción y predistribución de agua potable en la planta para el mismo periodo.

El sistema de medición se instalará en el cuarto de la subestación, lo más cercano a las acometidas parciales de los tableros de cada uno de los sistemas, para la adquisición de datos se instalarán equipos de medida de Clase 0,5 o 0,5s para energía activa y Clase 2 para energía reactiva, que permitan registrar además los parámetros de tensiones, corrientes, potencias, factor de potencia y frecuencia de cada sistema.

Figura 6-1: Sistema de medición PTAP CENTENARIO



Fuente: Elaboración propia

Cada sistema de medida requiere un conjunto de equipos y un software para monitoreo y adquisición de datos. Para el caso particular de la PTAP CENTENARIO se requieren los equipos descritos en la Figura 6-1.

Mediante los datos recopilados por el sistema implementado se procede a establecer el consumo de energía eléctrica kWh para cada uno de los centros de costo de energía por unidad de producción en m^3. Se deberán guardar registros diarios de consumo de energía y producción de agua potable de al menos un año, se establece este tiempo, dado que el consumo de agua en la ciudad está asociado con el clima, las temporadas de invierno, verano y festividades. Estos datos deben tratarse para eliminar los datos atípicos resultantes de mediciones erróneas, analizarse y determinar su correlación R^2, la cual debe ser mayor o igual que 0.75 (6) (7).

Tabla 6-3. Equipos requeridos implementación de sistema de medida

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	ZONA ALTA	CUJACAL ALTO	CUJACAL BAJO	PRODUC.
1	LICENCIA SOFTWARE VISUALIZACION Y DESCARGA	UND	1	0	0	0
2	LICENCIAS INDIVIDUAL POR EQUIPO	UND	4	3	3	8
3	EQUIPO DIGITAL MEDICION DE ENERGÍA ACTIVA/REACTIVA PRECISIÓN 0,5 Y 1	UND	3	2	2	7
	EQUIPO DIGITAL CONCENTRADOR Y MEDICION DE ENERGÍA ACTIVA/REACTIVA PRECISIÓN 0,5S Y 1		1	1	1	1
4	ROUTER WIFI COMUNICACION 3G/4G Ethernet	UND	1	0	0	0
5	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 1250/5A	UND	3	3	9	0
6	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 500/5A	UND	9	6	0	8
7	GABINETE DE MEDIDORES, CON PROTECCIONES	UND	1	0	0	0
8	ACOMETIDA PARA SENSORES TC	M	8	10	7	5
9	ACOMETIDA DE TENSIÓN	M	8	10	7	5
10	ACOMETIDA ALIMENTACION GABINETE MEDIDORES	M	15	0	0	0
11	ACOMETIDA COMUNICACIONES PARA VISUALIZACION	M	90	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

En caso de que la correlación entre los datos sea menor a lo establecido, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones [32]:

a) Las mediciones y su procesamiento no presentan errores.
b) No existen manuales de buenas prácticas o se incumple lo establecido en ellos.
c) La producción y el consumo de energía son medidos en diferentes periodos.

d) Se han considerado todos los procesos de producción que consumen energía.
e) Se han considerado todos los energéticos que se requieren para la producción.
f) Existen factores que influyen sobre el consumo de energía y no han sido considerados.
g) En el proceso productivo o de servicios se incluyen actividades que consumen energía y no se reflejan en la producción o servicios incluidos en el índice.

Si después de corroborar lo anterior, la correlación R^2 sigue por debajo de 0.75 se debe incluir el concepto de producción equivalente [32]. El criterio de la producción equivalente, se basa en incorporar al parámetro que caracteriza la producción o el nivel de actividad de servicios, factores y actividades que tienen una influencia significativa sobre el consumo de energía y que no son normalmente considerados [32].

4- Identificación de variables significativas para el planteamiento de las líneas de base energética.

El equipo identificará y realizará la respectiva medición de las variables significativas que puedan tener incidencia sobre el consumo energético de cada uno de los procesos, tanto en el sistema eléctrico, hidráulico y los equipos asociados. Algunas de estas variables pueden ser, caudales de entrada y salida, temperaturas, presiones, niveles de tanques, estado de los equipos y otras que se referencian en la Norma ISO 50004:2014 que son:

Clima, incluidos los días calientes y fríos, producción relacionada, mezcla de productos, calidad, reproceso o salidas, horas de operación, niveles de iluminación del ambiente, niveles de actividad, variación de la disponibilidad del contenido de energía en las fuentes.

Estas variables se incluirán al análisis de datos para el planteamiento de la línea base energética, el encargado de realizar este procedimiento será el experto Especialista en gestión energética.

5- Elaboración de la líneas de base energética

Teniendo en cuenta los datos de consumo de energía eléctrica y los datos de producción de cada uno de los sistemas planteados se procede a elaborar los diagramas de dispersión y plantear las líneas de base energética como se muestra en la Tabla 6-4.

La línea base energética se establecerá mediante una regresión lineal, su resultado será una ecuación lineal de la forma y=mx+b, con pendiente positiva.

Tabla 6-4. Líneas de base energética PTAP CENTENARIO

LINEA BASE	PROCESO	TIPO ENERGÍA	PRODUCCIÓN	FRECENCIA MEDICIÓN	INDICADOR
Línea Base 1	Zona Alta	E. Eléctrica [kWh]	Agua Potable Bombeada [m^3]	Mensual	kWh/ m^3
Línea Base 1	Cujacal Alto	E. Eléctrica [kWh]	Agua Potable Bombeada [m^3]	Mensual	kWh/ m^3
Línea Base 1	Cujacal Bajo	E. Eléctrica [kWh]	Agua Potable Bombeada [m^3]	Mensual	kWh/ m^3
Línea Base 1	Producción	E. Eléctrica [kWh]	Agua Tratada [m^3]	Mensual	kWh/ m^3

Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las líneas bases se debe considerar que aun cuando la producción es cero, la energía requerida para mantener el sistema en funcionamiento no lo es; a esto se le llama energía no asociada a producción y corresponde al intercepto del eje Y con la línea que mejor se ajuste a la dispersión de datos [27].

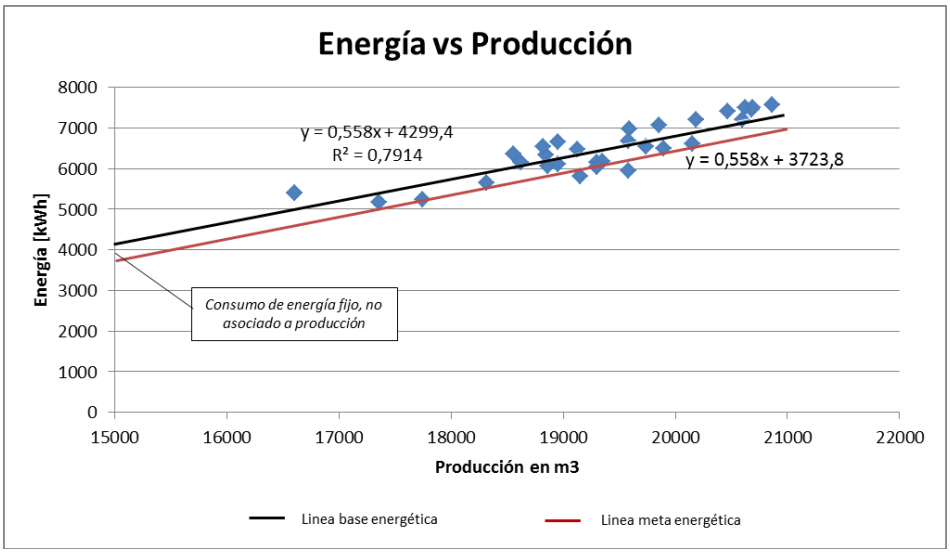
Esta actividad responderá además al requerimiento particular de la RESOLUCION No. SSPD - 20101300048765 DEL 14- 12- 2010 de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) para la entidad, sobre la cual debe reportar al SUI mensualmente los indicadores de consumo energético por unidad de producción por cada sistema de producción y bombeo presentes en la planta.

6- Establecimiento de la línea meta energética.

La línea meta energética corresponde al nivel eficiente de la operación sobre el cual la entidad puede producir cierta cantidad de agua, consumiendo la magnitud de energía óptima, sin afectar la calidad en la prestación del servicio, por medio del establecimiento de buenas prácticas y gestión de la energía.

La línea meta corresponde a la variabilidad en la operación de la planta, se consigue haciendo pasar una línea recta por el centro de los datos relacionados al menor consumo, correspondiente a la prácticas operacionales de mayor eficiencia en el proceso [27].

Figura 6-2: Línea de base y meta energética



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-2 puede observase un ejemplo de un caso típico de grafico de dispersión energía vs producción, en el cual se representa la línea base y línea meta energética, así como también el consumo no asociado a producción.

El rango de datos entre las líneas, representan las oportunidades de mejora en el desempeño energético de la entidad y puede cuantificarse al sustraer el valor de la energía no asociada a producción de la línea de meta, al valor de la línea base respectivamente.

El equipo designado debe cuantificar estas oportunidades de mejora para cada uno de los procesos y establecer el porcentaje total de ahorro en el consumo energético global de la planta.

6.3 Indicadores energéticos

Los indicadores del desempeño energético, son un valor cuantitativo o de medida del desempeño energético [29]. Estos son una referencia para la estandarización de los costos de energía y para utilizar la información en la identificación de oportunidades de mejora y, en su caso, cuando se quieran compartir buenas prácticas [35], además

pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía [1].

Los datos y la información resultantes de la revisión energética son las entradas para formular los indicadores del desempeño energético. Cada una de las líneas bases para los sistemas individuales previamente planteadas, aportarán los valores de referencia para establecer y comparar las metas de los IDEn's en base a la relación de consumo de energía frente a la unidad de agua potable producida y predistribuida; a continuación se desarrolla el procedimiento para establecer los indicadores requeridos por la Norma ISO 50001:2011, basado en los resultados de la auditoria energética aplicada para la entidad.

1- Determinación y aprobación del equipo de trabajo.

El equipo de trabajo para establecer los indicadores, será el mismo que fue previamente aprobado por la alta dirección para la determinación de las líneas bases de los sistemas individuales.

2- Documentar la metodología para determinar y actualizar los IDEn's

La entidad actualmente tiene establecido una metodología para la determinación de indicadores para el Sistema de Gestión Integral en el PLAN ESTRATÉGICO 2017-2020. En este se indica que cada uno de los denominados "Direccionadores Estrátégicos", que es un concepto acuñado por la entidad para definir cada una de las líneas de gestión organizacional y prestación del servicio, debe ser medido con una serie de indicadores que evidencian la gestión global de la entidad en el Anexo D, se presenta la tabla de indicadores formulados para la entidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden plantear los indicadores del desempeño energético, estableciendo el criterio de indicador de eficiencia energética en base 100 [36], el cual compara el consumo real del periodo, respecto a la línea base energética. De la misma forma se puede plantear los indicadores del desempeño energético de cada sistema individual, que reflejan el consumo de energía respecto a la unidad de prestación o predistribución del servicio.

El equipo designado deberá incluir los indicadores diseñados en la tabla de indicadores de la entidad, y documentar los criterios de evaluación adicionales que se determinen para su gestión.

3- Establecer los indicadores del desempeño energético

Con base en la experiencia previa que tiene la entidad en la formulación de indicadores y teniendo en cuenta las condiciones de la metodología que deben cumplir para su diseño, se propone que el equipo designado seleccione el Direccionador Estratégico "PRESTACIÓN DEL SERVICIO" como nicho para incluir el "Programa de Gestión Eficiente de la Energía", junto con los indicadores del desempeño energético y usar el formato "Ficha de Indicadores" establecida por la entidad para su gestión y mostrada en el Anexo E.

En la Tabla 6-5, se puede observar la propuesta para elaborar la ficha del programa de gestión eficiente de la energía, en la cual se establecen los indicadores resultantes del planteamiento de las líneas energéticas de cada proceso, su punto de control inicial en el año 2018 y las metas establecidas para los años siguientes, tomando como base el resultado y las proyecciones de las líneas metas de los sistemas individuales.

Para alcanzar los resultados determinados por los indicadores del programa, se plantea a modo de ejemplo, en cuanto a implementación de proyectos o estrategias, algunas acciones que deben seguirse, su descripción y sus indicadores propios de actividad; el equipo designado establecerá con base en la revisión energética, las estrategias de acción a seguir para alcanzar las metas planificadas, en estas deberán incluirse, las actividades, el presupuesto de inversión, el tiempo de ejecución y los responsables de ejecución y seguimiento.

Cada uno de los indicadores establecidos para la gestión de la energía en la PTAP CENTENARIO, deberá contar con su ficha; en esta, se establece la descripción del indicador, el responsable del análisis, la fórmula de cálculo, la meta, su frecuencia de medición. El Seguimiento de los IDEn's se realizará de forma continua y los resultados se compararan con los años anteriores.

Tabla 6-5: Ficha de programa GEE

Programa: Gestión eficiente de la energía						
Indicadores		**Línea Base**	**Metas [kWh/m3]**			
		2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Índice Energético Bombeo Zona Alta						
Índice Energético Bombeo Cujacal Alto						
Índice Energético Bombeo Cujacal Bajo						
Índice Energético Producción de Agua Potable						
Proyecto	**Descripción**		**Indicador**			
Implementación proyectos de Gestión Eficiente de la Energía	Ejecución de plan operativo de inversiones regulado		▪ Porcentaje de remodelación de instalaciones eléctricas ▪ kW de Co-generación instalados ▪ Numero de motores de alta eficiencia instalados ▪ Numero de controladores electrónicos para motores instalados			

Fuente: Elaboración propia.

El equipo designado, comunicará los resultados obtenidos, a la Alta Dirección y al Comité de Seguimiento al cumplimiento del Plan Estratégico, en el que participan los directivos de los diferentes procesos de la entidad, para que sean incluidos como parte de las políticas estratégicas y de mejoramiento continuo de la entidad.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El compromiso de la alta dirección es el componente principal para implementar el SGEn y se ve reflejado en la adopción voluntaria del Sistema de Gestión Integral durante el periodo de su administración. Si bien, la regulación vigente no exige la implementación de un SGEn, existen políticas dentro de la Ley 1715 de 2014, que establecen que los edificios de carácter público deben ser energéticamente eficientes; de la misma manera se han enmarcado metas específicas para el sector servicios e industrial para la gestión de la demanda, establecidas en el plan de acción indicativo 2017-2022, que pueden adoptarse como puntos de partida para incrementar el nivel de competitividad y rentabilidad de la entidad.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. a nivel documental, presenta un avance bajo; esto se debe a que si bien la entidad ha desarrollado actividades de documentación en la implementación de otros sistemas de gestión de la familia ISO, que son elementos comunes dado la estructura de alto nivel de las normas, estos no se encuentran alineados con los requisitos de la ISO 50001 y no son suficientes para demostrar la conformidad con el estándar, lo cual no permite el seguimiento y control del SGEn. La entidad deberá considerar realizar los ajustes pertinentes a la documentación existente, y se deberán incluir los requerimientos establecidos por el estándar para generar nuevos documentos.

En el desarrollo de acciones de implementación para el SGEn, evidenciadas en la revisión de documentos y registros, se determinó que el ítem de política energética es el que presenta un menor desarrollo, dado que no existen acciones documentadas sobre gestión energética en la política del SGI; mientras que el ítem de verificación se encuentra en un nivel alto y se debe a que todos los esfuerzos se han enfocado en los

sistemas de gestión de calidad, ambiental y seguridad que tienen elementos comunes entre sí y con el SGEn que pueden facilitar su implementación.

La experiencia adquirida en la gestión de requisitos legales aplicables, requeridos por los estándares ISO de los otros sistemas de gestión, han hecho que se alcance un nivel de desarrollo alto en identificación, implementación y evaluación; sin embargo, para el cumplimiento de los requisitos del SGEn se requiere la inclusión de la regulación eléctrica y de gestión de la energía aplicable, es por esto que se hace necesario realizar una investigación profunda y una detallada revisión del cumplimiento de esta, en las instalaciones de la PTAP CENTENARIO.

A raíz de la auditoría energética se determina que la energía eléctrica es el recurso principal para el desarrollo de las actividades en la PTAP CENTENARIO, por lo que las líneas base y meta energética, así como los indicadores del desempeño energético y los planes de acción, deben enfocarse en la gestión de este recurso.

La PTAP CENTENARIO, cuenta con un sistema de adquisición de datos en tiempo real, con instrumentación debidamente calibrada, que provee información de la cantidad de agua tratada y suministrada a la ciudad, medida por cada proceso; también dispone de un sistema de medida indirecta en la frontera comercial con el operador de red que aporta datos globales del consumo de energía en la subestación. Los registros de producción son suficientes para plantear la línea base energética; sin embargo, ocurre lo contrario con los datos de consumo energético, puesto que se requiere información discriminada por proceso y es donde un sistema de medición sectorizada cobra relevancia, para la correcta determinación de la línea base y meta energética, el consumo energético por unidad de producción para formular los IDEn's y para establecer los planes de acción para la mejora en el desempeño energético.

La implementación del SGEn en la PTAP CENTENARIO permitirá gestionar en conjunto todas aquellas acciones aisladas que se han venido desarrollando a través de los años en pro de la eficiencia energética, logrando un seguimiento y control eficaz sobre el consumo energético de las operaciones e identificando oportunidades de mejora en las áreas de consumo significativo, con los que se pueda aumentar el desempeño energético de las instalaciones.

7.2 Recomendaciones

EMPOPASTO S.A E.S.P. es el único prestador de servicio de agua potable que tiene el municipio de Pasto, por lo que tiene asegurado el mercado regional. Esta situación excepcional, hace que la entidad pueda enfocar sus esfuerzos en reducir los costos asociados a la operación para maximizar su rentabilidad. Por lo tanto, se recomienda evaluar desde las altas esferas de la organización la pertinencia, de continuar con el proceso de implementación del SGEn en la PTAP CENTENARIO a partir de los resultados de este trabajo.

Se cuenta con un sistema robusto en la adquisición de datos de presiones y caudales a la entrada y a la salida de los sistemas de producción y distribución, que pueden aportar información valiosa para plantear las líneas bases energéticas de la PTAP CENTENARIO; sin embargo, no se cuenta con una fuente con la que se pueda hacer seguimiento a las variables del clima, por lo cual se recomienda evaluar la pertinencia de la instalación de una estación meteorológica o establecer una alianza estratégica para obtener esta información.

Se recomienda implementar criterios de eficiencia energética, para los diseños de los proyectos nuevos, remodelaciones o expansiones. Así como también, incluir en los diseños eléctricos, sistemas de medida en las áreas de mayor consumo para asegurar el control requerido.

Se recomienda instalar un sistema de medición sectorizada para los procesos de tratamiento y distribución puesto que a partir de esta acción se pueden determinar las líneas bases energéticas, los IDEns, reportar resultados mensuales verídicos a la SSPD y a la alta dirección y controlar la gestión de la energía de cada uno de ellos.

Se recomienda elaborar procedimientos documentados para el control operacional de los procesos desarrollados, así como también formular el plan de mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones que sean identificadas con uso significativo de energía, e incluirlos en el manual de procedimientos. De la misma manera, garantizar la calibración o verificación de los instrumentos de medición relativos a la producción de agua potable como del consumo de energía eléctrica.

Se recomienda formular proyectos de cogeneración de energía que permitan reducir el consumo de energía desde la red, aprovechando las áreas disponibles en las superficies de los tanques de almacenamiento de agua de Zona Media, Gemelos y Zona Alta, así como también las tuberías de conducción desde Zona Media a Zona Baja, ya que se tienen caudales constantes y significativos que varían entre 60l/s y 150l/s y que pueden aprovecharse para microgeneración hidráulica.

A. Anexo: Sistema de monitoreo SCADA, PTAP CENTENARIO.

EMPOPASTO
PRINCIPAL
TANQUES
EST. REMOTAS
TENDENCIAS
AJUSTES
ALARMAS
REPORTES
BITACORA
SALIR
admin
USUARIO
06/08/2018
14:42:58
192.1.3.210
BIOSCIENCES S.A.S
Impulsión Cujacal
2.17 L/s
Caudal C. Jesus
11.36 L/s
Presiones Impulsión
Zona Alta
44.46 psi
Cujacal Alto
0.00 psi
Cujacal Bajo
163.16 psi
QEntrada Z. Alta
0.04 L/s
Caudal Z. Alta
230.45 L/s
Rebose 380 cm
Nivel Zona Alta
248 cm
Calidad Zona Alta
Turbiedad 0.00 NTU
Cloro Res. 0.00 mg/L
Caudal Tq. Filtro
13.47 L/s
Tanques PAC
23.99 m3
40.82 m3
42.61 m3
3.72 m3
0.00 m3
Nivel L. Filtro
150 cm
Rebose 250 cm
Caudal Lavado
0.00 L/s
Dosificación PAC
Dosis 50.00 mg/L
SCV -1.00 SCU
Calidad Parshall
Turbiedad 6.77 NTU
pH 11.03 pH
13.7 °C
Caudal Parshall
606.30 L/s
Caudal Parshall
601.83 L/s
Canal Sedimetada Antiguos
Turbiedad 1.31 NTU
Nivel Canal
77.44 cm
Canal Sedimetada Nuevos
Nivel Canal
58.70 cm
Calidad Entrada
Turbiedad 0.00 NTU
Nitratos 0.00 mg
TOC 0.00 mg/L
DOC 0.00 mg/L
Color Real 0.00 Hz
Color Ap. 0.00 Hz
Turbiedad Bocatoma
9.23 NTU
Tanque Cruz de Amarillo
Caudal
0.00 L/s
Nivel
241 cm
Calidad Filtros Nuevos
Turb. Sed. 1.14 NTU
Turb. Filtr 0.45 NTU
Hay alarmas activadas
Turbiedad Salida Filtros Antiguos
Filtro 1 0.74 NTU
Filtro 2 0.72 NTU
Filtro 3 0.21 NTU
Filtro 4 0.70 NTU
Filtro 5 0.74 NTU
Filtro 6 0.56 NTU
Filtro 7 0.53 NTU
Filtro 8 0.51 NTU
Rebose 370 cm
Nivel Zona Media
306 cm
Caudal Z. Media
204.88 L/s
Calidad Zona Media
Turbiedad 1.01 NTU
Cloro Res. 1.01 mg/L
pH 8.44 pH
13.6 °C
Rebose 370 cm
Nivel Zona Baja
356 cm
Caudal Z. Baja
114.12 L/s
FILTROS
FILTROS NUEVOS
DOSIFICACIÓN
Caudales
Niveles
Volumen PAC
Turbiedad Bocatoma
Calidad Entrada -SCAN-
Calidad Parshall
Calidad Filtros
Calidad Zona Media
Calidad Zona Alta
Dosificación
Presión Impulsión
Tanque Cruz de Amarillo
Caudal Parshall

B. Anexo: Formato de reporte mensual producción de agua potable.

EMPOPASTO agua para toda la vida	EMPOPASTO S.A. E.S.P. NIT 891200686-3						
	NOMBRE DEL FORMATO:	AGUA SUMINISTRADA					
	PROCESO DE PRODUCCION			VIGENCIA 18-OCT-16	VERSION 3	CODIGO 30 2-0005	CONSECUTIVO

NOVIEMBRE 2017								
DÍA	TOTAL AGUA TRATADA m3	AGUA SUMINITRADA PLANTA CENTENARIO m3						
		ZONA ALTA	C. DE JESUS	ZONA MEDIA	ZONA BAJA	CUJACAL ALTO	CUJACAL BAJO	TOTAL DÍA
1	1.779,8	13.597,0	987,8	11.383,4	5.930,9	468,4	4.006,3	36.373,9
2	2.164,7	13.586,1	969,9	11.453,2	6.073,3	478,9	4.179,4	36.740,8
3	2.177,6	13.629,8	962,8	12.054,4	6.205,7	553,4	4.124,7	37.530,8
4	2.111,4	15.154,5	1.046,8	11.937,9	5.797,2	526,3	4.500,9	38.963,7
5	2.127,3	13.049,6	949,0	9.570,2	4.540,7	506,3	4.182,3	32.798,0
6	1.904,5	13.851,8	998,4	10.304,4	5.078,6	551,9	4.240,9	35.026,0
7	1.848,0	13.744,1	941,4	11.391,6	6.177,5	480,3	4.039,9	36.774,7
8	2.055,4	13.526,0	941,8	11.175,7	6.054,0	463,9	3.974,2	36.135,6
9	2.216,4	13.450,5	933,2	11.389,0	5.909,9	461,3	4.163,5	36.307,5
10	2.086,3	14.279,3	947,8	11.636,0	6.087,8	486,8	4.501,7	37.939,4
11	1.953,3	14.670,7	984,5	11.611,6	5.719,3	532,8	4.564,1	38.083,0
12	1.771,7	12.808,8	952,0	9.131,1	4.549,4	489,8	4.162,0	32.093,2
13	1.754,8	13.839,3	951,5	10.184,4	5.002,8	529,6	4.352,0	34.859,7
14	1.790,3	13.408,0	890,4	10.704,4	6.154,9	480,3	3.920,0	35.558,1
15	1.937,7	13.299,2	928,7	10.603,6	6.054,0	446,9	3.877,9	35.210,4
16	2.195,4	13.417,8	931,4	10.679,6	5.909,9	491,8	4.043,3	35.474,0
17	2.161,3	13.550,1	910,5	10.806,8	6.087,8	458,9	3.991,3	35.805,3
18	1.904,2	14.990,0	1.049,8	11.579,2	5.719,3	553,7	4.627,9	38.520,0
19	2.232,1	12.940,0	952,3	8.975,7	4.549,4	472,0	4.062,2	31.951,6
20	2.310,8	13.415,1	897,4	10.592,9	5.002,8	443,2	3.844,7	34.196,0
21	2.003,2	13.854,3	955,3	11.054,8	6.080,2	490,6	4.253,4	36.688,7
22	2.042,1	13.655,0	990,2	11.061,0	5.960,3	471,1	4.173,3	36.310,9
23	2.082,9	15.093,1	907,6	9.577,2	5.807,7	467,0	3.792,1	35.644,6
24	2.154,8	13.785,9	910,5	11.014,1	6.108,3	485,0	4.066,9	36.370,8
25	2.006,3	14.725,2	1.049,8	11.641,4	6.273,2	538,8	4.514,8	38.743,2
26	2.186,2	13.700,9	952,3	9.258,5	3.140,4	535,3	4.341,7	31.929,1
27	2.213,2	13.742,9	975,6	10.819,3	6.720,6	465,1	4.173,2	36.896,8
28	2.315,1	13.846,5	958,7	10.791,1	6.274,3	496,6	4.054,8	36.422,1
29	2.162,7	13.724,0	993,6	11.014,8	5.961,4	481,5	4.200,6	36.375,9
30	2.197,1	13.783,6	924,9	11.148,0	6.163,2	490,8	4.022,7	36.533,2
TOTAL MES m3	**61.846,7**	**414.119,3**	**28.746,2**	**324.545,3**	**171.095,1**	**14.798,4**	**124.952,6**	**1.078.257,0**

C. Anexo: Matriz de consumo energético en la frontera con el OR

CEDENAR
Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P.

MATRIZ DE CONSUMO ENERGETICO USUARIOS NO REGULADOS

CENTRO LOCAL DE CONTROL

FECHA	CODIGO SIC	CODIGO PROPIO	HORA 01	HORA 02	HORA 03	HORA 04	HORA 05	HORA 06	HORA 07	HORA 08	HORA 09	HORA 10	HORA 11	HORA 12	HORA 13	HORA 14	HORA 15	HORA 16	HORA 17	HORA 18	HORA 19	HORA 20	HORA 21	HORA 22	HORA 23	HORA 24	TOTAL
NOV. 1	I2BCR001	CED-NR-407652	344,958	344,958	345,841	347,595	97,677	128,478	149,604	212,961	212,079	209,441	209,441	213,843	267,524	333,518	337,038	324,715	271,916	273,681	310,638	349,360	345,841	345,841	320,323	281,601	6.578,87
NOV. 2	I2BCR001	CED-NR-407652	283,356	284,239	286,003	276,318	242,880	158,397	144,320	344,076	342,321	158,397	164,563	159,279	181,277	339,684	340,557	340,557	337,920	342,321	187,443	146,084	282,484	280,719	271,043	240,242	6.134,48
NOV. 3	I2BCR001	CED-NR-407652	205,040	184,797	98,560	80,081	26,400	303,599	343,203	92,403	88,884	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	157,079	205,922	255,202	349,142	263,341	280,283	280,719	3.214,65
NOV. 4	I2BCR001	CED-NR-407652	281,383	282,702	161,480	22,662	22,216	248,163	271,916	273,017	279,619	189,862	158,179	157,297	158,397	158,843	155,542	168,082	268,843	269,497	279,837	278,518	279,619	331,763	345,622	344,304	5.387,37
NOV. 5	I2BCR001	CED-NR-407652	263,445	244,910	227,711	235,680	227,370	208,502	212,249	210,912	197,423	188,809	161,290	180,291	212,648	238,952	269,412	275,929	287,397	288,061	299,264	293,535	289,171	273,567	268,606	264,071	5.819,21
NOV. 6	I2BCR001	CED-NR-407652	398,203	298,098	210,760	135,081	51,917	121,222	293,696	274,345	281,601	340,339	344,740	177,758	153,778	155,324	154,878	154,442	157,743	157,743	342,976	348,478	346,723	233,204	209,878	208,777	5.551,70
NOV. 7	I2BCR001	CED-NR-407652	217,362	214,061	215,380	215,161	216,044	315,476	367,402	318,341	273,899	285,785	271,698	272,580	278,518	169,837	161,262	157,079	157,743	159,061	181,941	345,622	346,723	347,595	320,978	212,524	6.022,07
NOV. 8	I2BCR001	CED-NR-407652	212,079	212,743	203,503	207,241	144,320	91,085	83,382	100,096	74,361	70,841	220,882	336,819	339,684	339,020	336,383	335,937	337,920	338,802	343,640	344,522	320,978	186,561	210,542	210,324	5.601,66
NOV. 9	I2BCR001	CED-NR-407652	211,424	136,617	23,762	22,880	237,824	335,937	235,177	344,740	342,539	341,221	315,258	16,496	47,743	160,816	157,961	162,799	160,816	226,383	348,696	351,342	349,796	336,601	326,261	327,580	5.520,67
NOV. 10	I2BCR001	CED-NR-407652	301,399	96,805	98,123	98,560	98,560	205,704	308,883	280,283	267,742	159,061	159,716	157,961	339,020	345,177	339,457	354,198	441,535	387,418	395,120	106,262	95,040	95,704	232,758	280,501	5.644,99
NOV. 11	I2BCR001	CED-NR-407652	281,156	281,383	280,501	110,218	22,444	47,515	145,639	294,578	341,875	340,121	77,444	40,704	159,716	182,160	337,483	339,238	338,138	336,601	346,277	345,177	344,522	439,116	310,202	276,764	6.018,97
NOV. 12	I2BCR001	CED-NR-407652	277,636	250,136	139,482	169,619	264,441	201,739	237,159	282,038	156,860	153,341	156,196	154,660	154,442	153,123	148,940	266,642	268,179	271,698	275,435	277,864	278,300	390,282	398,203	396,439	5.722,86
NOV. 13	I2BCR001	CED-NR-407652	307,119	93,504	93,504	93,504	93,058	170,501	208,341	339,238	124,077	89,984	88,220	90,421	88,220	88,220	268,397	338,802	339,238	341,875	345,177	347,377	346,277	346,505	347,159	345,404	5.334,12
NOV. 14	I2BCR001	CED-NR-407652	244,644	208,341	139,036	147,621	213,179	247,499	236,277	91,303	157,525	159,716	272,580	339,457	305,136	272,362	273,017	274,345	272,362	272,580	280,719	217,362	211,860	212,961	213,843	211,860	5.475,58
NOV. 15	I2BCR001	CED-NR-407652	106,917	98,560	97,677	97,459	205,922	330,435	184,797	89,320	88,002	90,202	94,376	258,057	340,339	342,539	340,557	338,356	336,819	336,819	218,017	95,040	96,141	101,861	98,560	163,463	4.550,23
NOV. 16	I2BCR001	CED-NR-407652	396,221	396,003	398,858	331,763	314,603	139,264	158,843	159,498	159,061	159,061	160,380	159,061	214,279	296,779	337,920	340,785	337,702	311,302	281,156	278,300	279,837	279,837	280,937	280,719	6.452,17
NOV. 17	I2BCR001	CED-NR-407652	219,335	212,743	214,061	214,943	241,125	298,316	150,258	161,044	159,061	208,777	339,457	342,976	299,644	271,916	273,244	278,964	273,899	88,656	96,577	95,704	206,804	282,484	266,424	212,297	5.408,71
NOV. 18	I2BCR001	CED-NR-407652	254,101	229,457	207,905	104,716	95,704	170,056	274,781	344,958	344,076	343,858	161,044	155,760	157,743	155,324	153,559	157,961	213,843	269,715	280,065	279,619	280,283	280,719	280,283	281,601	5.477,13
NOV. 19	I2BCR001	CED-NR-407652	279,837	280,065	256,957	211,196	211,642	211,642	136,399	173,138	155,542	158,615	206,140	270,598	275,663	273,017	272,580	273,681	275,435	274,117	281,383	281,601	285,121	283,356	283,138	365,202	5.976,07
NOV. 20	I2BCR001	CED-NR-407652	397,757	397,321	221,318	22,216	76,343	78,544	59,183	100,324	163,017	297,879	308,655	273,244	276,318	234,304	253,219	339,238	340,121	319,441	160,162	161,698	163,017	166,764	162,144	183,924	5.156,15
NOV. 21	I2BCR001	CED-NR-407652	236,059	322,078	264,878	160,598	98,123	94,822	246,845	276,318	274,563	273,899	275,435	161,698	155,096	154,660	154,878	158,397	153,996	137,718	130,461	275,881	278,518	279,619	281,383	280,719	5.126,64
NOV. 22	I2BCR001	CED-NR-407652	280,719	282,256	282,920	262,022	216,698	168,965	158,179	219,999	204,822	205,922	210,096	223,519	389,618	378,397	275,663	249,036	158,615	158,843	281,383	350,024	348,478	349,578	350,460	309,984	6.316,20
NOV. 23	I2BCR001	CED-NR-407652	282,702	284,020	255,202	163,463	197,119	282,484	276,982	279,401	273,462	274,117	275,217	221,982	162,144	158,179	161,044	160,816	161,698	160,816	270,816	351,342	349,142	392,037	396,875	397,103	6.188,16
NOV. 24	I2BCR001	CED-NR-407652	284,684	131,561	24,199	86,683	367,402	102,079	305,364	344,304	290,177	159,716	157,079	157,961	159,943	154,223	154,660	153,996	159,716	198,001	204,376	216,916	350,897	349,796	348,041	256,520	5.118,29
NOV. 25	I2BCR001	CED-NR-407652	210,542	211,860	211,642	212,743	204,376	214,061	275,663	282,484	273,462	273,017	278,300	274,117	274,563	211,424	151,577	156,642	156,642	157,297	293,478	347,159	348,478	349,796	408,543	445,064	6.222,93
NOV. 26	I2BCR001	CED-NR-407652	354,198	212,297	212,297	212,297	48,616	278,518	201,957	94,158	157,525	156,860	154,442	216,480	272,798	274,781	273,017	273,899	273,244	276,764	277,864	284,457	240,024	269,497	275,663	275,217	5.566,87
NOV. 27	I2BCR001	CED-NR-407652	274,999	146,084	95,040	93,722	183,696	231,221	275,217	279,182	343,640	345,841	341,657	312,839	271,262	271,262	272,144	273,017	269,943	95,040	92,839	95,040	137,936	277,418	279,619	279,182	5.537,84
NOV. 28	I2BCR001	CED-NR-407652	280,937	282,038	281,383	176,221	23,981	266,424	274,345	148,940	95,704	93,722	91,739	157,525	275,663	274,117	317,677	259,603	157,743	155,096	162,581	183,924	346,941	348,696	375,541	397,976	5.428,52
NOV. 29	I2BCR001	CED-NR-407652	268,805	241,694	236,856	243,287	203,105	162,666	142,897	181,923	162,628	168,386	169,572	199,690	241,390	257,640	242,880	259,158	243,657	261,017	298,287	301,939	298,420	288,744	277,845	285,016	5.637,50
NOV. 30	I2BCR001	CED-NR-407652	282,512	251,683	224,619	211,092	206,653	215,750	225,245	263,815	269,497	278,120	248,486	242,993	243,249	241,229	237,235	228,622	232,872	227,920	252,527	278,670	301,550	289,266	289,959	285,235	6.028,80

D. Anexo: Programas E Indicadores Por Direccionador Estratégico

DIRECCIONADOR ESTRATÉGICO	PROGRAMA	INDICADOR
Prestación del Servicio	Control de perdidas	Índice de agua no contabilizada - IANC
		Índice de pérdidas por usuario facturado – IPUF
	Gestión integral de abastecimiento, acueducto y alcantarillado	Índice de Continuidad IC
		Índice de cobertura de acueducto
		Índice de cobertura de alcantarillado
		Promedio anual del Índice de riesgo de calidad de agua IRCA-Red
Gestión Organizacional	Cultura organizacional y clima laboral	Nivel de Satisfacción del Cliente Interno
		Indicador de Selección
		Índice de Lesiones Incapacitantes (ILI)
	Sistemas de planeación, gestión y evaluación	Nivel de satisfacción de la gestión de EMPOPASTO
		Nivel cumplimiento frente a organismos de inspección, vigilancia y control
	Gestión financiera y tarifaria	Ejecución presupuesto de ingresos
		Ejecución presupuesto de gastos
	Tecnología de la información y comunicación	Continuidad de los Sistemas de Información
	Infraestructura y modelo integral de logística	Satisfacción de cliente interno
Gobierno Corporativo	Gobierno Corporativo	Nivel de institucionalización de Gobierno Corporativo
	Comunicaciones	Índice nivel de satisfacción de la gestión actual de EMPOPASTO S.A. E.S.P.
		Nivel de satisfacción general del servicio que presta EMPOPASTO S.A. E.S.P.
Gestión Socio Ambiental-Territorial	Gobernanza del agua y territorio en la región hídrica del Valle de Atríz.	Porcentaje de participación interinstitucional para aprovechar los recursos humanos y financieros en el fondo del agua
		Porcentaje de instrumentos de planificación del agua y el territorio con alcance regional y territorial
	Desarrollo Socio ambiental Empresarial.	Nivel de satisfacción de los usuarios en áreas intervenidas
		Nivel de desempeño Ambiental en los procesos de la empresa
Desarrollo Empresarial	COMPASS	Calificación herramienta AQUARATING
	Crecimiento económico	Participación de ingresos por prestación de nuevos servicios
	Innovación, investigación y desarrollo	EMPOPASTO S.A. E.S.P. genera desarrollos innovadores en la operación de sus servicios a través de alianzas estratégicas con empresarios, comunidades, ONG, etc.
		Número de investigaciones Realizadas

E. Anexo: Ficha de Indicadores por proceso.

EMPOPASTO S.A. E.S.P.
NIT 891200686-3

NOMBRE DEL FORMATO:

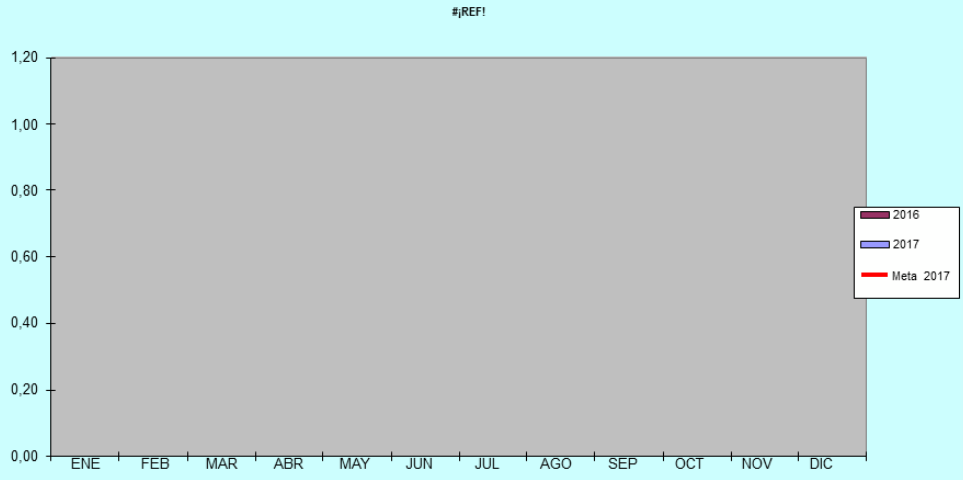
FICHA DE INDICADORES POR PROCESO

PROCESO MEJORAMIENTO CONTINUO	VIGENCIA	VERSIÓN	CODIGO	CONSECUTIVO
	18-oct-16	3	30.2-0002	

NOMBRE DEL PROCESO:	
NOMBRE DEL INDICADOR:	
DESCRIPCION DEL INDICADOR	
RESPONSABLE DEL ANALISIS	

Direccionador Estrategico asociado	FORMULA	META	FRECUENCIA	SEMAFORO DE LA META		
				Mayor e igual a 98%	Mayor e igual a 95% y menor a 98%. Se desvía del plan.	menor a 95%. No cumple con el plan

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2016													#¡DIV/0!
2017													#¡DIV/0!
Meta 2017													



	Semaforo
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	0,00
Junio	0,00
Julio	0,00
Agosto	0,00
Septiembre	0,00
Octubre	0,00
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00

Análisis: Se debe describir el análisis del Resultado.	ENERO a DICIEMBRE
Plan de acción puntual. Describir el plan de acción que se toma cuando el indicador no cumple la meta; en caso de no cumplirse 2 meses seguidos hacer referencia a la acción correctiva abierta.	

Indicadores ascendentes: entre mayor valor del indicador, mejor gestión (Ejemplo: ingresos, inversiones): LOGRO = REAL / PLAN.
Indicadores descendentes: entre menor valor del indicador, mejor gestión (Ejemplo: costos, pérdidas de agua):LOGRO = Plan / Real

Control de Cambios:

Elaborado por:	Revisado Por:	Aprobado Por:
Formato en Original	Formato en Original	Formato en Original

Bibliografía

[1] International Energie Agency, “Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas”, 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyVespagnol_epdf.pdf. [Consultado: 09-jul-2018].

[2] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, “Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, 2015. [En línea]. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf%5Cnhttps://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf. [Consultado: 06-jun-2018].

[3] C. GACÍA ARBELAÉZ, G. VALLEJO, M. Lou HIGGINS, y E. M. ESCOBAR, *El Acuerdo De París Así Actuará Colombia Frente Al Cambio Climático*, 1a ed. Cali, Colombia: WWF-Colombia, 2016.

[4] UPME, “Proyección de precios de los energéticos para generación eléctrica 2014 – 2037”, 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/SeccionNoticias/PROYECCION_DE_PRECIOS_DE_COMBUSTIBLES_SEGUNDO_SEMESTRE.pdf. [Consultado: 25-may-2018].

[5] J. H. A. W. Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M. Peters, “EDGAR - GHG (CO2, CH4, N2O, F-gases) emission time series 1990-2012 per region/country - European Commission”, *http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf*, 2014. [En línea]. Disponible en: http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2013. [Consultado: 03-jun-2018].

[6] Instituto de hidrología metereología y estudios ambientales IDEAM, “INFORME SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EL NIÑO”, *Boletin 007*, 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/fenomeno-el-nino-se-intensifica-y-alcanza-intensidad-moderada. [Consultado: 05-jun-2018].

[7] Expertos en Mercados XM, “Informe de operación del mercado y administración del SIN 2016”, 2016. [En línea]. Disponible en: http://informesanuales.xm.com.co/2016/SitePages/operacion/1-1-Presentacion.aspx. [Consultado: 11-jun-2018].

[8] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 40098 de 2017*. Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2017, p. 586.

[9] U. de P. M. E. UPME, “Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050”, *Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia*, 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf.

[10] Gobierno Boliviano, “Impulsando el Buen Vivir”, *El Vivir Bien como respuesta a la Cris. Glob.*, vol. I, núm. Salvar el planeta y la humanidad, p. 202, 2013.

[11] G. de Colombia, “Colombia presenta en la COP21 su compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”, *Presidencia de Colombia*, 2015. [En línea]. Disponible en: http://wp.presidencia.gov.co/SitePages/DocumentsPDF/HD_COP21.pdf. [Consultado: 28-may-2018].

[12] International Energy Agency, “World Energy Outlook 2016”, *Secur. Sustain. Together*, p. 684, 2016.

[13] A. Almeida, P. Bertoldi, y W. Leonhard, *Energy Efficiency Improvements in Electric Motors and Drives*, 1a ed. Oxfordshire U.K.: Springer Berlin Heidelberg, 1997.

[14] V. Introna, V. Cesarotti, M. Benedetti, S. Biagiotti, y R. Rotunno, “Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies”, *J. Clean. Prod.*, vol. 83, pp. 108–117, nov. 2014.

[15] N. Laiton, “Viabilidad técnica y operativa para implementar un sistema de gestión energética (SGE) en una refinería de Colombia basado en la metodología del estándar ISO 50001”, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, 2013.

[16] M. Dörr, S. Wahren, y T. Bauernhansl, “Methodology for Energy Efficiency on Process Level”, *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 652–657, ene. 2013.

[17] A. Byrne, “Implementation of ISO 50001 Energy Management System in Sports Stadia Implementation of ISO 50001 Energy Management System in Sports”, vol. 2, núm. 1, 2014.

[18] Naciones Unidas, “Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático”, *Protoc. Kyoto*, vol. 61702, p. 20, 1998.

[19] D. Conway *et al.*, “Climate and southern Africa’s water–energy–food nexus”, *Nat. Clim. Chang.*, vol. 5, p. 837, ago. 2015.

[20] A. P.; R. Rosas, “Evaluación para sistemas de bombeo de agua”, *Banco Interamericano de Desarrollo BID*, 2011. [En línea]. Disponible en: https://publications.iadb.org/handle/11319/2723. [Consultado: 12-jun-2018].

[21] M. Lee *et al.*, “Water-energy nexus for urban water systems: A comparative review on energy intensity and environmental impacts in relation to global water risks”, *Appl. Energy*, vol. 205, núm. March, pp. 589–601, 2017.

[22] M. Wakeel, B. Chen, T. Hayat, A. Alsaedi, y B. Ahmad, “Energy consumption for water use cycles in different countries: A review”, *Appl. Energy*, vol. 178, núm. 19, pp. 868–885, 2016.

[23] A. K. Plappally y J. H. Lienhard V, “Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, núm. 7, pp. 4818–4848, 2012.

[24] J. A. Elías-Maxil, J. P. Van Der Hoek, J. Hofman, y L. Rietveld, “Energy in the urban water cycle: Actions to reduce the total expenditure of fossil fuels with emphasis on heat reclamation from urban water”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 808–820, 2014.

[25] E. Correa, “Propuesta para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía en la planta de Colombates S.A.”, 2016.

[26] P. G. Ranky y I. S. O. Tag, “Sustainable energy management and quality process models based on ISO 50001:2011 the International Energy Management Standard”, *Sustain. Syst. Technol. (ISSST), 2012 IEEE Int. Symp.*, pp. 1–6, 2012.

[27] R. Castrillon, A. González, y E. Ciro, “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*, núm. 177, pp. 115–123, 2013.

[28] O. Fredy, P. Caicedo, H. Camilo, y T. Valderrama, “Sistemas de Gestión de Energía . Caso de estudio ”:

[29] ISO, *Sistemas de gestión de la energía, Requisitos con orientación para su uso. ISO 50001:2011*. Suiza, Génova, 2011, p. 32.

[30] A. T. M. Arian Aghajanzadeh, Peter L.Therkelsen, Prakash Rao, “Global Impact Estimation of ISO 50001 Energy Management System for Industrial and Service Sectors”, p. 18, 2016.

[31] S. Restrepo, J. C. Mesa, y L. Ocampo, Olga Lucía Ocampoa, Perdomo, “Caracterización de la gestión energética en una empresa manufacturera de Manizales”, *Rev. Energética*, vol. 44, pp. 33–39, 2014.

[32] R. P. Castrillon Mendoza, J. P. Monteagudo Yanes, A. Borroto Nordelo, y E. C. Quispe Oquena, “Linea de Base Energetica en la implementacion de la norma ISO 50001. Estudios de casos”, *Rev. El Hombre y la Maquina*, núm. 46, pp. 137–143, 2015.

[33] T.-Y. Chiu, S.-L. Lo, y Y.-Y. Tsai, “Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems”, *Energies*, vol. 5, núm. 12, pp. 5324–5339, 2012.

[34] G. May, I. Barletta, B. Stahl, y M. Taisch, “Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency”, *Appl. Energy*, vol. 149, pp. 46–61, 2015.

[35] A. Hernández Pineda, G. E. Carmona Vázquez, L. Flores Díaz, y R. D. Sosa Granados, *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía*, 1a ed., vol. 1. Mexico D.F: Conuee - Gobierno de Mexico, 2014.

[36] UPME, COLCIENCIAS, UNIATLANTICO, y UAO, *Guía para la Implementación Sistema de Gestión Integral de la Energía*, 1a ed. Bogotá D.C: UPME-COLCIENCIAS, 2008.

[37] Upme, “Plan De Acción Indicativo De Eficiencia Energética 2017-2022”, 2016.

[38] Luis Fernando Chanto, “La Gestión de Energía según la Norma ISO”, 2015. [En línea]. Disponible en: https://docplayer.es/59091691-La-gestion-de-energia-segun-la-norma-iso-50001.html#download_tab_content. [Consultado: 05-jun-2018].

[39] ISO, *Energy management systems, Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system. ISO 50004:2014*. Genova Suiza, 2014, pp. 1–45.

[40] J. Correa, A. Borroro, M. Alpha, R. González, M. Curbelo, y A. Díaz, “Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011”, *Ing. Energética*, vol. 35, núm. 1, pp. 38–47, 2014.

[41] E. S. A. .E.S.P., “Resolución 044 de Enero 27 de 2017 -Plan Estratégico 2017 - 2020, Agua para toda la vida.”, vol. 1, p. 48, 2017.

[42] N. J. Salkind, R. L. Escalona, y V. Valdés Salmerón, *Métodos de investigación*, 3. ed. México: Prentice Hall, 1998.

[43] ICONTEC, “Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9000 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y Vocabulario”, núm. 571, 2015.

[44] A. B. Nordelo, *Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001*, 1a ed. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos, 2013.