

*Universidad de Matanzas
Sede: "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



**EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LA UEB OESTE MATANZAS DE LA
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADOS.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Alberto Rodríguez Fernández

Matanzas, 2022

*Universidad de Matanzas
Sede: "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



**EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LA UEB OESTE MATANZAS DE LA
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADOS.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Alberto Rodríguez Fernández

Tutor: MSc. Gabriel Roque Villalonga

Cotutor: Ing. Jorge Luis Mesa Medina

Matanzas, 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

La Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Matanzas es un gran consumidor de energía eléctrica, representando el 12% del consumo total de la provincia. Un uso eficiente de la energía en esta empresa impacta directamente en su rentabilidad, además de reducir el impacto ambiental que esta provoca. En el presente trabajo de diploma se tiene como objetivo evaluar la eficiencia en el uso del portador energético electricidad en la UEB Oeste Matanzas perteneciente a la EAAM y realizar las propuestas de mejoras necesarias. Para ello se realizó un levantamiento de cargas, analizando también la coincidencia de la capacidad de la fuente de abasto con la bomba. Se comprobó la correcta contratación de máxima demanda. Se propusieron bancos de capacitores para obtener la máxima bonificación por concepto de factor de potencia y se propuso el reacomodamiento de los horarios de bombeo. Con la instalación de bancos de capacitores propuestos y analizando la distribución de los horarios de bombeo, la demanda contratada y el componete de la factura correspondiente a las pérdidas por transformación el monto que es posible ahorrar asciende a 10 millones de cup anuales. Con el consumo eléctrico actual en la UEB el impacto ambiental referido a toneladas de CO₂ emitidas asciende a 14 802,8 y le genera al país un costo de 1 506 878,46 usd y por la quema de 4 293,10 de toneladas de combustible.

Palabras claves: energía eléctrica; factor de potencia; eficiencia energética.

ABSTRACT

The Matanzas Aqueduct and Sewer Company is a large consumer of electricity, representing 12% of total consumption in the province. Efficient use of energy in this company has a direct impact on its profitability, in addition to reducing the environmental impact that it causes. In this diploma work, the objective is to evaluate the efficiency in the use of the electricity energy carrier in the UEB West Matanzas belonging to the EAAM and to make the necessary improvement proposals. For this, a load survey was carried out, also analyzing the coincidence of the capacity of the supply source with the pump. The correct contracting of maximum demand was verified. Capacitor banks were proposed to obtain the maximum bonus for power factor concept and the rearrangement of pumping schedules was proposed. With the installation of the proposed capacitor banks and analyzing the distribution of pumping hours, the contracted demand and the component of the bill corresponding to transformation losses, the amount that can be saved amounts to 10 million cup per year. With the current electricity consumption in the UEB, the environmental impact referred to tons of CO₂ emitted amounts to 14 802,8 and generates a cost for the country of 1 506 878,46 USD and by burning 4 293,10 tons of fuel.

Keywords: Electric power; power factor; energy efficiency.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1: Estado del Arte.....	3
1.1 Sistema de abasto de agua en Matanzas.	3
1.1.1 Sistema de redes hidráulicas.	4
1.1.2 Elementos que integran una red:.....	4
1.2 Energía eléctrica y su uso eficiente.....	6
1.3 Marco regulatorio.....	8
1.4. Equipos electromecánicos implicados en el proceso.....	10
1.4.1. Bombas sumergibles y verticales.....	10
1.4.2. Suministro de energía eléctrica.....	12
1.4.3. Purificación del agua.....	12
1.5. Sistema tarifario en Cuba.....	13
1.5.1. Penalización por factor de potencia.....	15
1.5.2. Cálculo para las pérdidas por transformación.....	17
1.6. Indicadores de desempeño energético.....	18
1.7. Oportunidades de empleo de fuentes renovables de energía.....	19
1.8 Conclusiones parciales.....	20
CAPÍTULO 2: Materiales y Métodos.....	21
2.1 Resultados de la guía de evaluación aplicada.....	21
2.2 Indicadores de desempeño energético en la UEB.....	22
2.3 Levantamiento de cargas.....	23
2.4 Análisis de la facturación.....	25
2.5 Análisis de los factores de potencia.....	27
2.7 Acomodo de los horarios o Estructura de consumo.....	30
2.8 Cálculo de pérdidas por transformación.....	31
2.9 Conclusiones parciales.....	33
Capítulo 3: Análisis de los Resultados.....	34
3.1 Análisis de máxima demanda contratada.....	34
3.2 Acomodo de los horarios en los servicios de bombeos.....	36
3.3 Análisis de bonificaciones por concepto de FP. (Penalización / Bonificación).....	37
3.4 Análisis de las pérdidas por transformación.....	38
3.5 Análisis económico.....	40
3.6 Impacto ambiental.....	41
3.7 Conclusiones parciales.....	42
Conclusiones	43
Recomendaciones	44
Referencias Bibliográficas	45
Anexos	46
Anexo 1 Muestra del sistema de abasto del municipio de Matanzas. Fuente: elaboración propia.....	46
Anexo 2 Pérdidas de hierro y cobre en los transformadores monofásicos. Fuente: Gaceta Oficial no.26 extraordinaria del 13 de abril del 2021.....	47
Anexo 3 Pérdidas de hierro y cobre en los transformadores trifásicos. Fuente: Gaceta Oficial no.26 extraordinaria del 13 de abril del 2021.....	47

Anexo 4 Conversión de kWh consumido a combustible gastado, gasto que representa el sobre consumo y contaminación a la atmósfera. Fuente: ONURE..... 49

INTRODUCCIÓN

La eficiencia y la conservación de la energía son factores importantes para reducir el impacto ambiental del sector energético. La eficiencia energética contribuye a reducir la dependencia externa y las vulnerabilidades en el ámbito energético (Linares and Labandeira 2010). No existe un entendimiento común del requerimiento mínimo de agua dulce per cápita para la salud humana y el desarrollo económico y social, considerando las necesidades mínimas de agua para el sustento de un país sugiere de 135 litros por personas por día (Chenoweth 2008).

La energía eléctrica es imprescindible para la industria, siendo aproximadamente la mitad de la energía consumida en este sector. En Cuba ha aumentado el costo de la electricidad a partir del ordenamiento de la economía y para las empresas de Acueducto y Alcantarillado dicho aumento no ha sido proporcional con el aumento del precio de venta de los servicios, influyendo en su rentabilidad. El bombeo de agua en Cuba impacta negativamente en el medio ambiente debido a la quema de combustibles fósiles para producir la energía necesaria. En Matanzas el consumo de los últimos tres años es de 121,3 GWh, y consecuentemente 136 677 toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera. (Fuente ONURE).

Los recursos hídricos disponibles en Cuba son limitados y están heterogéneamente distribuidos. La media nacional de 1 220 m³ de agua por persona al año sitúa al país en un nivel de estrés hídrico moderado. Debido al bajo volumen de agua disponible por habitante al año, el bajo índice de reposición anual de los recursos hídricos, la baja eficiencia en el uso del agua y las pérdidas en las redes de distribución y consumo, el agua constituye para Cuba el principal desafío ambiental para garantizar su sostenibilidad en el desarrollo, así como su seguridad ambiental y alimentaria. El cambio climático agudiza este reto (Díaz Duque 2018).

Los lineamientos del Partido Comunista de Cuba referentes al ahorro energético (144 al 153) priorizan la implementación de los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) en el sector estatal y privado como base para la identificación permanente de los potenciales de

ahorro y perfeccionar el trabajo de planificación y control del uso de los portadores energéticos, estrechamente relacionados con la Tarea Vida (Bencomo Ramos, Juan Carvajal et al. 2021). La NC ISO 50 001:2018 define que la implementación exitosa de SGEN depende de establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía y especialmente del compromiso de todos los niveles de la organización, sobre todo, de la alta dirección.

En el marco del proyecto sectorial entre la Universidad de Matanzas y la Empresa Provincial de Acueducto y Alcantarillado de Matanzas (EAAM) han sido detectadas graves deficiencias en cuanto al uso racional de la energía eléctrica, por los que se formula el siguiente **problema de investigación**:

No cumple objetivo el actual SGEN en la EAAM, por lo que el portador energético electricidad es usado de manera irracional, siendo este uno de los principales factores que hacen que la empresa no cumpla sus planes económicos.

Para dar solución a este problema se plantea la siguiente **hipótesis**: las pérdidas económicas de la EAAM se pueden solventar en gran medida haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica.

Objetivo general:

Evaluar la eficiencia en el uso del portador energético electricidad en la UEB Oeste Matanzas perteneciente a la EAAM y realizar las propuestas de mejoras necesarias.

Objetivos específicos:

- 1- Realizar un levantamiento de cargas, analizando también la coincidencia de la capacidad de la fuente de abasto con la bomba.
- 2- Comprobar la correcta contratación de máxima demanda.
- 3- Proponer bancos de capacitores para obtener la máxima bonificación por concepto de factor de potencia.
- 4- Proponer reacomodamiento de los horarios de bombeo.

CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

En el presente capítulo, posterior a una exhaustiva revisión de la bibliografía disponible, se detalló cómo se constituye un sistema de redes hidráulicas; se definieron un grupo de elementos imprescindibles para su funcionamiento. Se expusieron las principales normativas vigentes en el territorio nacional en relación con los sistemas de gestión de la energía y la política del estado respecto al uso racional de recursos naturales. Se expuso el sistema tarifario al que están sometidos los servicios estudiados, que por sus características pudieran estar penalizados por concepto de factor de potencia.

1.1 Sistema de abasto de agua en Matanzas.

La EAAM es creada el 1 de abril del 2002. Surge debido a la necesidad de prestar, de forma eficiente, los servicios de acueducto, alcantarillado, tratamiento de aguas y residuales; así como, garantizar el mantenimiento de la infraestructura técnica a los 13 municipios en la provincia. Cuenta con 159 sistemas de abastecimiento de agua para el consumo humano en la provincia, de ellos 69 sistemas urbanos y 90 sistemas rurales, abarcando a una población de 527 842 habitantes y 209 estaciones de bombeo y 25 de rebombeo de agua potable a través de 1 531 km de redes, donde 1 135 km son de conductoras y 336 km son de redes, suministrando mensualmente como promedio 12 227 772 hm³ de agua, para un promedio per cápita de 112 litros por personas por días (lppd). El tiempo medio de servicio de nuestros sistemas es de 15,6 horas diarias en la provincia. Alrededor de 74% de la población, cuenta con cobertura de servicios de agua potable administrado por la empresa, restando otro 26% de la población que recibe el servicio de otros organismos en la provincia. El tratamiento y desinfección del agua se garantiza con 136 equipos de cloración de ellos, 8 equipos cloradores y 128 equipos hipocloradores, instalados en las principales fuentes de abasto de la provincia. La potabilidad acumulada hasta la fecha es de 93,9% y siguen perfeccionando el trabajo desde la base y de conjunto con el Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, para mejorar los resultados alcanzados. Otro indicador que está plasmado en la estrategia provincial de sostenibilidad es la supresión de salideros, al cierre del año 2021 se suprimen un total de 18 226 salideros. Para el 2022 está previsto un plan de 7 380.

1.1.1 Sistema de redes hidráulicas.

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades. Este grado de satisfacción tiene un elevadísimo número de componentes, unos medibles y otros no, y entre los que podemos destacar la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio. Naturalmente todos estos componentes tienen unos antecedentes a la red de distribución, por lo que los parámetros iniciales vienen prefijados. Una red de distribución debe alterar lo menos posible las características de los componentes, minimizando la variación de satisfacción de las necesidades de los clientes.

Las redes de distribución de agua se estructuran según el tipo de función que desempeñan y que tienen una relación directa con la serie decreciente de los diámetros con el fin de ajustarse a la distribución de consumos, a la reducción de pérdidas de carga, hacer frente a situaciones imprevistas y a reducir el costo.

Las redes de distribución en general o bien según su función o localización por áreas pueden ser de dos grandes tipos: ramificada y mallada. Una red ramificada es aquella que va uniendo los diferentes puntos de consumo con una única tubería. Una red Mallada es la que va formando cuadrículas, consiguiéndose que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo. Las diferencias más notables entre ambas son el costo y la calidad, teniendo que sopesar ambas a la hora de declinar la elección (Moliá).

1.1.2 Elementos que integran una red:

Toda red de distribución de agua está formada por los siguientes elementos: tuberías, depósitos, elevadoras y otros elementos singulares.

Tuberías: Es el elemento de transporte de fluidos por excelencia. Las tuberías vienen definidas por su diámetro, material de constitución y tipo de junta. El diámetro viene definido del cálculo hidráulico de la red y tanto el material como los tipos de juntas se recogen en otra exposición de este curso.

Depósitos: Los depósitos dentro de una red de distribución tienen las funciones de almacenamiento y de regulación de caudales y presiones. La mayor parte de los tratados aconsejan que el volumen de los depósitos sea equivalente al consumo del día punta (24 horas). Ahora bien, conforme sean las características de las fuentes de suministro esta premisa puede ser excesiva o escasa. Tradicionalmente la construcción de los depósitos se realizaba bien con fábrica de diferentes materiales o bien con hormigón, tanto en masa como armado. En la actualidad los elementos prefabricados tienen un lugar predominante, pues abarcan un amplio abanico tanto de volúmenes como de geometría con una disminución notable del tiempo de puesta en servicio, aunque no tanto económicamente. La circulación del agua en el depósito debe estudiarse para evitar zonas muertas, siendo recomendable que la entrada y la salida del mismo se realice en puntos hidráulicamente opuestos.

Otros elementos singulares como son: enlaces entre alineaciones, válvulas de corte, ventosas y purgadores, desagües y purgas manuales, válvulas de retención, válvulas reguladoras de presión y caudal, válvulas de sobrevelocidad o sobrepresión, hidrantes, dispositivos de riego y baldeo, fuentes públicas, cámaras de descarga, estaciones de toma de muestras, estaciones de adición de aditivos, entradas de hombre y registros, caudalímetros y contadores.

En la figura 1 es mostrado el esquema de abasto de agua del barrio de Matanzas, el resto de los esquemas pertenecientes a los sistemas de abasto de la UEB Matanzas de la EAAM son presentados en el anexo1.

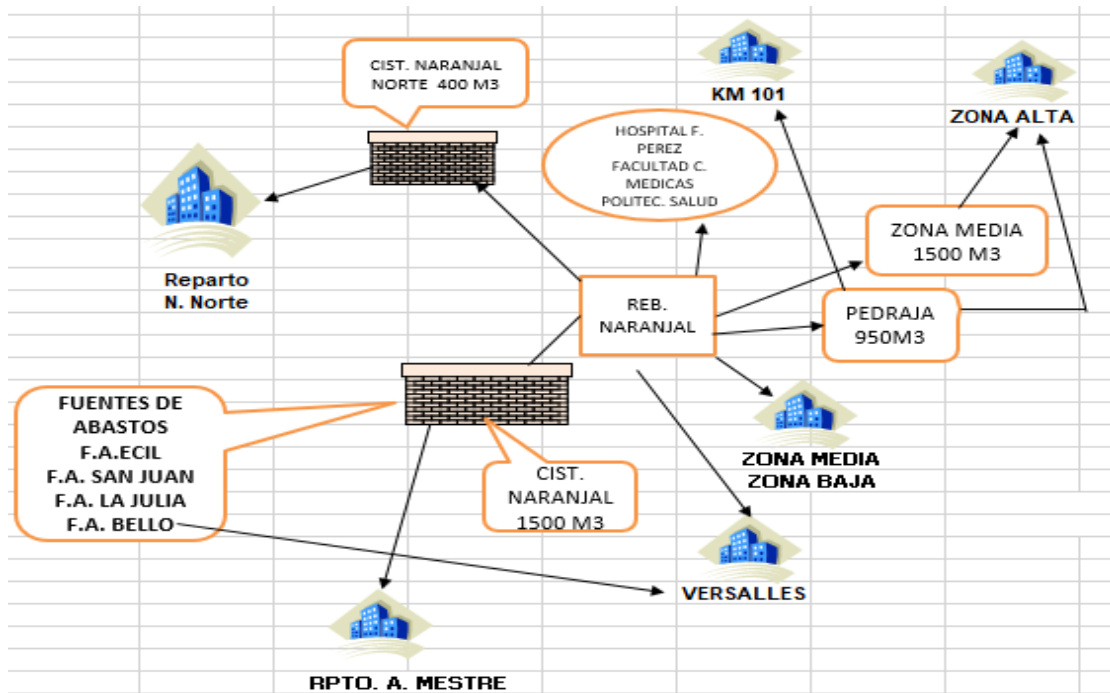


Figura 1. Esquema del sistema de abasto del barrio Matanzas. Fuente: Archivo de EAAM

1.2 Energía eléctrica y su uso eficiente.

En la NC-ISO 50 001:2018 se define el concepto de energía como: varias formas de energía, incluyendo la renovable, la que puede ser comprada, almacenada, tratada, utilizada en equipos o en un proceso o recuperada. La energía puede definirse como la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o de realizar trabajo. Por otra parte, la eficiencia energética no es más que la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía. La NC-ISO 50 001:2018 es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de fuentes de energía. Por eficiencia energética se entiende el conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, mejorando la utilización de la misma, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política de eficiencia energética sostenible. El objetivo de una política de eficiencia energética es fomentar comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía.

Es imprescindible incorporar nuevas tecnologías aplicadas a la generación de energía para contribuir con la eficiencia energética por lo que se debe tener en cuenta un establecimiento de un marco legal de regulación que impulse la adopción de medidas de ahorro energético y el uso eficiente de la energía eléctrica, la utilización de incentivos económicos que favorezcan la elección por parte del usuario de tecnologías más eficientes, la promoción de tecnologías a nivel de hardware y software de alta eficiencia, certificadas y homologadas de acuerdo a prácticas de manufactura y desarrollo, la difusión de mejores prácticas del uso de la energía eléctrica a través de campañas informativas enfocadas a los distintos grupos sociales, utilización de incentivos económicos y no-económicos para fomentar la adopción de hábitos al uso eficiente de la energía eléctrica, penalización económica y no-económica cuando el uso ineficiente de la energía es comprobado por segunda vez en adelante y regímenes de tarifas no lineales con respecto al consumo (Hernández, Pinto et al. 2017).

El 100% de la energía consumida en el bombeo de la UEB es obtenida mediante la quema de combustibles fósiles. La explotación de los combustibles fósiles es parte integral de la vida moderna y ha sido un elemento clave del rápido cambio tecnológico, social, y cambios culturales de los últimos 250 años. Aunque tales cambios han traído beneficios innegables, esta explotación ha contribuido a una carga de enfermedad a través de la contaminación de los entornos locales y regionales, y es la causa principal del cambio climático. Este patrón de desarrollo es, por lo tanto, insostenible a nivel global. Al mismo tiempo, alrededor de 2,4 mil millones de la población mundial, en desventaja por la falta de acceso a energía limpia, están expuestos a altos niveles de contaminantes del aire interior debido a la quema ineficiente de combustibles de biomasa. Incluso en los países de altos ingresos, muchas personas viven en la pobreza energética y, en todo el mundo, los estilos de vida cada vez más sedentarios (a los que contribuyen los sistemas de transporte que dependen de los combustibles fósiles) están provocando enfermedades y lesiones crónicas. La seguridad energética también es un tema de creciente preocupación para muchos gobiernos tanto en el mundo desarrollado como en desarrollo, y una fuente potencial de tensión y conflicto internacional (Wilkinson, Smith et al. 2007).

La EAAM es un gran consumidor de energía eléctrica, representando el 12% del consumo total de la provincia. Un uso eficiente de la energía en esta empresa impacta directamente en su rentabilidad, además de reducir el impacto ambiental que esta provoca.

1.3 Marco regulatorio.

Los primeros esfuerzos de implementación regional de la Agenda 2030 es un cambio de paradigma que viene a terminar la tarea incompleta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y reafirma la importancia de contar con instituciones eficaces. Gracias a la Agenda 2030 se han aunado fuerzas que abarcan todos los niveles de gobierno y la sociedad civil, incluidas las instituciones académicas, la comunidad científica y el sector privado (desde microempresas hasta empresas multinacionales). Cada país debe buscar su propio camino, de conformidad con sus prioridades nacionales, sus necesidades, su organización institucional y la combinación de medios de financiamiento disponibles para su aplicación. Al adoptar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los países de América Latina y el Caribe se comprometieron a impulsar respuestas nacionales ambiciosas. Como parte de su compromiso con la Agenda 2030, los Gobiernos adquirieron la responsabilidad de llevar a cabo procesos de seguimiento y examen, a través de revisiones periódicas abiertas, incluyentes, participativas y transparentes sobre el progreso de los objetivos y sus metas, a escala mundial, regional, nacional y subnacional.

Los países de América Latina y el Caribe se han comprometido a establecer la Agenda 2030 como una política de Estado, articulando marcos institucionales para su implementación, seguimiento y examen, llevando a cabo esfuerzos para incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en sus planes y políticas nacionales de desarrollo, procurando alinear sus presupuestos nacionales, locales y sectoriales. Se han nombrado instituciones encargadas de dar seguimiento a los ODS y, en algunos casos, por decreto ley, se han creado nuevas comisiones con este fin: la Comisión Nacional para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el Brasil, el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en Chile, el Consejo

Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en México y la Comisión Interinstitucional y de la Sociedad Civil para el Apoyo y Seguimiento de los ODS en Panamá. Para América Latina y el Caribe, la implementación integrada y con la participación de múltiples actores de la Agenda 2030 es un desafío institucional complejo frente a sus arquitecturas institucionales fragmentadas y muchas veces centralizadas a pesar de que deben atender territorios extensos.

Los países que han entregado sus exámenes nacionales voluntarios otorgan gran importancia a la colaboración permanente entre actores a escala nacional y subnacional, especialmente frente a la enorme diversidad territorial, étnica y lingüística de algunos países de la región. Estos han hecho necesario involucrar a todos los sectores de la sociedad en la implementación de los ODS para lograr una mayor apropiación de la Agenda 2030, sobre todo ante la enorme diversidad territorial, étnica y lingüística existente en América Latina y el Caribe. La gran mayoría ha manifestado su intención de involucrar a la sociedad civil y a la academia en los procesos de socialización, seguimiento e implementación de los Planes Nacionales de Desarrollo (CEPAL 2018).

La principal actividad investigativa de los grupos de investigación del Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) se encuentra direccionada hacia las políticas del Estado. Sus resultados, avalados por un liderazgo nacional y reconocimiento internacional; su afiliación a proyectos externos de impacto territorial y nacional; y su relación con organismos y empresas favorecen, no solo la heterogeneidad investigativa relacionada con la política ambiental, sino que, evidencian su compromiso con la búsqueda de soluciones a las problemáticas en el país. Como política principal referida al medio ambiente, la Tarea Vida se ve representada en todas las investigaciones realizadas por los profesores e investigadores del CIH, lo cual se certifica por el 100% de los trabajos refrendados en artículos publicados en la revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental en los últimos tres años. Entre las temáticas estudiadas por los grupos se destacan las relacionadas con las tareas 4; 7; 8; 9; y 10; estas son, en esencia: calidad y uso eficiente del agua, enfrentamiento a la sequía, disminución de riesgo o vulnerabilidad en zonas costeras, seguridad alimentaria, fortalecimiento de los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana. El impacto de las tareas del Plan de Estado en las

investigaciones del CIH, ha sido valorado como positivo, que es identificada una intensa actividad investigativa, vinculada al conocimiento y protección del medio ambiente, y el manejo sostenible de los recursos hidráulicos y naturales; retos a los que está llamada a responder la educación ambiental como importante proyecto del país, y al que deben consagrarse todos (Bencomo Ramos, Juan Carvajal et al. 2021).

Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución para el período 2021-2026 basándose en los recursos hidráulicos dicta varios lineamientos los cuales son del 179 al 183. Donde plantean la necesidad de un balance de agua orientado gestión racional y productiva de su uso, consolidar un plan de mantenimiento y reordenamiento para el uso eficiente en la infraestructura de los sectores estratégicos.

1.4. Equipos electromecánicos implicados en el proceso.

El sistema de abasto de agua del municipio de Matanzas proviene de manantiales donde garantiza de una mayor calidad y abundancia dándose a conocer como La Venecia de Cuba, dichos manantiales se ubican en los pozos de Bello, El Conde, La Julia, Ecil, San Juan, Huerto Escolar, Camilitos y Canímar, su ubicación geográfica aproximada es mostrada en el Anexo 1. Estos bombeos cuentan con varios sistemas de purificación del agua dígase sistema cloro gas o con hipoclorito. Todos los bombeos de la provincia trabajan con energía eléctrica que proviene del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y en caso de existir fallas del mismo existen grupos de generación para que continúen trabajando y así no afectar a la población, también en algunos casos cuentan con subestaciones exclusivas. El personal labora 24 horas con el objetivo de velar e informar a la empresa de averías durante el proceso de bombeos, son los encargados de encender los grupos de generación en casos de afectaciones por la electricidad y mantener las áreas organizadas y limpias.

1.4.1. Bombas sumergibles y verticales.

Las bombas hidráulicas son máquinas para elevar el agua u otro líquido y darle impulso en una determinada dirección.

Las bombas de agua sumergibles, como su nombre indica, son bombas que funcionan completamente sumergidas dentro de un líquido. El motor, que está acoplado dentro del cuerpo de la bomba, se cierra herméticamente, para que el agua no pueda acceder a él. El motor de las bombas sumergibles transforma la energía cinética en energía centrífuga y por último en energía de presión, lo que eleva el agua hacia afuera del pozo. Debido a que este tipo de bombas pueden sumergirse a gran profundidad y tienen una instalación muy sencilla, pueden usarse para drenar estanques o bombear agua de pozos situados a gran profundidad.

Las bombas sumergibles se introducen dentro del líquido a bombear, de esta manera nunca tienen que ser cebadas, porque ya están sumergidas en el líquido. Esta constituye una de sus grandes ventajas. Otra de las grandes ventajas de las bombas de agua sumergibles es que la propia presión del líquido lo empuja directamente hacia la bomba, por lo que se puede ahorrar una gran cantidad de energía.

La principal característica del funcionamiento de las bombas sumergibles es que todos sus componentes se encuentran sumergidos en algún líquido. Están recubiertas por un cuerpo sellado que evita la corrosión y la oxidación de los componentes internos.

Una desventaja a destacar en este tipo de bombas es que, con el tiempo, puede llegar a producirse corrosión en los elementos que sellan el motor. Por ello, es muy importante hacer un correcto mantenimiento de la bomba y todos sus componentes (Ramírez Alvarado 2020).

El motor de las bombas verticales de funcionamiento en seco se encuentra en un nivel superior con respecto a la bomba, ya sea justo encima de la bomba o en una altura mucho más arriba gracias a la ayuda de un eje alargado. Esta ubicación hace que la bomba pueda trabajar rodeada de líquido sin que el motor sufra riesgo de inundación.

La principal diferencia es la localización del motor. En el caso de las horizontales, el motor y el eje se encuentran a la misma altura. Es cierto que el precio de la fabricación y del mantenimiento de una bomba horizontal es, en general, inferior con respecto al de una

bomba vertical, pero sus ventajas también son diferentes, por lo que, dependiendo del trabajo a realizar, las segundas pueden resultar más factibles.

Las bombas de agua verticales ofrecen múltiples ventajas ya que necesitan poco espacio horizontal de esta forma, son la mejor opción en pozos y barcos, su precio puede resultarte más económico que el de las horizontales, en caso de que necesites una bomba de gran caudal las bombas verticales te saldrán más rentables a nivel económico que las horizontales y son la mejor opción en una gran multitud de casos como aguas sucias, drenajes, aplicaciones marinas, circulación de condensadores e irrigación (Andrade Guevara 2022).

1.4.2. Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica para los bombeos de aguas de la provincia de Matanzas proviene en su totalidad del SEN, el cual pasa por un banco de transformador exclusivo para esos bombeos garantizando el voltaje y corriente necesaria. También algunos de esos bombeos poseen de grupos electrógenos por si ocurre alguna avería no tener que afectar el consumo de agua a la población, instalaciones hoteleras, empresariales, del sector de la salud y el sector educacional.

1.4.3. Purificación del agua.

La desinfección es un proceso en que se usa un agente químico o no químico a fin de inactivar microorganismos patogénicos presentes en el agua, y generalmente es la etapa final del tratamiento de agua.

Estudios señalan que en el año 500 A.C. ya se utilizaba este tipo de tratamiento, donde la ebullición se utilizaba para la eliminación de organismos indeseables en el agua. La etapa de la desinfección tiene por objetivo la eliminación o inactivación de los organismos patogénicos, que pueden estar presentes en el agua.

Los primeros indicios de desinfección de agua por la utilización de cloro se registraron en 1896 en la Base Naval Austro-Húngara de Pola, en el mar Adriático. Actualmente 90% de las estaciones de tratamiento de agua (ETA's) utilizan el cloro.

El cloro es eficaz en el proceso de desinfección del agua por tratarse de un oxidante capaz de reaccionar con diversas sustancias, sean orgánicas o inorgánicas. El ácido hipocloroso (HClO) es el compuesto más utilizado y su disociación se vincula al pH del agua. Las aguas para abastecimiento público presentan, generalmente, valores de pH entre 5 y 10. En esta banda, la forma predominante del cloro es el ácido hipocloroso, definido como cloro residual libre (CRL), y el ión hipoclorito. La presencia del CRL es importante, pues garantiza la calidad bacteriológica del agua en todas las etapas siguientes del abastecimiento de la red de distribución.

Las principales ventajas del cloro gas son su comprobada eficiencia en el exterminio de microorganismos patogénicos en el agua, el bajo costo y fácil de utilizar el hecho de ser tolerado por la gran mayoría de la población y no ofrecer riesgos a la salud humana desde que es utilizado dentro de las normas establecidas por el Ministerio de la Salud.

No es demasiado recordar, que el agua clorada debe ser priorizada en relación al agua natural, para evitar riesgos de infecciones y contaminaciones que pueden conllevar enfermedades graves a la salud, como parásitos, bacterias, virus y agentes patogénicos, que pueden llevar a la mortalidad de adultos y niños (Díaz 2018).

1.5. Sistema tarifario en Cuba.

El sistema de tarifas en Cuba tiene como objetivo establecer las tarifas eléctricas existentes y la aplicación de las mismas según correspondan, logrando el ahorro y el uso racional de la energía y es aplicable en todas las áreas comerciales pertenecientes a la Unión Eléctrica.

Las tarifas eléctricas aprobadas por la Gaceta Oficial no.26 extraordinaria del 13 de abril del 2021 relaciona en el punto No. 4 (Referencias) de este procedimiento, están diferenciadas por niveles de voltaje o tensión (Alta, Media y Baja) y se aplican en pesos cubanos (CUP) a clientes no residenciales y residenciales, según proceda en cada caso, independientemente si son empresas 100 % cubanas, Empresas Mixtas, Asociaciones Económicas Internacionales o entidades extranjeras radicadas en el país. Las tarifas de interés para esta investigación son la M1-A y la M1-C, que se detallan a continuación.

GRUPO M: TARIFAS PARA CONSUMIDORES EN MEDIA TENSIÓN.

Se aplica a todos los servicios de consumidores, excluyendo a los clasificados como de Alta Tensión, que se alimentan de una subestación o banco de transformadores exclusivo, existiendo entre el transformador de suministro y el consumidor, solo la acometida.

Se clasifican los servicios según la codificación por la actividad principal que desarrollan los mismos.

M1-A. TARIFA DE MEDIA TENSIÓN CON MEDICIÓN DE TRES REGISTROS.

Se aplica a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con equipo de medición de tres registros.

\$ 94,00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario comprendido entre las 5:00 y las 21:00 horas.

Por cada kWh consumido en el horario pico:

$(3,1672 \text{ \$/ kWh} \cdot K + 0,8595 \text{ \$/ kWh}) \cdot \text{Consumo pico en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario del día:

$(1,5869 \text{ \$/kWh} \cdot K + 0,8595 \text{ \$/ kWh}) \cdot \text{Consumo día en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario de la madrugada:

$(1,0601 \text{ \$/ kWh} \cdot K + 0,8595 \text{ \$/kWh}) \cdot \text{Consumo madrugada en kWh}$

Para el cálculo de la facturación del cargo fijo mensual, se considera:

El valor de demanda máxima contratada en el horario comprendido entre las 05:00 y las 21:00 horas.

Si la demanda máxima registrada en el horario establecido, es mayor que la demanda máxima contratada, se factura la contratada al precio de la tarifa y el exceso al triple de su valor, \$ 282,00 por cada kW.

Solo se permite contratar dos valores de demanda al año, por períodos no menores de tres meses a los consumidores cíclicos o por períodos de alta y baja en el caso de las instalaciones hoteleras.

Se aplican el Factor de potencia y el Factor K.

M1-C. TARIFA DE MEDIA TENSIÓN CON MEDICIÓN DE UN REGISTRO.

Se aplica a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con equipo de medición de un registro.

\$ 94,00 mensual por kW de máxima demanda contratada en cualquier período del día.

Por cada kWh consumido en cualquier momento del día:

$(1,6725 \text{ \$/kWh} \cdot K + 0,8595 \text{ \$/ kWh}) \cdot \text{Consumo en cualquier momento kWh}$

Para el cálculo de la facturación del cargo fijo mensual, se considera:

El valor de demanda máxima contratada es en cualquier período del día.

De no contarse con la medición de la demanda máxima, esta se considera como el noventa por ciento (90%) de la capacidad en VA del banco de transformadores que alimenta el servicio, por lo que no habrá penalizaciones por exceso de la demanda máxima.

Si la demanda máxima registrada es mayor que la demanda máxima contratada, se factura la contratada al precio de la tarifa y el exceso al triple de su valor, \$ 282,00 por cada kW.

Solo se permite contratar dos valores de demanda al año por períodos no menores de tres meses a los consumidores cíclicos.

Se aplican el Factor de potencia y el Factor K.

1.5.1. Penalización por factor de potencia.

El suministro de energía eléctrica a los servicios de cualquier demanda, para el racional funcionamiento del Sistema Electroenergético Nacional debe ser con un factor de potencia ($\cos \phi$) de 0,90 o mayor, ya que valores menores del $\cos \phi$ llevan a transmitir innecesariamente energía reactiva por las líneas del SEN, provocando pérdidas eléctricas en las redes. Esta energía puede ser producida donde se consume con la instalación de bancos de capacitores en los servicios de los consumidores.

Método de cálculo del Factor de Potencia o ($\cos \phi$): Es el resultado de la aplicación del coseno ϕ , a la arco-tangente de la división entre la energía reactiva (kVarh) medida en los cuadrantes I y IV y la energía activa (kWh), medida en un período de tiempo mayor de veinticuatro (24) horas y/o hasta el período de facturación como se presenta en la ecuación (1.1):

$$\cos \phi = \cos \left(\arctan \left(\frac{kVarh}{kWh} \right) \right) \quad (1.1)$$

En los casos que el servicio no tenga instalado equipo de medición de energía reactiva, se toma como factor de potencia del mismo el promedio resultante de mediciones realizadas durante veinticuatro (24) horas, como mínimo.

La energía reactiva puede ser producida donde se consume, mediante bancos de capacitores por los clientes de tal forma que nunca se entregue reactivo al Sistema Eléctrico Nacional, por lo que se penaliza o bonifica, como sigue:

Bonificaciones por Factor de Potencia (F.P): Los clientes que registren un F.P superior a 0,92 son bonificados según la siguiente ecuación donde la facturación normal no incluye penalizaciones y el factor de potencia es el real del período hasta un valor máximo de 0,96 como se muestra en la ecuación (1.2):

$$\text{Bonificación} = \text{Facturación normal} \cdot \left(\frac{0,92 - F.P. Real}{F.P. Real} \right) \quad (1.2)$$

Penalizaciones por F.P: Si es inferior a 0,90, el cliente es penalizado. La penalización es el importe que resulte de la siguiente ecuación donde la facturación normal no incluye otras penalizaciones y el factor de potencia es el real del período como se representa en la ecuación (1.3):

$$\text{Penalización} = \text{Facturación normal} \cdot \left(\frac{0,90 - F.P. Real}{F.P. Real} \right) \quad (1.3)$$

Consideraciones:

Se penaliza con un F.P menor de 0,90.

Entre 0,90 y 0,92, no habrá penalización ni bonificación.

Se bonifica con un F.P de 0,92 hasta 0,96.

Cuando el F.P sea mayor de 0,96, la bonificación se calcula utilizando el valor del factor de potencia hasta 0,96.

En los casos de los cogeneradores industriales se toma para el cálculo del F.P el total de energía reactiva consumida, independientemente de la cantidad de energía activa consumida o entregada al Sistema Electroenergético Nacional.

1.5.2. Cálculo para las pérdidas por transformación.

Método de cálculo de las pérdidas totales en transformadores de distribución: Las pérdidas totales de transformación, se calculan como se representa la siguiente ecuación (1.4):

$$PT = PFE \cdot t_3 + \left(\frac{kVAr}{kVAnn} \right)^2 \cdot PCU \cdot T1 \quad (1.4)$$

Donde:

PT: Pérdidas totales que se producen en un transformador.

PFE: Pérdidas de hierro (son regularmente fijas ya que no varían con el consumo mensual, solo dependen del tiempo en que está en servicio el transformador).

t₃: Tiempo en horas en que está energizado el transformador y se calcula por la siguiente ecuación (1.5):

$$(24 \text{ horas} \cdot 30 \text{ días}) = 720 \text{ horas/mes} \quad (1.5)$$

kVAr: kVA reales del Banco de transformadores, calculados como

kVAr se hallan de la siguiente ecuación (1.6):

$$kVAr = \frac{\text{consumo del mes}(kWh)}{T1 \cdot fp} \quad (1.6)$$

Donde:

fp: Es el factor de potencia calculado de acuerdo a los datos del metro contador de energía y reactiva o 0,9 en los casos en que no exista metro contador de reactivo.

T₁: tiempo de trabajo del transformador, en que actúa la corriente de carga.

kVAn: Capacidad nominal del banco de transformadores expresada en kilovolt Amper.

PCU: Pérdidas de cobre. Son las pérdidas del transformador que varían de acuerdo al consumo mensual.

T₁: Tiempo de trabajo en que actúa la corriente de carga.

- Un turno 200h / mes
- Dos turnos 400h / mes
- Tres turnos 720h / mes

1.6. Indicadores de desempeño energético.

Los indicadores de desempeño energético (IDEns) son valores cuantitativos o medidas del desempeño energético tal como lo defina la organización. Los IDEns pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo. (NC-ISO 50 001:2018) Cada organización deberá, por lo tanto, definir los IDEns que le sirvan mejor para el desarrollo de su desempeño energético. Indicadores Globales: Los más utilizados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) son:

Indicadores energéticos a nivel de empresa:

Índice de Consumo: unidades de producto terminado por unidad de energía consumida. Este valor de índice de consumo puede ser calculado por tipo de producto o como índice de consumo general en el caso que el tipo de producción lo permita (si son varios productos diferentes, pero de un mismo material el índice puede reducirse a toneladas de ese material). Si se consumen diferentes tipos de energía para un mismo producto debe determinarse el consumo equivalente haciendo compatibles los diferentes tipos. Este índice permite su comparación con las normas de consumo establecidas para la empresa. El consumo equivalente de energía asociada a los productos o servicios realizados por la empresa se expresa en toneladas de petróleo equivalentes.

Índice de gasto energético: gastos en energéticos por pesos de gastos totales de la empresa. Generalmente se expresa en centavos de gastos energéticos por pesos de gastos totales. Este indicador está afectado por la fluctuación de los precios de sus componentes y no constituye un indicador de eficiencia energética, pero da una idea del peso del consumo energético en los gastos totales de la empresa. Teniendo en cuenta la doble

moneda circulante en el país en ocasiones existe diferencia significativa cuando se determina en moneda nacional y en moneda libremente convertible, por lo que se recomienda determinarlo de ambas formas. Este indicador puede estratificarse y determinarse por tipo de energía consumida para conocer cual aporta más a los gastos energéticos de la empresa.

Índice relativo de la variación del gasto en energéticos: se determina para comparar un período con otro de la empresa en el que se trabajó en igualdad de condiciones, para evaluar el impacto de medidas de control o técnico organizativas tendientes a disminuir los consumos energéticos. Se calcula como la variación de los gastos de energéticos en un período de tiempo dado con respecto a la variación de los gastos totales en el mismo período de tiempo. Este indicador nos muestra cómo fue en el período de la variación de los gastos energéticos con respecto a la variación de los gastos totales.

Intensidad Energética: A nivel de empresa este indicador puede determinarse como la relación entre el consumo total de energía y el valor de la producción mercantil total. Refleja la tendencia de la variación de los consumos energéticos respecto al incremento de la producción. Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la empresa (Rizo 2016).

1.7. Oportunidades de empleo de fuentes renovables de energía.

Las empresas de Acueducto y Alcantarillado tienen una orientación a nivel nacional de los bombes menores de 10 kW reemplazarlos por bombes solares y la UEB Oeste Matanzas cuenta con 7 bombes que cumplen con esas características, dígame: El Fundador, Gelpis, San Simón, Alcantarillado Camilo Cienfuegos, Coronado, el Francisco e Ibarra. Un sistema de bombeo solar fotovoltaico tiene como componente a un generador fotovoltaico, un motor - bomba, un pozo, una red de tuberías y un depósito de acumulación. Se puede incorporar un sistema de adaptación de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC u otros dispositivos electrónicos) de unión entre el generador fotovoltaico al motor, para el funcionamiento de motores que trabajan a corriente alterna o para aumentar la eficiencia de sistemas a base de un motor de corriente continua que accionen bombas como las de desplazamiento positivo. A pesar de que se puede instalar

bombas de superficie o flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible, es necesario decir que las bombas sumergibles son usadas para sistemas grandes (Baltazar Jimenez 2020).

1.8 Conclusiones parciales.

1. El mayor costo que se ocasiona por los servicios prestados por la UEB Oeste Matanzas de la EAAM es la energía eléctrica; a su vez el consumo de esta empresa en la provincia representa aproximadamente el 12% del total del consumo.

2. Según el sistema tarifario de Cuba, los servicios de la UEB son cobrados según las tarifas correspondientes a media tensión M1-A y M1-C, son incluidos en la facturación los costos correspondientes a las penalizaciones por factor de potencia y pérdida por transformación.

3. La gestión energética es un puntal para el desarrollo sostenible, estrechamente relacionada con el uso racional de recursos naturales. En los lineamientos del PCC y en la Agenda 2030 se encuentran reflejadas las pautas a seguir para lograr dichos objetivos. La NC-ISO: 50 001: 2018 expresa como debe efectuarse un correcto SGen

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.

En el presente capítulo se partió de la aplicación de una guía de evaluación aplicada previamente a la EAAM, donde se encontraron malos resultados. Se presentaron indicadores de eficiencia energéticos reportados por la entidad. Se realizó un levantamiento de cargas y la comparación con las máximas demandadas registradas. Se analizó el factor de potencia en los 29 servicios estudiados, siendo este la mayor posibilidad de ahorro económico de la UEB. Se estudió la posibilidad de reacomodar el horario de bombeo y se calcularon las pérdidas por transformación.

2.1 Resultados de la guía de evaluación aplicada.

En la EAAM fue aplicada una lista de chequeo para evaluar la Capacidad de Gestión de Operaciones de la Empresa según las 8 variables que posee la guía se evalúa la Capacidad de Gestión de Operaciones. Una de las variables es la gestión energética donde analizaron 6 elementos como el sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50 001, indicadores de la eficiencia energética de las operaciones, análisis de las cargas energéticas de las instalaciones y equipos, plan de consumo de energía eléctrica, proyección de acciones de ahorro de energía eléctrica y utilización o generación de energía renovables. Basándose en este aspecto tuvo una evaluación promedio de 1,5 tomando cinco como excelente y uno muy mal.

La EAAM no diseña e implementa un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50 001. Es muy bajo el nivel de aplicación de procedimientos y buenas prácticas de gestión energética, existen problemas en el diseño y utilización de los indicadores energéticos de las operaciones.

Los indicadores con que se cuentan no se miden con periodicidad necesaria lo que no ayuda a la toma de decisiones oportunas en la empresa, existen problemas en la determinación y análisis de las cargas energéticas de las instalaciones y equipos que se utilizan en los procesos operacionales, las informaciones con que se cuentan están muy desactualizadas en relación a los cambios tecnológicos y organizativos que se han realizado en los procesos operacionales, también poseen problemas en la elaboración del

plan de consumo de energía eléctrica debido a que no se utilizan de forma adecuada los indicadores de la eficiencia energética ni el análisis de las cargas energéticas de las instalaciones y equipos, tampoco se utilizan las normas de consumo de referencia ni los niveles de actividad operacional que se proyectan en la empresa.

El nivel de proyección e implementación de acciones de ahorro de energía eléctrica es bajo lo que impacta en el aumento del consumo debido al uso irracional y poco eficiente de los equipos e instalaciones respecto al nivel de actividad de la empresa y es muy bajo el nivel de utilización de energía renovable lo que no favorece la eficiencia energética, la empresa no contribuye con la generación de energía renovables ya que no explota las posibilidades dadas por las características de sus procesos operacionales y de sus residuos.

2.2 Indicadores de desempeño energético en la UEB.

La UEB Oeste Matanzas ha tenido durante el año 2021 un índice de consumo planificado de 0,305 (kWh/m³) y real de 0,3 (kWh/m³). En la tabla 2.1 son resumidos los valores planificados y reales de agua bombeada, consumo eléctrico e índice de consumo.

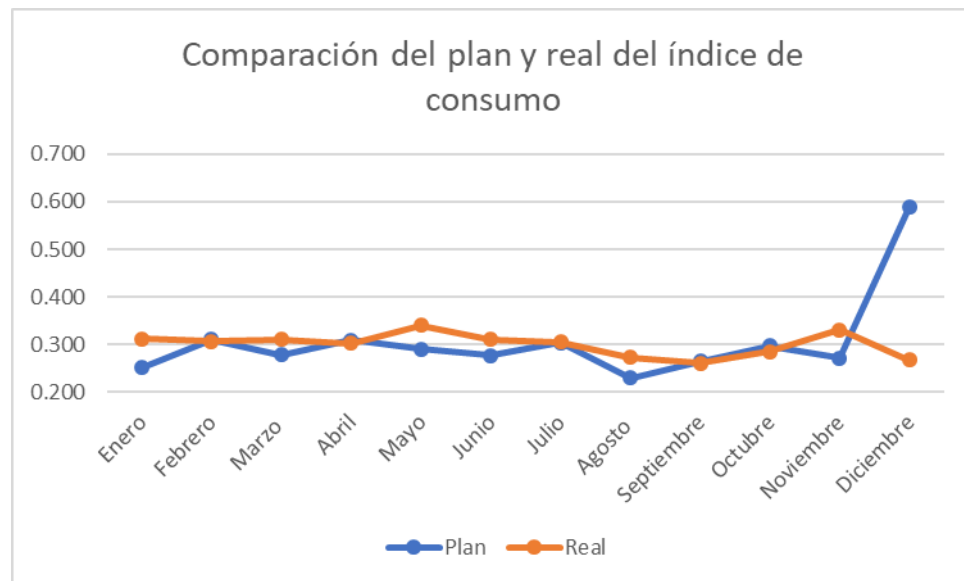
Tabla 2.1 Consumo de energía y agua bombeada durante el año 2021. Fuente: elaboración propia

<i>Mes</i>	<i>Agua (m³)</i>		<i>Electricidad (kWh)</i>		<i>Índice Consumo (kWh/m³)</i>	
	<i>Plan</i>	<i>Real</i>	<i>Plan</i>	<i>Real</i>	<i>Plan</i>	<i>Real</i>
Enero	6 123 810	6 273 205	1 533 772	1 956 640	0,250	0,311
Febrero	5 527 739	5 909 306	1 716 160	1 807 883	0,310	0,305
Marzo	6 119 396	6 256 607	1 699 244	1 944 536	0,277	0,310
Abril	5 803 699	6 137 242	1 792 497	1 852 625	0,308	0,301
Mayo	6 081 056	5 753 313	1 766 407	1 956 670	0,290	0,340
Junio	5 942 865	5 753 313	1 641 422	1 785 943	0,276	0,310
Julio	6 220 541	6 062 636	1 886 431	1 852 085	0,303	0,305
Agosto	7 086 654	6 210 849	1 624 388	1 695 107	0,229	0,272
Septiembre	5 841 019	6 239 425	1 542 193	1 625 959	0,264	0,260

Octubre	5 474 506	6 708 024	1 623 568	1 909 340	0,300	0,284
Noviembre	6 630 320	6 027 380	1 795 683	1 995 848	0,298	0,300
Diciembre	3 441 440	6 497 781	2 023 287	1 741 067	0,579	0,267
Año	70 293 045	73 829 081	20 645 052	22 123 703	0,305	0,300

Se muestra en la figura 2.1 una comparación entre los diferentes meses del año 2021 del índice de consumo real y planificado.

Figura 2.1. Comparación del plan y real del índice de consumo. Fuente: elaboración propia



2.3 Levantamiento de cargas

A partir de la visita a cada uno de los servicios pertenecientes a la UEB, donde se ha revisado el equipamiento instalado, la factura reportada por la Empresa Eléctrica y la comprobación en el metro contador instalado se ha elaborado la tabla 2.2, donde es resumida la potencia nominal de los motores y la máxima demanda registrada.

Tabla 2.2 Levantamientos de las cargas en los Bombeos. Fuente: elaboración propia

<i>No.</i>	<i>Bombes</i>	<i>Potencia de las bombas (kW)</i>	<i>Máxima demanda registrada (kW)</i>
1	Pedraja	96	96
2	Zona Media	62	40
3	Ceiba Mocha	52	51
4	Huerto Escolar	84	82
5	Julia 5-6	126	106
6	Julia 4	55	34
7	Naranjal	704	556
8	Arenera	65	79
9	Luis Roque	75	77
10	Coronado	9,7	11
11	Canímar 1	150	143
12	Canímar 4	92	92
13	Canímar 3	90	92
14	Canímar 2	150	167
15	Zequeiras	70	73
16	Camilitos	150	154
17	Dubroq	21,3	21
18	Cumbre	18,7	0
19	Jesús María (los mangos)	63	69
20	Canímar 5	93,25	102
21	Almanza Carbonera	23,3	29
22	Paseo de Martí Versalles	315	223
23	San Juan	200	179
24	Conde	357	320
25	Bello 1, 3, 9, 10	455	433
26	Acueducto Eide Vocacional	110	97
27	Laguna de Palo	75	76
28	Guanábana # 2	18,5	37
29	Acueducto La Ceiba	45	54

Como se puede apreciar en la tabla 2.2 en la mayoría de los servicios la máxima demanda se encuentra por debajo de las características de motor, no cumpliéndose en los servicios de Arenera, Luis Roque, Canímar 2, Camilito, Jesús María y Canímar 5 donde es excedido en pequeña magnitud, siendo casos críticos los servicios Almanza Carbonera, Guanábana #2 y Acueducto La Ceiba. Donde se supone que se han realizado reparaciones a los motores y no han sido registradas por la UEB, debe destacarse que en estos equipos se detectan muestras de mantenimientos previos como marcas en sus carcasas.

2.4 Análisis de la facturación.

En las tablas 2.3 y 2.4 se resumen los consumos e importes del bombeo de Bello durante los tres últimos años; los correspondientes a los otros 28 servicios estudiados son entregados como un documento aparte a este trabajo por cuestiones de espacio.

Tabla 2.3 Consumo del Bombeo de Bello 1,3,9,10. Fuente: elaboración propia

<i>Bello 1, 3, 9, 10</i>			
<i>Mes</i>	<i>Consumo (kWh)</i>		
	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2022</i>
Enero	202 960	283 519	307 105
Febrero	373 001	324 928	304 857
Marzo	292 462	289 174	284 575
Abril	326 061	319 083	304 562
Mayo	311 720	311 973	260 576
Junio	299 976	323 519	292 624
Julio	154 570	307 759	287 438
Agosto	164576	322 857	311 282
Septiembre	339 384	304 062	292 132
Octubre	307 112	280 107	281 185
Noviembre	311 084	305 615	
Diciembre	344 503	309 052	
Total	3 427 409	3 681 648	2 926 336

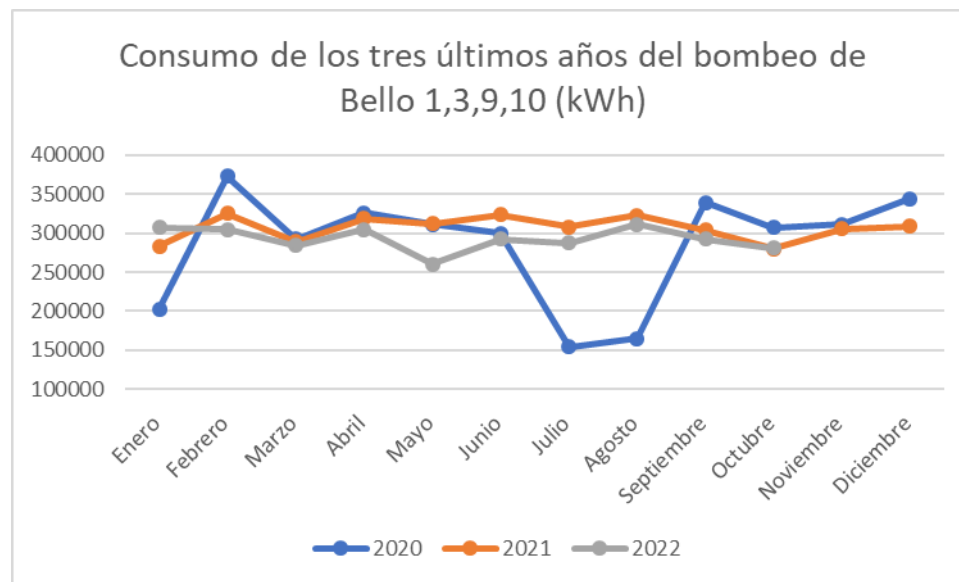
Tabla 2.4 Importe del Bombeo de Bello 1,3,9,10. Fuente: elaboración propia

<i>Bello 1, 3, 9, 10</i>			
<i>Mes</i>	<i>Importe (Pesos Cubanos)</i>		
	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2022</i>
Enero	44 616,48	76 015,89	819 463,56
Febrero	61 411,48	895 012,38	815 032,61
Marzo	51 154,80	758 743,87	764 508,01

Abril	52 237,09	853 905,42	820 068,03
Mayo	51 818,38	812 264,54	733 963,31
Junio	50 274,71	1 074 540,92	847 042,65
Julio	19 434,14	2 352 811,53	821 508,28
Agosto	20 694,78	1 465 858,90	890 509,97
Septiembre	43 718,26	845 266,23	830 613,56
Octubre	36 596,51	797 124,80	829 970,98
Noviembre	37 554,88	911 438,08	
Diciembre	42 281,56	857 835,16	
Total	511 793,07	11 700 817,72	8 172 680,96

Se muestra en la figura 2.2 una comparación en el comportamiento del consumo del Bombeo de Bello 1,3,9,10 durante los tres últimos años.

Figura 2.2. Consumo del bombeo de Bello 1,3,9,10 en los tres últimos años. Fuente: elaboración propia



Realizando un análisis en las tablas 2.3 y 2.4 se puede apreciar que a pesar de no existir marcadas diferencias en los consumos respecto a iguales períodos de tiempo la diferencia

en los costos entre el año 2020 y los años 2021 y 2022 es considerablemente grande, esto es debido a la modificación de la tarifa eléctrica en el territorio nacional.

2.5 Análisis de los factores de potencia.

El cálculo del factor de potencia se ha efectuado mediante lo establecido por la Gaceta Oficial de la República de Cuba número 26 Extraordinaria del 13 de abril del 2021. Para ilustrar el procedimiento es presentado el cálculo del servicio Bello 1,3,9,10. Aplicando la ecuación 1.1 y tomando como referencia el mes de enero del año 2021 se tiene que:

1. Se calcula la energía activa mediante la ecuación 2.1.

$$\text{Energía activa} = kWh1 + kWh2 + kWh3 \quad (2.1)$$

$$\text{Energía activa} = 274\,972\text{kWh}$$

2. La energía reactiva se obtiene por la factura eléctrica y es 594 641 kVArh.
3. Se calcula el arctan mediante la ecuación 2.2.

$$\arctan\left(\frac{kVArh}{kWh}\right) \quad (2.2)$$

$$\arctan = 0,781$$

4. Se calcula el cos mediante la ecuación 2.3.

$$\cos 0,781 \quad (2.3)$$

$$\cos 0,781 = 0,71$$

A continuación, es explicado el método usado para hallar el banco de capacitores para lograr una mejoría en el F.P:

1. Se aplica la ecuación 2.1 para hallar la energía activa.

$$\text{Energía activa} = 3\,616\,812\text{ kWh}$$

2. La energía reactiva se obtiene por la factura eléctrica y es 3 583 740 kVArh.

3. Se aplica la ecuación 1.1 para hallar el F.P obteniendo 0,71.

4. Se propone un F.P 0,96.

5. Se aplica las ecuaciones 2.4 y 2.5 con el factor de potencia hallado y el propuesto.

$$\arccos(0,71) \quad (2.4)$$

$$\arccos(0,71) = 0,781$$

$$\arccos(0,96) \quad (2.5)$$

$$\arccos(0,96) = 0,284$$

6. Se calcula la tan de los resultados obtenidos en la ecuación 2.4 y 2.5 según se muestra en las ecuaciones 2.6 y 2.7.

$$\tan(0,781) \quad (2.6)$$

$$\tan(0,781) = 0,991$$

$$\tan(0,284) \quad (2.7)$$

$$\tan(0,284) = 0,292$$

7. Luego es calculado la capacidad del banco (Q_c) según la ecuación 2.8.

$$Q_c = DR \cdot (0,991 - 0,292) \quad (2.8)$$

$$Q_c = 304ckVAr$$

Donde: DR es la máxima demanda registrada.

8. Se calcula la corriente (I) aplicando la ecuación 2.9.

$$I = \frac{Q_c \cdot 1\,000}{V \cdot \sqrt{3}} \quad (2.9)$$

$$I = 366,62A$$

Donde: V es el voltaje del bombeo (trifásico a 480V).

9. Se calcula la reactancia capacitiva (X_c) mediante la ecuación 2.10.

$$X_c = \frac{V}{I} \quad (2.10)$$

$$X_c = 1,3$$

10. Se aplica la ecuación 2.11 para obtener los microfaradios necesarios del banco de capacitores para mejorar el F.P.

$$\text{Capacitancia} = \frac{1 \cdot 10^6}{(2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot X_c)} \quad (2.11)$$

$$\text{Capacitancia} = 2\,027\mu\text{f}$$

A continuación, se presenta los resultados del año 2021 del F.P, los kVArh y se conoce la capacidad del banco de capacitores necesaria de cada servicio para lograr eliminar el F.P tabla 2.5.

Tabla 2.5 Capacidad de los bancos capacitores. Fuente: elaboración propia

No.	Bombes	FP actual	kVArh	Capacidad de banco de capacitores(μf)
1	Pedraja	0,90	201 332	85
2	Zona Media	0,89	58 668	450
3	Ceiba Mocha	0,82	269 390	156
4	Huerto Escolar	0,81	138 917	271
5	Julia 5-6	0,80	695 923	364
6	Julia 4	0,74	151 885	90
7	Naranjal	0,84	1 674 551	1 080
8	Arenera	0,84	156 171	179
9	Luis Roque	0,88	161 928	132
10	Coronado	0,85	34 420	214
11	Canímar 1	0,87	535 224	252
12	Canímar 4	0,77	618 158	334
13	Canímar 3	0,75	536 419	318
14	Canímar 2	0,84	325 782	226
15	Zequeiras	0,92	175 312	22

16	Camilitos	0,85	525 300	320
17	Dubroq	0,82	5 435	0
18	Cumbre	0	0	53
19	Jesús María (los mangos)	0,74	9 150	204
20	Canímar 5	0,84	447 482	234
21	Almanza Carbonera	0,87	25 340	47
22	Paseo de Martí Versalles	0,82	981 829	615
23	San Juan	0,84	966 242	436
24	Conde	0,83	1 551 880	772
25	Bello 1, 3, 9, 10	0,76	3 583 740	2 027
26	Acueducto Eide Vocacional	0,80	387 658	315
27	Laguna de Palo	0,87	1 311 153	0
28	Guanábana # 2	0,75	240 974	244
29	Acueducto La Ceiba	0,83	24 479	549

No ha sido posible realizar el análisis de los rebombes Dubroq y Laguna de Palo para la obtención del banco de capacitores ya que existen contradicciones en los datos utilizados en la facturación de la Empresa Eléctrica, donde se reporta un F.P de 0,82 y 0,87 y sin embargo los datos de la energía reactiva reportada implican un F.P de 0,99 y 0,97.

2.7 Acomodo de los horarios o Estructura de consumo.

Para realizar un acomodo en los horarios de los servicios de bombes de Matanzas y Limonar en el año 2021 tuvimos que calcular el por ciento de trabajo en cada horario para saber en cuanto se beneficiaría la EAAM, dichos bombes trabajan en el horario de la madrugada a un 31,2%, en el día a 52,4% y en el pico a 16,4% siendo esto en la madrugada 6 399 708 kWh, en el día 10 739 946 kWh y en el pico 3 353 600 kWh dando un total en los tres horarios de 20 493 254 kWh. Estos por ciento lo obtuvimos de dividir los kWh de cada horario entre el total y multiplicando por 100. Se le surgiere a la EAAM una distribución en los horarios para que trabaje en la madrugada a un 33%, en el día a un 52% y en el pico a un 15%. Con este cambio su consumo en la madrugada sería de

6 762 774 kWh, en el día de 10 656 492 kWh y en el pico de 3 073 988 kWh. Teniendo una diferencia en los horarios por lo que se consumirá en la madrugada de 363 066 kWh de más y en los otros dos horarios compensaría esa diferencia ya que en el horario del día dejarían de consumir 83 454 kWh y en el pico 279 612 kWh, aunque su consumo total sería el mismo en los tres horarios se podrían aprovechar las diferencias de precio existentes en los horarios para mayor beneficio económico.

2.8 Cálculo de pérdidas por transformación.

Se estudió la Gaceta Oficial de la República de Cuba número 26 Extraordinaria del 13 de abril del 2021 para realizar el cálculo de las pérdidas por transformación donde nos explica claramente el orden a seguir para obtener las pérdidas. A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo se obtiene esas pérdidas, se tomará como referencia al bombeo de Bello 1,3,9,10 en el mes de diciembre del 2021.

1. Plantear la ecuación 1.4.
2. Se busca las pérdidas de hierro (PFE) y de cobre (PCU) usando las tablas que se encuentran en los anexos 2 y 3 se analiza si es monofásico o trifásico en el caso de este bombeo se tiene un banco de transformador de 1 000 kVA y es trifásico su PFE es 2,594 kW y PCU es 11,115 kW.
3. Se halla t_3 con la ecuación 1.5 y se obtiene 720 horas/mes
4. Se halla T_1 que es el tiempo en que actúa la corriente de carga (turnos de trabajo) como es de tres turnos es 720 h/mes.
5. Se calcula los kVA reales usando la ecuación 1.6 y se obtiene 492,96 kVA.
6. Los kVA nominal es la capacidad del banco de transformador expresada en kiloVolt Ampere y sería 1 000 kVA.
7. Luego se sustituye los valores obtenidos en la ecuación 1.4 y se obtiene un resultado de 3 812,41 kWh.

En la siguiente tabla 2.6 se mostrará un resumen anual del cálculo de los bancos de transformadores durante el año 2021.

Tabla 2.6 Cálculo de los bancos de transformadores en el año 2021. Fuente: elaboración propia

<i>No.</i>	<i>Bombeos</i>	<i>Cálculo realizado (kWh)</i>	<i>Cálculo realizado (pesos)</i>
1	Pedraja	8 089	19 252,37
2	Zona Media	5 039	11 992,46
3	Ceiba Mocha	7 029	16 728,66
4	Huerto Escolar	7 115	16 933,84
5	Julia 5-6	13 592	32 348,67
6	Julia 4	9 080	21 609,90
7	Naranjal	35 990	85 656,34
8	Arenera	6 319	15 040,29
9	Luis Roque	6 932	16 497,71
10	Coronado	5 306	12 627,54
11	Canímar 1	17 430	41 483,59
12	Canímar 4	13 211	31 443,23
13	Canímar 3	14 820	35 270,62
14	Canímar 2	12 832	30 540,09
15	Zequeiras	13 518	32 173,29
16	Camilito	13 708	32 625,75
17	Dubroq	2 816	6 701,32
18	Cumbre	3 223	7 669,74
19	Jesús María (los mangos)	2 363	5 623,30
20	Canímar 5	10 287	24 483,73
21	Almanza Carbonera	4 536	10 796,75
22	Paseo de Martí Versalles	20 380	48 503,81
23	San Juan	26 775	63 723,93
24	Conde	37 638	89 579,27

25	Bello 1, 3, 9, 10	60 137	143 126,37
26	Acueducto Eide Vocacional	22 279	53 023,43
27	Laguna de Palo	10 048	23 915,07
28	Guanábana # 2	12 858	30 602,94
29	Acueducto La Ceiba	2 857	6 800,71
	Total	406 208	966 774,73

2.9 Conclusiones parciales.

1. La aplicación de una guía de diagnóstico indica que la gestión de la energía en la EAAM no es óptima, destacando que no se domina la NC-ISO: 50 001: 2018 por los gestores energéticos de la entidad.
2. Después de realizar el levantamiento de cargas se detecta que no se encuentran registrados un grupo de modificaciones realizadas a los motores al no existir relación entre los valores de potencia y máxima demanda registrada.
3. Se han detallado las metodologías de cálculo correspondientes al factor de potencia y las pérdidas por transformación. Han sido valoradas variaciones en los horarios de bombeo para descargar el horario pico, de igual manera se analiza la correspondencia de las necesidades reales con la demanda contratada.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En el presente capítulo, a partir de lo expuesto anteriormente, se realizó un análisis económico que implicaría la realización de las modificaciones propuestas, dígame: instalación de bancos de capacitores para obtener la máxima bonificación por concepto de factor de potencia; reacomodamiento de horarios de bombeo; revisión de la factura respecto a las pérdidas por transformación y recontractación de la demanda actualmete contratada. Se realizó también una estimación del impacto ambiental que ocasiona en la actualidad la UEB.

3.1 Análisis de máxima demanda contratada.

Se estudiaron 29 Servicios del municipio de Matanzas y Limonar todos bombeos de agua. De esos servicios se facturaron con la tarifa M1A 27 (Bello 1,3,9,10, Camilito, Canímar 1, Canímar 2, Acueducto Canímar 3, Canímar 4, Canímar 5, Almanza Carbonera, Ceiba Mocha, El Conde, Guanábana # 2, Huerto Escolar, Julia 4, Julia 5-6, San Juan, Acueducto Eide Vocacional, Dubroq, Jesús María (Los Mangos), Naranjal, Pedrajas, Paseo Martí Versalles, Zona Media, Zequeira, Coronado, La Arenera, Luis Roque y Laguna de Palo) y con la tarifa M1C dos (La Cumbre y Acueducto La Ceiba). Se realizará una propuesta en la tabla 3.1 de la demanda contratada teniendo en cuenta la demanda durante el año 2021 y analizaremos las diferencias de las propuestas que proponemos.

Tabla 3.1 Análisis de la demanda contratada. Fuente: elaboración propia

<i>No.</i>	<i>Bombeos</i>	<i>Demanda Actual</i>	<i>Penalización por Demanda Contratada</i>	<i>Demanda Propuesta</i>	<i>Penalización por Demanda Contratada Propuesta</i>	<i>Diferencia del cobro (pesos)</i>
1	Pedraja	93	846	90	1 974	3 384
2	Zona Media	45	0	45	0	0
3	Ceiba Mocha	69	4 512	65	5 640	4 512
4	Huerto Escolar	90	2 820	90	2 820	0

5	Julia 5-6	109	0	110	0	-1 128
6	Julia 4	40	0	40	0	0
7	Naranjal	590	8 742	560	0	33 840
8	Arenera	125	0	85	0	45 120
9	Luis Roque	80	1 974	80	1 974	0
10	Coronado	15	0	15	0	0
11	Canímar 1	160	24 252	150	24 252	11 280
12	Canímar 4	100	0	95	0	5 640
13	Canímar 3	90	0	85	0	5 640
14	Canímar 2	138	3 666	100	19 176	43 240
15	Zequeiras	85	0	75	0	11 280
16	Camilitos	160	0	155	282	5 640
17	Dubroq	25	0	20	282	5 640
18	Cumbre	5	0	5	0	0
19	Jesús María (los mangos)	66	29 892	90	5 076	-26 320
20	Canímar 5	105	0	105	0	0
21	Almanza Carbonera	32	0	30	0	2 256
22	Paseo de Martí Versalles	264	0	235	0	32 712
23	San Juan	190	0	190	0	0
24	Conde	390	0	330	0	67 680
25	Bello 1, 3, 9, 10	450	0	440	1 128	11 280
26	Acueducto Eide Vocacional	110	0	100	846	11 280
27	Laguna de Palo	98	11 844	80	21 996	20 304
28	Guanábana # 2	49	3 102	50	0	-1 128
29	Acueducto La Ceiba	62	90 804	60	0	-33 088
	Total		182 454		85 446	259 064

Durante el año 2021 pagan por cargo fijo (importe por la demanda contratada) un total de 4 291 664,00 pesos. Un total de 11 servicios en al menos un mes del año incurre en incumplimiento de la demanda contratada y acumulan un importe por penalización equivalente a 182 454,00 pesos que representa el 4,25% del importe de cargo fijo. Este hecho es posible minimizarlo y hasta incluso reducirlo a cero.

A partir del análisis de las demandas reales registradas recomendamos reajustar la demanda contratada en 22 servicios, lo cual puede significar un ahorro de 259 064,00 pesos. Por importes penalizados pagan 182 454,00 pesos y con la propuesta pagarían 85 446,00 pesos donde se ahorrarían 97 008,00 pesos. Todos estos cambios traerían beneficios para la EAAM ya que dejarían de pagar 356 072,00 pesos.

3.2 Acomodo de los horarios en los servicios de bombeos.

En la tabla 3.2 se referenciará los consumos e importes actuales y como quedarían al ajustar los horarios de los bombeos.

Tabla 3.2 Resultados de los ajustes de horarios en los bombeos. Fuente: elaboración propia

<i>Horarios</i>	<i>Consumos actuales</i>	<i>Importe Actuales</i>	<i>Consumos Propuestos</i>	<i>Importe Propuestos</i>	<i>Diferencias en pesos cubanos</i>
Madrugada	6 399 708	11 454 813,18	6 762 773,82	12 104 663,32	649 850,14
Día	10 739 946	24 530 493,44	10 656 492,08	24 339 881,14	-190 612,30
Pico	3 353 600	12 655 206,44	3 073 988,1	11 600 057,85	-1 055 148,59
Total	20 493 254	48 640 513,06	20 493 254	48 044 602,31	595 910,75

A partir de los ajustes en los horarios de los bombeos la UEB Oeste Matanzas pudiera ahorrarse 595 910,75 pesos.

3.3 Análisis de bonificaciones por concepto de FP. (Penalización / Bonificación).

Se ha realizado el cálculo por cada mes del año y cada bombeo con un programa el cual está asociado al Parque Científico Tecnológico Matanzas llamado Sistema Integral de Gestión para el Uso Racional de la Energía (SIGURE) el cual fue creado por el Ingeniero Hector Rodríguez Rodríguez. A continuación, es detallado el método de cálculo presentando en un ejemplo real de la bonificación del F.P.

El bombeo de Bello 1,3,9,10, en el mes de diciembre del 2021 ha registrado un FP de 0,86 que representa 36 420,60 pesos en pago de la EAAM a la Empresa Eléctrica Matanzas. Elevar ese FP a 0,93 significa una bonificación de 8 419,82 pesos y con una mejora de FP a 0,96 se bonificaría en 32 626,79 pesos, según lo expresado en las ecuaciones 1.2 y 1.3 y se dará a conocer los valores anuales del 2021 de los servicios estudiados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Análisis del F.P en el año 2021. Fuente: elaboración propia

<i>No.</i>	<i>Bombeos</i>	<i>Importe Penalizado (pesos)</i>	<i>Importe de Bonificación al 0,96 (pesos)</i>	<i>Diferencia (pesos)</i>
1	Pedraja	56 026,61	54 580,81	110 607,42
2	Zona Media	8 680,32	16 211,54	24 891,86
3	Ceiba Mocha	49 890,61	40 159,87	90 050,48
4	Huerto Escolar	79 187,21	27 961,10	107 148,31
5	Julia 5-6	148 792,70	99 057,67	247 850,37
6	Julia 4	77 703,38	34 083,75	111 787,13
7	Naranjal	562 027,93	303 506,64	865 534,57
8	Arenera	81 492,59	33 002,25	114 494,84
9	Luis Roque	18 436,91	34 350,99	52 787,9
10	Coronado	9 423,45	6 827,08	16 250,53
11	Canímar 1	98 512,88	116 699,10	215 211,98
12	Canímar 4	341 115,95	83 730,56	424 846,51

13	Canímar 3	372 700,19	69 778,92	442 479,11
14	Canímar 2	97 417,07	56 474,77	153 891,84
15	Zequeiras	40 143,67	61 438,43	101 582,1
16	Camilitos	153 056,96	108 388,66	261 445,62
17	Dubroq	1 356,60	6 311,61	7 668,21
18	Cumbre	0	3 441,57	3 441,57
19	Jesús María (los mangos)	17 280,35	4 848,64	22 128,99
20	Canímar 5	135 635,10	81 298,38	216 933,48
21	Almanza Carbonera	17 307,84	6 943,60	24 251,44
22	Paseo de Martí Versalles	410 983,09	156 888,59	567 871,68
23	San Juan	308 966,51	171 265,84	480 232,35
24	Conde	550 302,38	268 607,26	818 909,64
25	Bello 1, 3, 9, 10	2 529 331,85	414 593,74	2 943 925,59
26	Acueducto Eide Vocacional	127 077,50	64 406,92	191 484,42
27	Laguna de Palo	17 588,04	64 105,16	81 693,2
28	Guanábana # 2	390 594,38	28 358,11	390 594,38
29	Acueducto La Ceiba	19 572,44	7 376,77	19 572,44
	Total	6 720 604,51	2 424 698,31	9 145 302,82

3.4 Análisis de las pérdidas por transformación.

En la tabla 3.4 son resumidas las diferencias existentes en kWh de importe facturado por la Empresa Eléctrica y los cálculos realizados.

Tabla 3.4 Análisis del cálculo de los bancos de transformadores en el año 2021. Fuente: elaboración propia

No	Bombeos	Cálculo de la Empres	Importe cobrado (pesos)	Cálculo realizado o (kWh)	Cálculo realizado (pesos)	Diferencia (kWh)	Diferencia (pesos)
----	---------	----------------------	-------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------	--------------------

		<i>a</i> <i>Eléctric</i> <i>a (kWh)</i>					
1	Pedraja	14 941	33 811,14	8 089	19 252,37	6 852	14 558,77
2	Zona Media	4 915	11 770,33	5 039	11 992,46	-124	-222,13
3	Ceiba Mocha	7 029	15 263,40	7 029	16 728,66	0	-1 465,26
4	Huerto Escolar	6 408	16 109,61	7 115	16 933,84	-707	-824,23
5	Julia 5-6	13 591	31 909,88	13 592	32 348,67	-1	-438,79
6	Julia 4	9 079	26 112,02	9 080	21 609,90	-1	4 502,12
7	Naranjal	35 992	83 215,35	35 990	85 656,34	2	-2 440,99
8	Arenera	6 319	13 601,07	6 319	15 040,29	0	-1 439,22
9	Luis Roque	6 938	16 739,13	6 932	16 497,71	6	241,42
10	Coronado	5 304	11 525,40	5 306	12 627,54	-2	-1 102,14
11	Canímar 1	17 428	40 774,87	17 430	41 483,59	-2	-708,72
12	Canímar 4	13 206	31 837,91	13 211	31 443,23	-5	394,68
13	Canímar 3	14 818	34 148,98	14 820	35 270,62	-2	-1 121,64
14	Canímar 2	12 830	30 342,08	12 832	30 540,09	-2	-198,01
15	Zequeiras	13 519	31 662,69	13 518	32 173,29	1	-510,60
16	Camilitos	13 876	36 290,31	13 708	32 625,75	168	3 664,56
17	Dubroq	2 805	6 405,20	2 816	6 701,32	-11	-296,12
18	Cumbre	3 227	7 617,41	3 223	7 669,74	4	-52,33
19	Jesús María (los mangos)	1 539	3 992,94	2 363	5 623,30	-824	-1 630,36
20	Canímar 5	10 288	24 147,79	10 287	24 483,73	1	-335,94
21	Almanza Carbonera	4 537	11 109,16	4 536	10 796,75	1	312,41
22	Paseo de Martí Versalles	20 380	46 008,13	20 380	48 503,81	0	-2 495,68
23	San Juan	43 052	102 142,35	26 775	63 723,93	16 277	38 418,42

24	Conde	37 636	89 478,01	37 638	89 579,27	-2	-101,26
25	Bello 1, 3, 9, 10	60 139	145 539,16	60 137	143 126,3 7	2	2 412,79
26	Acueducto Eide Vocacion al	22 282	55 717,26	22 279	53 023,43	3	2 693,84
27	Laguna de Palo	10 900	25 415,85	10 048	23 915,07	852	1 500,78
28	Guanábana # 2	13 519	35 824,56	12 858	30 602,94	661	5 221,62
29	Acueducto La Ceiba	2 485	5 843,76	2 857	6 800,71	-372	-956,95
	Total	428 982	1 024 355,7 5	406 208	966 774,7 3	22 774	54 202,43

En este tema es necesario primeramente conciliar los datos de las capacidades de los bancos de transformadores ya que puede haber cambios por deterioro de los bancos y la Empresa Eléctrica no actualice esos cambios para realizar un cálculo justo para ambas entidades.

También es importante darle seguimiento al comportamiento mensual de lo facturado porque en el análisis realizado encontramos una diferencia 22 774 kWh lo cual significa 54 202,43 pesos a un precio promedio de 2,38 pesos que la Empresa Eléctrica le cobró a la EAAM.

3.5 Análisis económico.

Si la EAAM lograra implantar todas las sugerencias explicadas en el estudio realizado lograrían grandes beneficios que podrían aprovecharlo para otras actividades. A continuación, se muestra en la tabla 3.5 los resultados obtenidos mediante el estudio realizado y el importe que tendrían como beneficio.

Tabla 3.5 Resultados de la investigación. Fuente: elaboración propia

<i>Aspectos a tratar</i>	<i>Importe actual (pesos cubanos)</i>	<i>Importe propuesto (pesos cubanos)</i>	<i>Diferencias (pesos cubanos)</i>
Ajustar DC	4 474 118,00	4 118 046,00	356 072,00
Acomodo de los horarios	48 640 513,06	48 044 602,31	595,910,75
FP	6 582 479,42	2 424 698,31	9,007,177,73
Pérdidas de transformación	1 020 977,16	966 774,73	54 202,43
Total	60 718 087,64	55 554 121,35	10 013 362,91

Si la UEB Oeste Matanzas reporta el 60% del agua que bombean como pérdidas entonces al arreglar los salideros y colocar relojes contadores de agua a todos los servicios consumidores de agua se ahorrarían un importe de 31 391 915,9 pesos a un precio promedio de 2,39 pesos por kWh consumido.

3.6 Impacto ambiental.

La UEB Oeste Matanzas reporta un total de 73 829 081 m³ de agua que bombean de esa agua tienen una pérdida estimada de 32 613 451,2 m³ que representa el 53,71% de lo que bombean implicando 9 784 035,36 kWh de energía consumida dando un importe de 23 383 844,51 pesos a un precio promedio de 2,39 pesos que representa el 38,34% de lo que pagan por energía. Esta energía provoca un daño al medio ambiente de 11 026,61 toneladas de CO₂ y le genera al país un costo de 1 122 474,07 usd y 3 197,93 de toneladas de combustible según tablas de estimaciones ofrecidas por la ONURE y que pueden revisarse en el anexo 4.

3.7 Conclusiones parciales.

1. Con la instalación de bancos de capacitores con el objetivo de obtener la máxima bonificación por concepto de factor de potencia se lograría una disminución en la facturación de 9 145 302,82 cup en el período de un año con características de consumo similares al año base de este estudio.

2. Analizando la distribución de los horarios de bombeo, la demanda contratada y el componente de la factura correspondiente a las pérdidas por transformación el monto que es posible ahorrar asciende a 10 013 362,91 cup.

3. Con el consumo eléctrico actual en la UEB el impacto ambiental referido a toneladas de CO₂ emitidas asciende a 14 802,8 y le genera al país un costo de 1 506 878,46 usd y por la quema de 4 293,10 de toneladas de combustible.

CONCLUSIONES

1. Ha sido evaluada la eficiencia en el uso del portador energético electricidad en la UEB Oeste Matanzas perteneciente a la EAAM y se han realizado las propuestas de mejoras necesarias.
2. El mayor costo que se ocasiona por los servicios prestados por la UEB Oeste Matanzas de la EAAM es la energía eléctrica; a su vez el consumo de esta empresa en la provincia representa aproximadamente el 12% del total del consumo. La gestión de la energía en la EAAM no es óptima, destacando que no se domina la NC-ISO: 50 001: 2018 por los gestores energéticos de la entidad.
3. Con la instalación de bancos de capacitores con el objetivo de obtener la máxima bonificación por concepto de factor de potencia y analizando la distribución de los horarios de bombeo, la demanda contratada y el componente de la factura correspondiente a las pérdidas por transformación el monto que es posible ahorrar asciende a 10 013 362,91 cup.
4. Con el consumo eléctrico actual en la UEB el impacto ambiental referido a toneladas de CO₂ emitidas asciende a 14 802,8 y le genera al país un costo de 1 506 878,46 usd y por la quema de 4 293,10 de toneladas de combustible.

RECOMENDACIONES

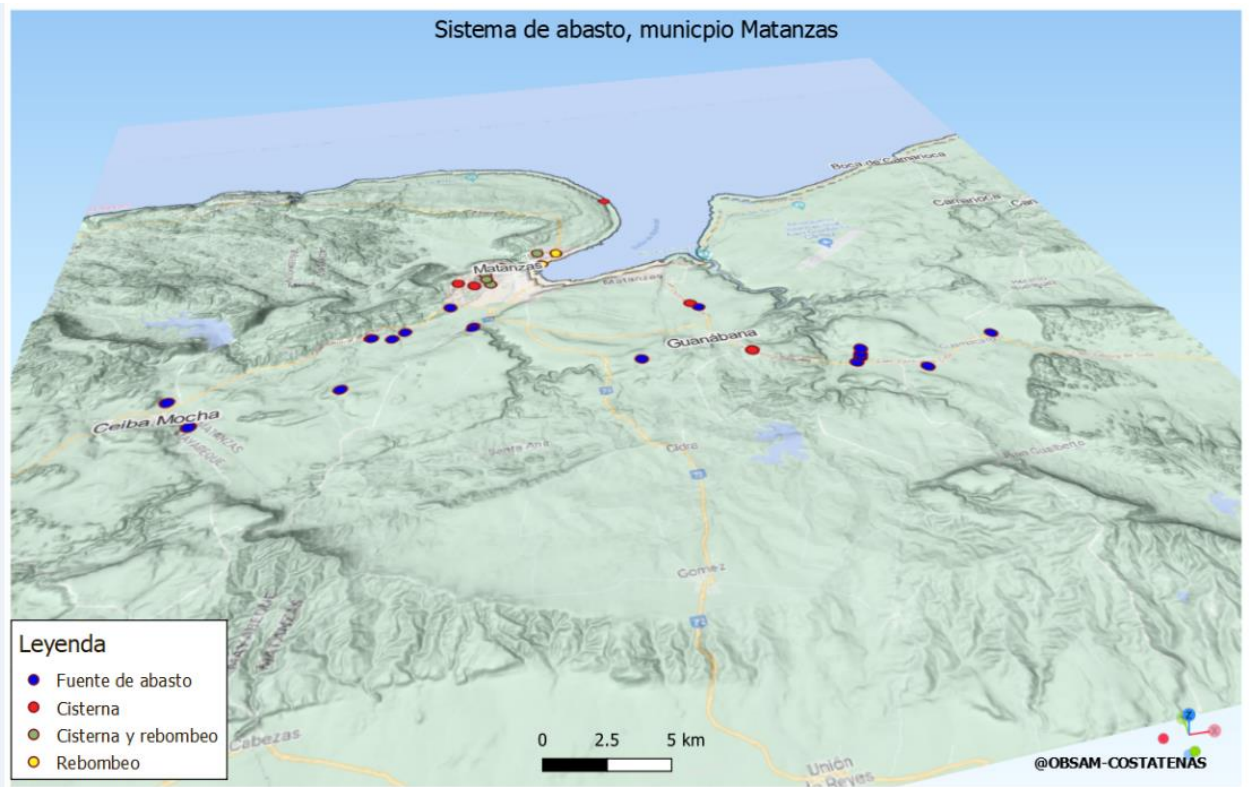
1. Extender el estudio realizado al resto de las UEB de la EAAM en la provincia, se supone que los montos a ahorrar serían proporcionales a los estimados en esta investigación.
2. Realizar el estudio de factibilidad correspondiente a la instalación de los bancos de capacitores propuestos según los costos del mercado, con la confirmación probada se deberá proceder a su montaje.
3. Ejecutar la recontractación de la demanda contratada y reordenar los horarios de bombeo para maximizar la eficiencia en la actividad.
4. Establecer un SGen según la NC-ISO:50 001: 2018, eslabón que debilita considerablemente la gestión de la EAAM; la informatización de este proceso puede fortalecerse con la implementación del uso de software como SIGURE creado por el Ingeniero Eléctrico Hector Rodríguez Rodríguez el cual está asociado al Parque Científico Tecnológico Matanzas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Guevara, R. E. (2022). Sistema autónomo de control y supervisión de condiciones nutricionales del agua mediante una red de sensores y algoritmos de aprendizaje supervisado para el regadío en cultivo de espinaca bajo condiciones de hidroponía NFT vertical.
- Baltazar Jimenez, M. (2020). "Sistema de bombeo solar fotovoltaico para abastecimiento de agua en la IEP Apóstol San Pedro del Distrito Tres de Diciembre."
- Bencomo Ramos, L., et al. (2021). "Tarea Vida y su proyección en el Centro de Investigaciones Hidráulicas en Cuba." **42**(2): 29-38.
- CEPAL, N. (2018). "Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe."
- Chenoweth, J. J. D. (2008). "Minimum water requirement for social and economic development." **229**(1-3): 245-256.
- Díaz Duque, J. A. J. I. H. y. A. (2018). "El agua en Cuba: un desafío a la sostenibilidad." **39**(2): 46-59.
- Díaz, N. (2018). "Dosificador de cloro con bomba eléctrica: manual de instalación, operación y mantenimiento."
- Hernández, J. C., et al. (2017). "Nuevas estrategias para un plan de uso eficiente de la energía eléctrica." (54): 75-99.
- Linares, P. and X. Labandeira (2010). "Energy efficiency: economics and policy." Journal of economic surveys **24**(3): 573-592.
- Moliá, R. J. M. A. y. s. u. R. d. d. M. "sf «Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua."
- Ramírez Alvarado, F. A. (2020). "Diseño e instalación de sistema de bombeo automatizado para el abastecimiento de agua en finca ganadera."
- Rizo, A. A. (2016). ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS SEDE CAMILO CIENFUEGOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO: 50001. Departamento de Mecánica. Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas.
Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico.
- Wilkinson, P., et al. (2007). "A global perspective on energy: health effects and injustices." **370**(9591): 965-978.

ANEXOS

Anexo 1 Muestra del sistema de abasto del municipio de Matanzas. Fuente: elaboración propia.



Anexo 2 Pérdidas de hierro y cobre en los transformadores monofásicos.

Fuente: Gaceta Oficial no.26 extraordinaria del 13 de abril del 2021.

<i>Pérdidas promedio de los transformadores de acuerdo con su capacidad (Monofásicos)</i>		
kVA	Pfe	Pcu
5	0,046	0,107
10	0,065	0,180
15	0,084	0,251
25	0,115	0,389
37	0,162	0,487
50	0,199	0,626
75	0,269	0,882
100	0,332	1,185
167	0,482	1,893
250	0,66	2,802
333	0,83	3,587

Anexo 3 Pérdidas de hierro y cobre en los transformadores trifásicos.

Fuente: Gaceta Oficial no.26 extraordinaria del 13 de abril del 2021.

<i>Pérdidas promedio de los transformadores de acuerdo con su capacidad (Trifásicos)</i>		
kVA	PCU (kW)	PFE (kW)
25	0,553	0,230

37,5	0,718	0,259
40	0,860	0,263
50	1,125	0,268
63	1,170	0,285
75	1,306	0,443
100	1,771	0,468
150	2,218	0,813
200	2,738	1,143
300	4,206	1,349
400	5,803	1,457
500	6,883	1,484
630	7,736	1,531
750	9,925	2,237
800	10,340	2,300
1 000	11,115	2,594
1 250	15,520	2,705
1 600	16,587	3,174
2 000	23,95	3,649
2 500	23,100	5,175
3 200	37,000	11,500
10 000	65,000	14,500
25 000	120,000	27,000
27 000	120,000	27,000
40 000	175,000	39,500
63 000	302,000	68,000

Nota: En caso de la existencia de otra capacidad no relacionada en el listado, es incorporado en el cálculo.

Anexo 4 Conversión de kWh consumido a combustible gastado, gasto que representa el sobre consumo y contaminación a la atmósfera. Fuente: ONURE.

<i>Consumo (kWh)</i>	<i>Combustible gastado por kWh (toneladas)</i>	<i>Gasto que representa el sobre consumo (usd)</i>	<i>Nivel de CO₂ emitidos a la atmósfera (toneladas)</i>
9 784 035,36	3 197,93	1 122 474,07	11 026,6