

REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.
CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE (CEEMA)



TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCION AL TITULO DE INGENIERO MECANICO.

Título:
Indicadores de desempeño energético para la implementación de un sistema de gestión basado en la ISO 50001 para la empresa Radio Cuba, Cienfuegos.

AUTOR: Rainer Morejón Hernández.

TUTOR(ES): Mcs. Yamile Díaz Torres.

Dr. Mario Alvares Guerra

Declaración de Autoridad:

Hago constar que la presente investigación fue realizada en la Universidad de Cienfuegos como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando que la misma sea utilizada por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentada en eventos, ni publicada, sin la aprobación de la entidad.

Autor: Rainer Morejón Hernández

Los abajo firmantes certifican que el trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y que el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información científica técnica

Firma del Tutor
MSc. Yamile Días Torres

Firma del Tutor
Dr. Mario Alvares Guerra

Sistema de documentación y proyecto



Pensamientos



"Jamás dejes que las dudas paralicen tus acciones. Toma siempre todas las decisiones que necesites tomar, incluso sin tener la seguridad o certeza de que estás decidiendo correctamente."

Paulo Coelho

*El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable.
Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la
"oportunidad".*

Victor Hugo.

*... si no podemos hacer nada para cambiar el pasado hagamos algo en
el presente para mejorar el futuro...*

She.



Dedicatoria



*Dedico este trabajo de diploma a mi amada madre **Angela Hernández Brunet**, por ser siempre amor, comprensión y guía durante todos los años de mi vida; aunque a veces esté lejos en la distancia está siempre cerca en mi corazón.*



Agradecimientos



Agradezco a las personas que especialmente me han dado todo su amor y apoyo cuando en verdad los necesité, sin ellos no hubiese podido realizarse este sueño, especialmente:

- ❖ *Agradezco profundamente a mi mamá, por su apoyo incondicional y por constituir un pilar fundamental en mi formación.*
- ❖ *A mi papa por su cariño, ejemplo y confianza.*
- ❖ *A mi novia Païlenis por iluminar estos últimos años de mi vida.*
- ❖ *A mis tutores MSc Famile Días Torres y al Dr Mario Alvares Guerra, quienes con su capacidad y experiencia me guiaron en el desarrollo del presente trabajo.*
- ❖ *A todos los profesores que ayudaron a mi formación profesional durante los 5 años de mi carrera.*
- ❖ *A mis compañeros de aula, por compartir estos 5 inolvidables años de mi vida.*
- ❖ *A todo aquel que de una forma u otra colaboró para la realización de este sueño.*

Muchas gracias a todos, de corazón, siempre han representado una ayuda invaluable en todo lo que he hecho y espero que estén ahí siempre para cuando los necesite.

A todos...

Mil Gracias.



Resumen



RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en la empresa de Radiocomunicación y difusión de Cuba (RadioCuba), división Cienfuegos, con el objetivo general de determinar Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) para los centros de trasmisión de la empresa.

Para ello se realiza una revisión bibliográfica del estado del arte acerca de sistemas de gestión energética en Centros Procesadores de Datos (CPD), herramientas y metodologías para establecer Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).

Se analizan cuatro Centros de Transmisión de Onda Media (CTOM), el CTOM Tulipán, CTOM Malecón, CTOM 18 Plantas y CTOM Aguada y se aplicaron herramientas como los gráficos de control, entre otras.

La aplicación de seis indicadores y sus respectivos análisis son mostrados a través de los resultados obtenidos para una muestra de 4 centros transmisores reales analizados en el período comprendido entre enero del 2012 y marzo del 2015.

Palabras claves: indicador, desempeño energético.



Summary



This research was developed in the company of Radiocommunications and dissemination of Cuba (RadioCuba), Cienfuegos division, with the overall aim of determining Energy Performance Indicators (IDEn) for transmission facilities of the company. To do a literature review of the state of the art about energy management systems in data processing centers (DPC), tools and methodologies to establish Energy Performance Indicators (IDEn) is performed. Four Centres of Medium Wave Transmission (CTOM), the CTOM Tulip, CTOM Malecon, CTOM 18 CTOM Aguada Plants and analyzes and tools like control charts were applied, among others. The application of six indicators and their analysis are shown by the results obtained for a sample of four transmitters real centers analyzed in the period between January 2012 and March 2015.

Keys words: indicator, energy performance.



INDICE

INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA ISO 50001. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN CENTROS DE DATOS.	3
1.1 Introducción al capítulo.....	3
1.2 Eficiencia energética.....	3
1.3 Mecanismos para mejorar la eficiencia energética.....	4
1.4 La Norma ISO 50 001. Beneficios	4
1.5 Indicadores de desempeño energético. Clasificación.....	6
1.6 Herramientas para establecer indicadores de desempeño energético	10
1.6.1 Diagrama de Correlación y Dispersión.....	10
1.6.1.1 Filtrado de Datos.....	11
1.6.2 Producción Equivalente.....	13
1.7 Método de Días Grados de enfriamiento.....	14
1.8 Los Centros Procesadores de Datos.....	15
1.8.1 Funciones de los centro procesadores de datos.....	17
1.9 La gestión energética en los Centros Procesadores de Datos	18
1.10 Indicadores de eficiencia energética en Centros procesadores de datos.....	21
1.11 Oportunidades de ahorro en Centros Procesadores de Datos	24
1.12 Conclusiones parciales.....	26
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA RADIO CUBA CIENFUEGOS.	27
2.1 Introducción al capítulo.....	27
2.2 Caracterización general de la empresa Radio Cuba Cienfuegos.	27
2.2.1 Servicio de radiodifusión de Amplitud Modulada en la banda de Ondas Medias.	29



2.2.2 Objeto Social, Misión y Visión.....	29
2.3 Prueba de Necesidad para la caracterización energética de la Empresa Radio Cuba Cienfuegos.....	31
2.3.1 Resultado de auditorías energéticas.....	33
2.3.2 Estratificación de los costos y portadores energéticos.....	34
2.4 Análisis del uso y consumo de la energía en la Empresa Radio Cuba.....	35
2.4.1 Análisis del CTOM Malecón.....	35
2.4.1.1 Análisis del gráfico de control.....	37
2.4.1.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.....	38
2.4.2 Análisis del CTOM Aguada.....	40
2.4.2.1 Análisis del gráfico de control.....	42
2.4.2.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.....	42
2.4.3 Análisis del CTOM Tulipán.....	44
2.4.3.1 Análisis del gráfico de control.....	45
2.4.3.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.....	46
2.4.4 Análisis del CTV 18.....	47
2.4.4.1 Análisis del gráfico de control.....	48
2.4.4.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.....	49
2.5 Conclusiones parciales.....	50
CAPÍTULO 3. PROYECTOS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	51
3.1 Introducción al capítulo.....	51
3.2 Indicadores de eficiencia energética para centros procesadores de datos.....	51
3.2.1 PUE (Power Usage Effectiveness) / DCiE (Data Center infrastructure Efficiency).....	51
3.2.2 Densidad Unitaria de Energía (DUE).....	54



3.2.3 Demanda Unitaria de Refrigeración (DUR)	55
3.3 Análisis del indicador producción equivalente en los CTOM.	56
3.4 Análisis del indicador días grado.	59
3.5 Comparación de indicadores de desempeño energético.	64
3.6 Conclusiones parciales	65
CONCLUSIONES GENERALES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	73



INTRODUCCION

El sistema de gestión energética (SGE) es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implementar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía. Es la parte del sistema general de gestión de la organización que se encarga de controlar el uso de la energía, desde su entrada a través de distintas fuentes, su uso y su transformación en beneficios.

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas de gestión, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente; con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad. (BorrotoNordelo, Aníbal E., 2009)

En este contexto la norma de gestión de la energía ISO 50001:2011 proporciona a las organizaciones del sector público y privado estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la gestión energética.

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) son aquellos que se establecen con el fin de realizar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo. Son cuantificables y se establecen por cada uso significativo de la energía y por cada portador energético. Estos son vitales a la hora de implementar un SGE basado en la norma ISO 50 001.

Se denomina Centro de Proceso de Datos (CPD o "Data Center" en inglés) a aquella ubicación donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la Información de una organización. Estos son centros proporcionados con equipamiento electrónico que disipan altos valores de energía y con sistemas de climatización responsables de mantener las condiciones óptimas de trabajo de estos equipos. Los CPD son altos consumidores de energía eléctrica, se conoce que en algunos países, fundamentalmente desarrollados, el 1,5% de la energía de es demandada por este sector.

En la empresa de telecomunicaciones Radio-Cuba de la provincia de Cienfuegos por la similitud con respecto al desglose del equipamiento de sus centros de trasmisión, se asemeja a un CPD. En la misma el consumo de energía eléctrica representa un tercio de sus gastos totales. En auditorías realizadas por la Oficina Nacional del Uso Racional de la Energía (ONURE) han detectado que la misma no cuenta con un sistema de gestión energética que les posibilite monitorear sus recursos energéticos, así mismo no poseen indicadores de desempeño energético que evalúen, controlen y sienten las bases para la implementación de un SGE basado en la ISO 50 001. Por lo que se plantea el siguiente problema científico.

Problema científico:

En la empresa Radio Cuba de Cienfuegos no posee indicadores de eficiencia energética que les permita implementar de forma eficiente un sistema de gestión de energía basado en la ISO 50 001

Hipótesis:

La definición de IDEn permitirá a la empresa el correcto monitoreo del consumo de energía eléctrica basado en la ISO 50 001.

Objetivo general:

Determinar IDEn para los centros de trasmisión de la empresa de Radio Cuba Cienfuegos

Objetivos específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de sistemas de gestión energética en CPD, herramientas y metodologías para establecer IDEn.
2. Realizar una caracterización energética inicial basado en herramientas de gestión de la ISO 50 001 para la empresa Radio Cuba Cienfuegos
3. Valorar el uso de IDEn utilizados en los CPD
4. Evaluar la pertinencia del uso de IDEn basados en los métodos días-grado y producción equivalente para la empresa Radio Cuba.

CAPÍTULO I: SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA ISO 50001. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN CENTROS DE DATOS.

1.1 Introducción al capítulo.

En este capítulo se pretende mostrar algunos temas que son centrales para conocer el Sistema de Gestión de Eficiencia Energética. Es por ello que se hace referencia a los principales hallazgos encontrados durante la revisión bibliográfica, los cuales permiten la incorporación de los elementos teóricos necesarios para la fundamentación de este estudio.

1.2 Eficiencia energética

La energía es un elemento primordial en la economía de un país, y el impacto que ésta tiene sobre el medio ambiente, como es el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero; lo anterior dicho ha obligado a las empresas a implementar buenas prácticas del uso racional de los recursos energéticos, prácticas que no implican sacrificios en la calidad de sus productos ni disminución en la productividad del país. Por el contrario, tienen la oportunidad de ofrecer a sus clientes productos que son más sostenibles desde su creación, producción, distribución y ciclo de vida. (Cisneros, 2014)

Desde el punto de vista conceptual, la eficiencia energética se refiere a la minimización del insumo energético por unidad de producto, manteniendo la misma calidad o mejorándola. Se origina a partir de la disminución de las pérdidas de energía durante los procesos de conversión o transformación de un tipo de energía a otro. Gracias a ella es posible producir un mismo o un mayor volumen de bienes o de niveles de servicio, sin aumentar (o aumentando en una proporción menor) el consumo de energía. (AChEE, 2011)

La importancia que tiene la eficiencia energética en la actualidad, ha despertado el interés de muchos países en buscar iniciativas y programas que ayuden a disminuir el consumo de energía per cápita, reducir la intensidad energética y reducir las emisiones de CO₂.

1.3 Mecanismos para mejorar la eficiencia energética.

La eficiencia energética tiene un gran significado ambiental, económico, cultural, social y de seguridad de suministro, por lo que representa una fuente energética menos costosa que puede orientar a los consumidores de energía a tomar acciones e iniciativas que generen ahorros energéticos. (Horta, 2010)

Para establecer un proceso de mejora continua y poder fomentar la eficiencia energética, se deben implementar algunas acciones, procedimientos y capacitaciones que contribuyan al uso eficiente de los recursos energéticos, ayudando a reforzar la competitividad empresarial, así también, las medidas para incrementar la eficiencia energética de los sistemas, deben tomar en cuenta diferentes niveles de intervención, particularmente con referencia a las causas que provocan pérdidas de energía, preservando el equilibrio económico y articulando acciones que permitan la efectiva reducción de pérdidas. Bajo tales conceptos, es posible clasificar los mecanismos para mejorar la eficiencia energética en dos grupos (Campos, 2008).

Mecanismos de base tecnológica: estos mecanismos promueven el uso de equipos de alta eficiencia y la implementación de procesos innovadores que presenten menos pérdidas de energía que los procesos estándares básicamente mediante la inversión de capital.

Mecanismos de base conductual: se fundamenta en cambios de conductas, cambios en la gestión de la empresa, reduciendo el consumo de la energía, sin alterar los sistemas o equipos ni el nivel de satisfacción en el uso de la energía.

1.4 La Norma ISO 50 001. Beneficios

La norma ISO 50001, Energy Management Systems fue publicada oficialmente el 15 de junio de 2011 por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Elaborada por un comité de expertos de más de cuarenta países. Establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como a incrementar sus ventajas competitivas

dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad.

La ISO 50001 se construye sobre el concepto de los Sistema de Gestión de la Energía, y brinda a todo tipo de empresas y organizaciones, tanto públicas como privadas, grandes y pequeñas, los requisitos para gestionar los sistemas energéticos, siguiendo el proceso Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) de mejora continua. Ver figura 1.1. Esto permite a las empresas y organizaciones disponer de una herramienta, a través de la cual mejora el desempeño energético, logrando reducir continuamente la utilización de la energía, y por consiguiente reducir los costos relacionados con la energía y la emisión de gases de efecto invernadero.

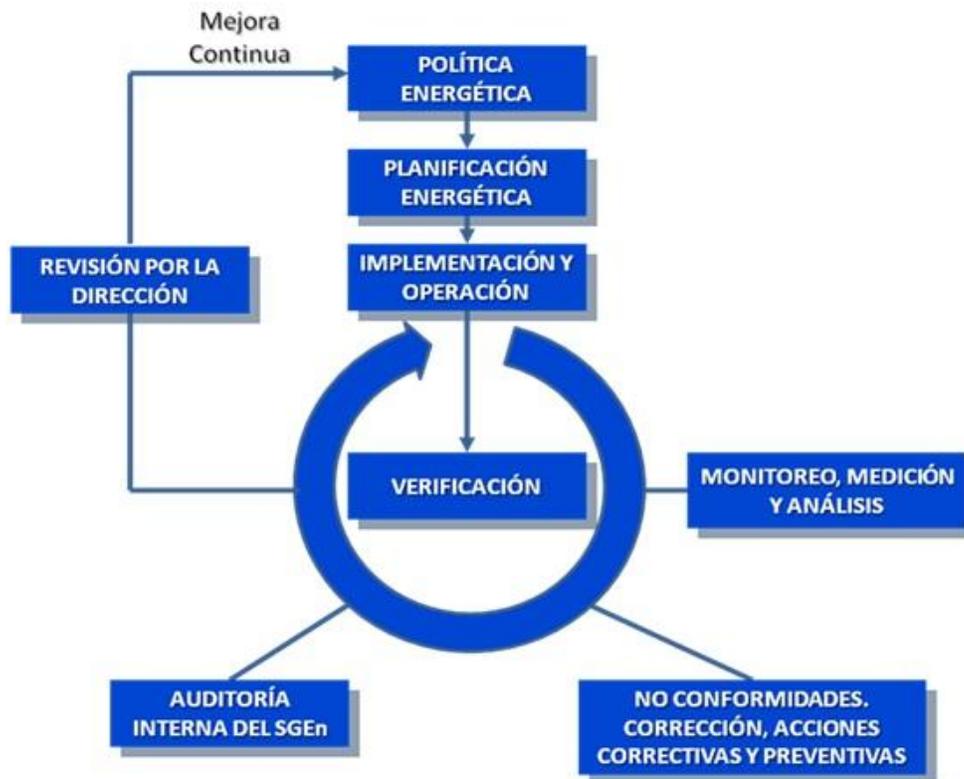


Figura 1.1: Modelo de Sistema de Gestión de la Energía ISO 50001:2011. Fuente: (Reunión Anual de la Red Nacional de Eficiencia Energética, 2012).

Esta norma permite a las organizaciones los siguientes beneficios (International Organization for Standardization, 2010):

Energéticos y Ambientales:

- Optimización del uso de la energía (consumo eficiente de la energía).
- Fomentar la eficiencia energética de las organizaciones.
- Disminución de emisiones de gases CO2 a la atmósfera.
- Reducción de los impactos ambientales.
- Adecuada utilización de los recursos naturales.
- Impulso de energías alternativas y renovables.

De liderazgo e imagen empresarial:

- Imagen de compromiso con el desarrollo energético sostenible.
- Refuerzo de la imagen de empresa comprometida frente al cambio climático.
- Cumplimiento de los requisitos legales.

Socio-Económicos:

- Disminución del impacto sobre el cambio climático.
- Ahorro en la factura energética.
- Reducción de la dependencia energética exterior.
- Reducción de los riesgos derivados de la oscilación de los precio de los recursos.

ISO 50001:2011 puede ser implementada de forma individual o integrada con otras normas de sistemas de gestión, como la ISO 9001 de gestión de Calidad y la ISO 14001 de gestión ambiental, que ya se encuentran implementadas en algunas empresas. Por lo tanto ésta norma es aplicable a cualquier tipo de empresas que así lo deseen, sin importar su actividad, tamaño o ubicación geográfica, de cualquier manera sus beneficios son innumerables para la sociedad y las organizaciones.

1.5 Indicadores de desempeño energético. Clasificación.

Los IDEn son ratios técnico-económicos, usados a niveles finales de consumo de energía, que relacionan el consumo de energía con un indicador de actividad físico. Los IDEn son parámetros cuantificables utilizados para realizar seguimiento y medición del

desempeño energético. En organizaciones industriales, normalmente relacionan el consumo de energía con la producción, siendo el más común el índice de consumo o consumo específico de energía (CEE). Asimismo, pueden ser otros parámetros de interés para la organización como una simple medición, por ejemplo el consumo global de energía. (Castillón, 2011)

Aunque la Norma no establece el hecho de definir IDEn para todos los usos significativos de la energía (USEn), es una buena práctica hacerlo, ya que ellos definen en gran medida el desempeño general de la organización. Igualmente es recomendable definir los IDEn por tipo de fuente energética utilizada.

Los indicadores de eficiencia energética se pueden clasificar en económicos y técnico-económicos.

Los indicadores económicos miden la relación entre el consumo de energía respecto a una variable de actividad económica, como el Producto Interior Bruto (PIB), valorañadido, etc. y tienen un alto nivel de agregación. Esto quiere decir, que se utilizan contando la totalidad de una economía o sector, a ese nivel no es posible presentar la actividad utilizando indicadores técnicos o físicos.

Se expresan como intensidades energéticas y se definen como la relación entre el consumo de energía, primaria o final, medido en unidades de energía y el indicador de actividad económica medido en unidades monetarias. Para poder hacer comparaciones entre países con diferentes economías se suelen convertir los precios a la misma moneda en un año determinado. Un ejemplo de estos indicadores para el sector industrial, es el del consumo de energía por valor agregado de los bienes producidos para todas las ramas industriales

Los indicadores técnico-económicos miden la relación existente entre los consumos energéticos respecto a indicadores de actividad medidos en términos físicos, como toneladas de acero producido, kilómetros recorridos, etc.

Se pueden calcular en niveles desagregados por sub-sector o por uso final y se denominan consumos por la unidad de actividad correspondiente. Estos índices técnico-

económicos se llaman consumo unitario y permiten tener una base de partida para la comparación con otras empresas del sector. El control de estos indicadores de consumo de energía permite conocer el nivel de eficiencia de operación.

Los IDEn pueden organizarse según el nivel al cual se desee reportar la información para ser involucrada en la toma de decisiones. De esta forma pueden tenerse: (Colectivo de autores, 2013)

Indicadores de nivel estratégico: servirán para la toma de decisiones de la alta dirección de una empresa tales como asignación de presupuesto al SGE o decisión de adquirir una certificación en ISO 50001. Deben ser fácilmente interpretables en términos de los ahorros obtenidos en dinero.

Indicadores de nivel táctico: Permite la toma de decisiones al personal encargado de la organización de los procesos productivos, por ejemplo la adopción de un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia o la reorganización de procesos productivos en función del mejor uso de la energía

Indicadores de nivel operativo: Se utilizan para la toma de decisiones, principalmente de mantenimiento y producción. Deben servir para ser utilizados por los operarios en sus funciones diarias. Pueden incluir el monitoreo de eficiencias de los equipos o de parámetros de control

Para la selección apropiada de un IDEn, es necesario conocer detalladamente el proceso, área, equipo u otra parte de la organización bajo consideración dentro de límites definidos; que permita luego realizar interpretaciones acertadas sobre su comportamiento e identificar sus posibles causas y efectos, para tomar las acciones pertinentes. Del mismo modo, es recomendable tener presente los objetivos de monitoreo que se desean alcanzar con el IDEn.

El análisis de regresión provee una herramienta útil para la selección y prueba de los IDEn identificados. De la misma manera, puede facilitar la verificación de la influencia de distintas variables independientes, y en el caso de que exista una alta correlación, incluirla para mejorar la confiabilidad del indicador.

Los IDEn pueden ser normalizados para incluir las variables previamente identificadas que afectan el consumo de energía. Si estas variables no son tenidas en cuenta, el IDEn resultante puede enmascarar la tendencia real en el consumo de energía y conducir a errores durante su interpretación. Una de estas variables es la variación de las referencias de producto con diferentes intensidades energéticas, producidas en las mismas líneas de producción. La técnica de producción equivalente permite incluir estas variaciones y obtener el divisor adecuado para la definición del IDEn. Además a la hora de medir las variaciones a lo largo del tiempo del uso de la energía, hay que tener en cuenta no solo la eficiencia, sino otros efectos que influyen en los consumos como son el clima, los cambios de actividad del sector, etc.

Para evaluar los cambios en la eficiencia energética se utilizan indicadores de tres tipos fundamentales (Nordelo, 2006)

Índices de consumo:

- Energía consumida / Producción realizada
- Energía consumida / Servicios prestados
- Energía consumida / Área construida

Índices de Eficiencia:

- Energía teórica / Energía real
- Energía producida / Energía consumida

Índices Económico-Energéticos:

- Gastos Energéticos /Gastos Totales
- Gastos energéticos/Ingresos (ventas)
- Energía total consumida/Valor de la producción total realizada (Intensidad Energética)

Se puede realizar un análisis de los impactos producidos sobre el sistema energético por las medidas políticas y las estrategias puestas en marcha. Esto se hace

comparando los valores actuales de la eficiencia energética con los datos de años anteriores y analizando cuáles son las tendencias a largo plazo. La eficiencia varía mucho dependiendo del escenario, esto se debe principalmente al tipo de tecnología empleada y al impacto de otros factores, como la calidad de combustible, las condiciones climatológicas, etc.

Es por ello que se requiere disponer de indicadores, diseñados para seguir los cambios de la eficiencia energética, basados en datos estadísticos fiables sobre balances energéticos, y recogidos y analizados con una misma metodología para que sea posible realizar comparaciones con otros países.

1.6 Herramientas para establecer indicadores de desempeño energético

1.6.1 Diagrama de Correlación y Dispersión

En el gráfico de correlación y dispersión se muestra la relación entre dos parámetros, su objetivo es mostrar si existe correlación entre dos datos y en el caso de que exista alguna correlación se muestra el comportamiento que tienen los mismos. Para la empresa, la utilización del diagrama de correlación y dispersión de la energía con respecto a la producción realizada revela importante información sobre el proceso. (Ramírez, 2008)

Una vez identificadas las variables que tienen influencia en los USEn (Usos Significativos de la Energía), es preciso determinar con certeza qué tanta relación existen entre ellas y el consumo energético de los USEn, y así determinar cuáles explican mejor su variación. Un análisis de correlación lineal, simple o múltiple, facilita dicha verificación. Para cada rango de datos de la variable identificada, se determina el coeficiente de correlación . Las variables que presenten los valores más altos, serán las que afectan (o explican) en mayor medida al consumo energético.

Es muy importante este ejercicio de verificación, ya que éstas serán las variables clave que luego deberán monitorearse y analizarse en la fase de verificación del SGen (Sistema de Gestión Energética).

Esta herramienta tiene la desventaja de requerir una buena cantidad de datos para que arroje resultados confiables.

El gráfico que se presenta a continuación, expone la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x , y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

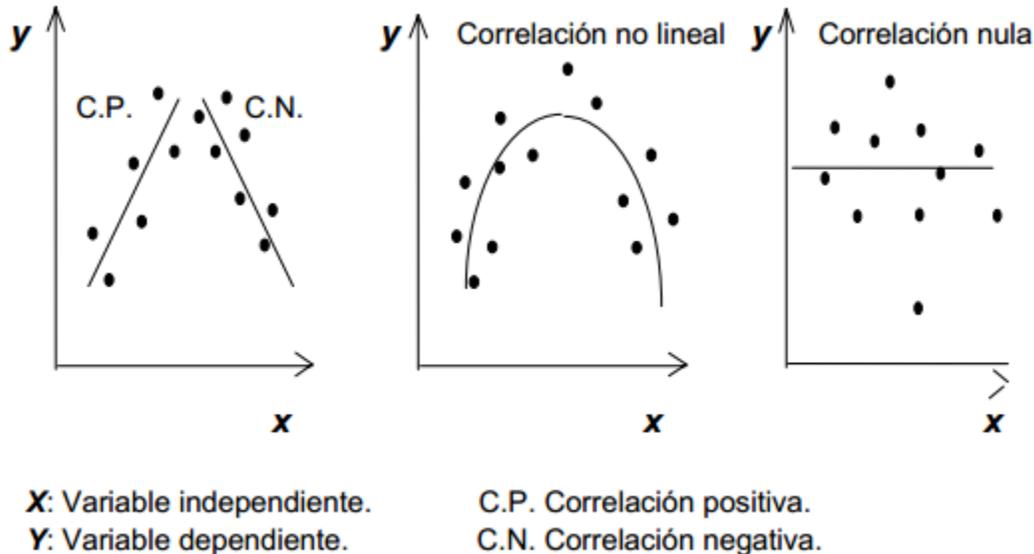


Figura 1.2: Diagrama de Correlación y Dispersión. (Colectivo de autores, 2006)

Utilidad de los diagramas de dispersión y correlación:

- Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre si y por tanto si el indicador es válido o no.
- Permite establecer nuevos indicadores de control.
- Permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

1.6.1.1 Filtrado de Datos.

Esta técnica permite descartar los datos que no reflejan un comportamiento normal, y que son principalmente producto de errores en las mediciones y condiciones anómalas de operación. Su uso debe ser cuidadoso cuando la organización produce varias

referencias de producto con diferentes intensidades energéticas en las mismas líneas de producción, ya puede inducir a la eliminación de datos válidos. (Castillo, 2014)

El filtrado se basa en un análisis de correlación, en donde se considera un patrón normal, cuando existe una variación simultáneamente lineal en el consumo energético y en el nivel producción (u otra variable independiente) durante un mismo periodo. Los pares de datos que no cumplen con este criterio son considerados anómalos.

Usando las funciones de *Microsoft Excel*® PENDIENTE e INTERSECCION.EJE, se calcula, para toda la muestra de datos de consumo de energía y nivel de producción (P) (u otra variable de influencia), la pendiente de la línea recta (m) y su intercepto (E_0), respectivamente, para obtener una ecuación de la forma:

$$(1.1)$$

Con la cual, se estima un consumo energético teórico para cada nivel de producción. A continuación, para cada par de datos, se obtiene la variación explicada (V_e) y la variación no explicada (V_{ne}), respecto al valor promedio y al valor estimado con la

Ecuación, de la siguiente manera:

$$(1.2)$$

$$(1.3)$$

Una vez obtenidas las dos variaciones, es posible entonces calcular el coeficiente de correlación (R^2), para cada par de datos, así:

$$(1.4)$$

Este coeficiente determina en qué medida la variación en el consumo de energía es explicada por el nivel de producción, que en este caso esperamos sea lo más alto posible, ya que asumimos una variación lineal entre ambas variables. Además, se espera que el nivel de producción sea la variable que defina en mayor grado el consumo de energía en una planta industrial.(Campo, 2012)

1.6.2 Producción Equivalente

Esta técnica de normalización busca considerar el efecto que tiene la variación del tipo de producto (o de referencia) procesado con diferente intensidad energética, en el consumo energético, generalmente presente cuando se utilizan los mismos equipos para producirlos o cuando las mediciones no son realizadas durante los mismos periodos. Dicho efecto se refleja como un bajo nivel de correlación entre el consumo energético y el nivel de producción global de la organización, habitualmente alta en procesos productivos. Se debe utilizar únicamente después de haber descartado problemas con la adquisición y procesamiento de los datos, ya que esto también puede generar bajos niveles de correlación.

La producción equivalente se puede estimar de varias formas, según los datos disponibles. Una primera opción es obtener un modelo lineal () a través de un análisis de regresión para cada tipo de producto procesado. Luego se selecciona una referencia de producto como estándar, comúnmente el de mayor volumen de producción o el de mejor nivel de correlación, y se refieren los demás modelos al de éste. Así pues, la ecuación para calcular la producción equivalente de cada referencia de producto quedaría así: (Campos, 2012.)

$$\text{-----}(1.5)$$

Donde:

Pendiente del modelo lineal para la referencia i.

Nivel de producción de la referencia i.

Intercepto del modelo lineal para la referencia estándar.

Pendiente del modelo lineal para la referencia estándar.

La producción equivalente total sería la sumatoria de todas las producciones equivalentes para cada producto.

Otra opción se basa en calcular la energía específica necesaria para producir una unidad de cada tipo de producto y referirla a la del producto de mayor volumen de

procesamiento. El consumo específico de cada referencia se obtiene a través de un balance de energía para un nivel típico de producción. La producción equivalente total sería, el dato de producción del producto definido como estándar, más la sumatoria de las producciones de cada tipo de producto por su consumo específico referido al del producto estándar, según la ecuación: (Colectivo de autores, 2006.)

$$\text{-----} \quad (1.6)$$

Donde:

Nivel de producción de la referencia estándar.

Nivel de producción de la referencia i.

Consumo específico de energía de la referencia i.

Consumo específico de energía de la referencia estándar.

1.7 Método de Días Grados de enfriamiento.

Entre los distintos métodos empleados para analizar la interacción del clima con el consumo de energía, sobre todo en procesos de climatización, refrigeración, acondicionamiento de locales, etc., se encuentra el denominado método de los Días-Grado, el cual se basa en el análisis de un denominado valor de temperatura base, que es el punto en el cual debe existir un equilibrio dinámico entre el objeto o sistema en estudio y el ambiente.

Cooling Degree Days (CDD) o los días-grado de enfriamiento (DGE) se usa para los cálculos relacionados con el enfriamiento de edificios. Por ejemplo, DGE puede usarse para normalizar el consumo de la energía asociado al aire acondicionado en los edificios. El cálculo de los días-grado de enfriamiento utiliza una temperatura de referencia y proporciona una medida de en cuántos grados y por cuánto tiempo, la temperatura externa está por arriba de la temperatura de referencia.

Un ejemplo de cálculo: si la temperatura externa fuera 2 grados por encima de la temperatura base durante 2 días, habría un total de 4 días-grado de enfriamiento para ese período (2 grados x 2 días = 4 días grado).

En otros países como Inglaterra y los Estados Unidos, resulta habitual que se elaboren reportes de los GDE y los días-grado de calefacción (GDC) por las oficinas meteorológicas territoriales y nacionales, como forma de ofrecer un servicio más a clientes específicos del sector energético. Por ello, la definición que se encuentra en la literatura sobre el método toma para su implementación, la temperatura «media» promediada, T^M a partir de la temperatura máxima ($t_{max}, ^\circ C$) y la mínima del día, ($t_{min}, ^\circ C$) o sea(Thom, 1966); (ASHRAE, 1997); (Sailor y Muñoz, 1997)

$$(1.7)$$

y luego según el caso,

$$(1.8)$$

$$(1.9)$$

Donde ($T_b, ^\circ C$) es la temperatura base. En este proceso no puede haber valores negativos, por ello, cuando en el caso de los GDE, si $T_m < T_b$, esto implica que $GDE=0$. De manera similar, para el caso de los GDC, si $T_m > T_b$, entonces esto significa que $GDC=0$. Ahora bien, debido a las características particulares del presente caso de estudio, sólo resulta de interés el cálculo de los GDE, y en ello se centrará el trabajo.

A su vez, también la literatura consultada establece ejemplificación de la aplicación de estos parámetros y diferencia las categorías de GDE semanal total, GDE mensual total, GDE anual acumulado como la suma de los GDE diarios correspondientes a cada uno de estos períodos.

1.8 Los Centros Procesadores de Datos.

Se denomina Centro de Proceso de Datos (CPD o “Data Center” en inglés) a aquella ubicación donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la

Información de una organización. Anteriormente también llamado centro de cálculo o centro de datos por su equivalente en inglés data center.

Un CPD viene a ser básicamente, bien un edificio o bien, una sala de tamaño variable usada para mantener en él una gran cantidad de equipamiento electrónico (servidores, sistemas de almacenamiento de datos, equipos de comunicaciones,...).

Estas instalaciones son creadas y mantenidas por las organizaciones con objeto de tener acceso a la información necesaria para sus operaciones.

Según Espinosa, (2012) se denomina:

“Centro de Proceso de Datos (CPDo “Data Center” en inglés) a aquella ubicación donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización. Anteriormente también llamado centro de cálculo o centro de datos por su equivalente en inglés data center”.

El mismo, señala que para diseñar un CPD hay que tener en cuenta una serie de aspectos estos son:

- Ubicación, espacio, dimensionamiento.
- Estructuras constructivas o Arquitectura.
- Fuente de energía eléctrica del CPD a una capacidad máxima.
- SAIS, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida redundantes en paralelo y/o doble paralelo.
- Tipo de refrigeración del CPD a una capacidad máxima.
- Fluido de gases.
- Acometidas eléctricas.
- Cableado de datos: cobre, fibra (principalmente).
- Bandejas porta cables distribuidoras.
- Canalizaciones para proveedores de servicios de Telecomunicaciones.
- Sistemas anti-incendio. Elementos ignífugos.
- Sistema de seguridad: control de accesos, CCTV, detectores de movimientos

- Generadores de energía y cuadros de distribución eléctrica. Depósito de combustible.
- Instalación de sistemas de alarmas, control de temperatura y humedad.
- Los suelos, paredes y techos deben estar sellados, pintados o contruidos con un material que reduzca al máximo la aparición de polvo.
- Puertas con protección anti-incendios.
- Carga del suelo: capacidad de carga suficiente para soportar tanto la carga concentrada como la carga distribuida de los equipos instalados.
- Señalización.
- Protección de contaminantes.
- Equipos de comunicaciones en alta disponibilidad.

El objetivo de la creación de los CPD fue, garantizar la continuidad y disponibilidad de los servicio, pues en estos ámbitos es muy importante la protección física de los equipos informáticos o de comunicaciones implicados, así como servidores de bases de datos que puedan contener información crítica.

KC Mares, director ejecutivo y presidente de Mega Watt Consulting, expresa:

“Cuando pensamos en los centros de datos en el 2000, la demanda de estos estaba impulsada en su mayoría por capacidad informática o procesamiento. Hoy, en la mayoría de nuestros centros de datos nuevos la demanda está impulsada por el almacenamiento y la necesidad no solo de almacenar datos si no de accederlos y usarlos”.

1.8.1 Funciones de los centro procesadores de datos

Los Centros Procesadores de Datos proporcionan servicios a varios sectores, entre estos se incluyen:

- El Gobierno.
- El sector privado.
- Las instituciones financieras.
- Internet y servicios de comunicación.

- Los medios de comunicación.
- Académico e instituciones de la investigación.
- La emergencia, salud y servicios de seguridad.

El rápido aumento de la demanda de equipos de alto rendimiento y las comunicaciones, recursos, servicios en línea y los datos digitales de almacenamiento y la disponibilidad están impulsando un importante crecimiento en las instalaciones decentro de datos. Este rápido crecimiento provoca que la energía consumida por centros de datos haya crecido el doble en un período de cinco años en los EE.UU. Se espera que la tasa subyacente de crecimiento de los centros de datos que continúe durante los próximos años.

Dada la creciente demanda de servicios de datos esenciales en línea, los centros de datos tienen un papel vital en el mundo moderno. El alto crecimiento actual en los centros de datos y la energía que consumen ahora ha traído consideraciones de eficiencia energética para estas instalaciones en atención tanto de un coste energético y un punto de la sostenibilidad energéticavista.

1.9 La gestión energética en los Centros Procesadores de Datos

Desde el punto de vista energético, los data centers han tenido un crecimiento de las demandas de energía desde finales de los 80's hasta el punto que en la actualidad, se calcula que el 1,5% de la energía de los EEUU es demandada por este sector. Esto ha generado la necesidad de buscar alternativas de reducción de las demandas de energía que contribuyan a paliar las constantes variaciones del precio de los energéticos (especialmente el de la energía eléctrica) y de forma paralela contribuir al cuidado del medio ambiente. (Circutor, 2008)

Estudios recientes han demostrado que las demandas de energía de los data centers se distribuyen en:

1. Los equipos de TI, definidos como los equipos de cómputo y de comunicaciones existentes dentro de los data centers. Típicamente la demanda de este grupo cubre entre el 45% y el 50% de la demanda total.

2. Equipos de refrigeración, definidos como la infraestructura necesaria para mantener las condiciones medio ambientales de temperatura y humedad relativa dentro de las salas donde operan los equipos de TI. Este segmento ocupa cerca del 35% a 40% de la demanda total.
3. Otros demandantes entre los que se cuentan: Iluminación, pérdidas de energía en los procesos de transformación de energía, oficinas de administración y demandas de sistemas de seguridad (interna y externa). Estos demandantes ocupan cerca del 15% de la demanda total.

Los años entre 2003 y 2008 trajeron consigo un aumento masivo en la capacidad de los centro de datos. Los servidores nuevos se agregaban semanalmente en algunas instalaciones y cada generación de servidores eclipsaba a las pasadas en densidad de potencia. Cada vez más la informática se consolidaba en los centro de datos y estos a su vez se consolidaban para simplificar la administración y reducir costos.

Entre tanto, las organizaciones luchaban para mantenerse al paso de las demandas de capacidad y los centros de datos se volvían cada vez más heterogéneos y complejos.

En el 2006, las densidades de rack alcanzaron 6kW en promedio, según Data Center UsersGroup® (DCUG) patrocinado por Emerson Network Power.

“De repente los gerentes de centros de datos estaban luchando con los puntos calientes y la refrigeración estaba limitando la habilidad de muchos centros de datos para agregar la capacidad necesaria. Los miembros de DCUG nombraron a la densidad de calor como la preocupación principal en la infraestructura en 2007, 2008 y 2009”, como se observa en la figura 1.5.

Rango	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Densidad de calor	Densidad de calor	Densidad de calor	Monitoreo Administración de la infraestructura	Disponibilidad	Monitoreo Administración de la infraestructura	Monitoreo Administración de la infraestructura
2	Densidad de potencia	Densidad de potencia	Eficiencia energética	Densidad de calor	Monitoreo Administración de la infraestructura	Disponibilidad	Eficiencia energética
3	Eficiencia energética	Disponibilidad	Monitoreo Administración de la infraestructura	Disponibilidad	Densidad de calor	Eficiencia energética	Densidad de calor

Figura 1.3. Preocupaciones principales en la infraestructura de centros de datos entre 2007 y 2013. (Fuente: EmersonNetworkPower.com/CALA/CentroDatos2025)

La eficiencia energética en los CPD, puede aumentar de varias maneras, las cuales se presentan a continuación: (Rasmussen, 2011)

1. *Mejorando el diseño interno de los dispositivos de los CPD, por lo que consumen menos energía en realizar su trabajo.*
2. *Ajustando el dimensionado de los componentes de CPD a la actual carga (TI) así los componentes funcionan con más eficiencia.*
3. *Desarrollando nuevas tecnologías que reduzcan la necesidad de energía eléctrica para abastecer funciones de apoyo a los CPD.*

El primer paso hacia una mejor eficiencia energética será, cuantificar la eficacia de la instalación que está en funcionamiento. El mantenimiento a largo plazo de una instalación se logra mediante la creación y ejecución de un Plan de Gestión de la Energía. Este plan será identificar quiénes son los responsables y cuáles son los objetivos de gestión de energía. Se ocupará de cómo recoger las mediciones de rendimiento del sistema, cómo de manejar e interpretar los datos, y el proceso de identificar, financiar e implementar medidas de eficiencia energética.

Hoy en día está claro que la sociedad ha cambiado radicalmente hacia una sociedad de la información y comunicación. Este cambio se ha producido en los últimos años del siglo XX y primeros del XXI debido a los medios de difusión masiva, de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

1.10 Indicadores de eficiencia energética en Centros Procesadores de Datos.

El uso efectivo de la energía (PUE) se ha convertido en la métrica de la industria preferida para medir la eficiencia energética de la infraestructura de los centros de datos. La métrica PUE es una herramienta de usuario final que ayuda a aumentar la eficiencia energética en la operación de los centro datos. Fue desarrollado por la Asociación de Green Grid, una organización sin fines de lucro, consorcio de usuarios finales abierto a la industria, diseñadores de políticas, proveedores de tecnología, arquitectos de instalaciones, y las empresas de servicios públicos que trabajan para mejorar la fuentes de eficiencia de los recursos de tecnología de la información y de los centros de datos en todo el mundo.

Desde su publicación inicial en 2007, el PUE se ha adoptado a nivel mundial por la industria. En los últimos años, de Green Grid ha continuado perfeccionando la metodología de medición de la métrica con retroalimentación en colaboración de la industria. El colectivo reunido ha trabajado para simplificar la absorción y uso de la métrica PUE.(Energy Star Program. Enterprise Server and data center Energy Efficiency Initiatives, 2015)

El factor de eficiencia del uso de la energía (PUE) es el indicador clave de rendimiento (KPI) más común para los centros de datos actuales. Se define mediante la expresión 1.1:

$$\text{————— (1.10)}$$

Donde:

P_{Total} es la energía total consumida por el centro de datos.

$P_{Carga TI}$ es la energía consumida por la carga de TI.

Por definición el PUE siempre es mayor que 1,0; todo lo que supere 1,0 es energía indirecta consumida por otras cargas no-TI, como refrigeración, iluminación o sistemas de seguridad. El PUE medio comunicado por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) de los Estados Unidos en 2007 fue 1,9 (90 por ciento de energía indirecta consumida). En 2012, Digital Realty informó de que el PUE medio de las empresas no-TI fue incluso peor, aproximadamente igual a 2,9. (Malone, 2006)

Con vistas a mejorar el factor PUE, los centros de datos cambian a una refrigeración que necesita más agua y por lo tanto consumen más agua. Ésta es la razón por la que se ha establecido un nuevo conjunto de indicadores que incluye la eficiencia en el uso del agua (WUE). La eficiencia en el uso del carbono (CUE) es un valor del centro de datos que recoge el total de emisiones de CO₂ y equivalentes de carbono producido como resultado de la energía consumida dividido por la energía del equipo de TI alojado en el centro de datos; el valor se expresa en kgCO₂/kWh.

El PUE proporciona una manera de determinar:

- Las oportunidades para mejorar la eficiencia operativa de un centro de datos
- Cómo comparar un centro de datos con los centros de datos similares.
- Si los operadores de centros de datos están mejorando los diseños y procesos a través del tiempo.
- Oportunidades de reutilizar la energía para los equipos adicionales de TI.
- Un objetivo de diseño o una meta para los nuevos centros de datos.

La eficiencia de la infraestructura de centro de datos (DCiE) es la inversa de PUE: es la energía del equipamiento TI dividido entre la energía total de la instalación. Desde que Green Grid introdujo estos dos indicadores, el PUE ha superado al DCiE en la adopción de la industria. El Green Grid utiliza el PUE y lo considera como el indicador preferido de la industria para la medición de la eficiencia energética en la infraestructura de los centros de datos. (Circutor, 2008)

Densidad Unitaria de Energía (DUE)

La densidad de energía demandada por los equipos de TI por unidad de área, indica la cantidad de energía usada en equipos de TI la cual debe ser refrigerada bajo una base comparable entre data centers de distinta índole y características técnicas. Numéricamente la DUE es definida como:

$$\text{DUE} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Área}} \quad (1.11)$$

Un valor alto del indicador revelará la presencia de servidores de alta densidad, inclusive servidores de tecnologías recientes (más difíciles de refrigerar), mientras que un valor bajo indicará la presencia de servidores que ocupan espacio con bajas demandas de energía, generalmente asociados a servidores ineficientes.

Los equipos de alta densidad, tales como los servidores Blade, los servidores de 1U y los servidores sofisticados de múltiples núcleos, brindan mayor capacidad informática por vatio que los servidores de generaciones anteriores. Sin embargo, una vez consolidados, estos equipos requieren recursos concentrados de energía y enfriamiento. Un bloque de alta densidad, como se ilustra en la Figura 1.4, permite a los administradores de los centros de datos sustentar un entorno de densidad mixta a un costo menor, que la construcción de un centro de datos totalmente nuevo.

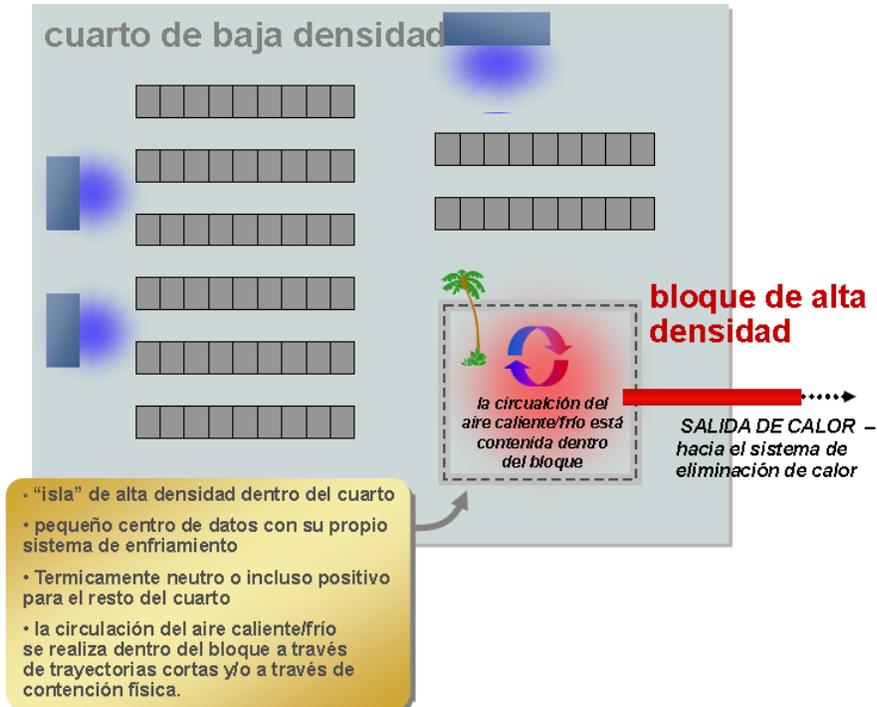


Figura 1.4: Concepto básico de un bloque de alta densidad. Fuente: www.apcmedia.com

Demanda Unitaria de Refrigeración (DUR)

El indicador DUR permite identificar si el gasto de energía en el sistema de refrigeración es razonable respecto a la demanda térmica a ser disipada (equipos de TI). La DUR es definida como:

$$\text{DUR} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Carga térmica}} \quad (1.12)$$

Valores altos del indicador describirán a instalaciones en donde la distribución de aire o bien el tipo de tecnología usada para la refrigeración son menos eficientes que instalaciones con valores bajos del indicador DUR.

1.11 Oportunidades de ahorro en Centros Procesadores de Datos

Los CPD de hoy requieren entornos estables y precisos para que los componentes electrónicos sensibles funcionen de manera óptima. El hardware informático produce

una carga de calor concentrado poco habitual y, a su vez, es muy sensible a los cambios de temperatura o humedad. Mantener las condiciones de temperatura y humedad proyectadas resulta fundamental para que los CPD funcionen sin problemas. Las condiciones proyectadas deberían ser de 72-75°F (22-24°C) y 35-50% de humedad relativa (R.H.). Un cambio de temperatura o humedad puede provocar diversos problemas, desde procesar información sin sentido hasta el cierre total de los sistemas. Estas situaciones pueden generar enormes costos para la empresa, según la duración de la interrupción y el valor del tiempo y los datos que se han perdido. Por lo que los sistemas de climatización o sistemas de ventilación, climatización y aire acondicionado (HVAC, siglas en inglés) son de gran importancia para la continuidad del proceso.

- Lograr un correcto dimensionamiento de los equipos de climatización en los locales.
- Debe garantizarse la máxima hermeticidad en las puertas y ventanas de los locales climatizados, así como en las aberturas para la colocación de los climatizadores, y procurarse que las puertas dispongan de dispositivos para su cierre automático.
- Limpieza mensual como mínimo o con más frecuencia si las condiciones particulares lo exigen de los filtros de los climatizadores y mantenimiento periódico a todo el equipo (2 veces al año como promedio).
- Mantenimiento periódico a los equipos de climatización
- Instalar los climatizadores, siempre que las condiciones lo permitan, en el lugar más fresco del local, a una altura no menor de 1,20 m del piso o del techo, en la pared de más sombra; que por la parte exterior tengan una adecuada circulación de aire y que tampoco se obstaculice su circulación interior.
- Gestionar con la instancia superior según los Planes de Inversión aprobados la posibilidad de la instalación de fuentes renovables de Energía, en específico paneles fotovoltaicos para alimentar los transmisores.
- Cambio de monitores de tubos de rayos catódicos por monitores LCD

1.12 Conclusiones parciales.

- La norma ISO 50001: 2011 permite establecer los sistemas y proceso necesarios para mejorar el desempeño en el uso de la energía, incluyendo la eficiencia energética, su uso, consumo e intensidad; de conjunto con un compromiso social y empresarial.
- Los IDEnson parámetros cuantificables utilizados para realizar seguimiento y medición del desempeño energético.
- La Norma ISO 50 001 no establece el hecho de definir IDEn para todos los usos significativos de la energía (USEn), es una buena práctica hacerlo, ya que ellos definen en gran medida el desempeño general de la organización. Igualmente es recomendable definir los IDEn por tipo de fuente energética utilizada.
- Las herramientas que se utilizan para determinar IDEn son : gráficos de correlación y dispersión, filtrado de datos , método de la producción equivalente, método de los días grado
- Se denomina Centro de Proceso de Datos (CPD o “Data Center” en inglés) a aquella ubicación donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la Información de una organización. Presenta como característica fundamental que los equipos de transmisión (TI) Típicamente la demanda de este grupo cubre entre el 45% y el 50% de la demanda total, mientras los equipos de clima ocupa cerca del 35% a 40% de la demanda totalnecesarios para mantener las condiciones medio ambientales de temperatura y humedad relativa.
- Los indicadores de desempeño energético más efectivos de los CPD son: Uso efectivo de la energía (PUE), densidad unitaria de la energía (DUE) y la demanda unitaria de refrigeración (DUR).
- Las medidas para mejorar la eficiencia energética en los centros de datos están dirigidas fundamentalmente a elevar la eficiencia de los equipos de climatización.

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA RADIO CUBA CIENFUEGOS.

2.1 Introducción al capítulo.

El presente capítulo tiene como objetivo realizar la caracterización general de la empresa Radio Cuba: objetivos, misión, visión y estructura organizativa. Realizar una caracterización energética general de cuatro centros de transmisión: Centro de Trasmisión por Onda Media (CTOM) Malecón, CTOM Aguada, CTOM Tulipán, Centro de transmisión de televisión CTV 18 plantas. Caracterizar los indicadores de desempeño que actualmente están utilizando y detectar las anomalías que presentan.

2.2 Caracterización general de la empresa Radio Cuba Cienfuegos.

Radio Cuba es la empresa de Radiocomunicación y difusión de Cuba es creada en octubre de 1995 por el entonces Ministerio de las Comunicaciones tras un proceso de fusión de entidades dedicadas a las telecomunicaciones.

Entre sus antecedentes históricos se cuentan las primeras transmisiones de radio, la primera comercial de televisión en los años 1922 y 1950 respectivamente, y el protagonismo en la señal vía satélite a través de un dirigible, acontecida a mediados del siglo XX.

En los años 50, salvo contadas excepciones, los servicios de radio pertenecían a las clases económicamente dominantes, poseedoras del poder político, quienes los utilizaban para imponer patrones ideológicos y culturales convenientes para sus fines e intereses.

Con el triunfo de la Revolución el 1 de enero de 1959 comienza a surgir transformaciones para la Radio por la aplicación de las leyes revolucionarias, en virtud de lo cual, son intervenidas las emisoras de radio.

En el año 1969, surge el Ministerio de las Comunicaciones (MICON). Se crean además la Empresa de Radiodifusión Internacional (ERI).

Con la creación del Ministerio de las Comunicaciones (MICON). Los transmisores de radio y televisión, así como los enlaces comenzaron a ser operados por este; por lo que cada centro de transmisión pasa a formar parte de la Empresa Radiocomunicación Internacional (ERI) dando cobertura además, a las comunicaciones marítimas.

Los servicios de televisión, llegan a la provincia en el año 1977, con dos transmisores uno al servicio de Cubavisión y otro para Tele Rebelde. Al desaparecer el Ministerio de las Comunicaciones y la constitución del Ministerio de las Informáticas y las Comunicaciones así como el surgimiento de ETECSA como sociedad mixta se crean nuevas entidades entre ellas Radio Cuba, constituyéndose la División Territorial Radio Cuba Cienfuegos el 26 de septiembre de 1995. Desde entonces su sede radica en Avenida 56, número 4112, entre las calles 41 y 43, en el municipio Cienfuegos, provincia de igual nombre.

Desde su fundación, y hasta la actualidad, Radio Cuba ha estado vinculada a las transmisiones de Radio y Televisión nacional, llevando un proceso de mejora continua a la técnica instalada. Empleando alternativas más revolucionarias y trascendentales para cumplir con nuestro principal objeto social, que es la lucha porque la radio y la televisión cubana llegue al 100% de nuestra población.

En la actualidad se garantiza las salidas al aire de más de 100 cadenas de radio nacionales, provinciales y locales, los canales de televisión nacional y telecentros provinciales y locales. Cuenta con más de 1000 transmisores en su red, ubicados en centros transmisores que ofrecen cobertura a gran parte del territorio nacional.

Ofrece además servicios de arrendamientos de facilidades técnicas a otras empresas dedicadas a las comunicaciones. Para la radiodifusión internacional, cuenta con tres centros transmisores de onda corta de gran potencia con cobertura a toda América y otras regiones del mundo.

Ha invertido en el montaje de emisoras locales de televisión y radio, ubicadas en cabeceras municipales del país, receptores satelitales en zonas donde no hay señal presente o llega de manera deficiente, así como la implementación y operación de la cabecera de programa para la transmisión de radio y televisión vía satélite, con cobertura a la mayor parte del continente americano y el 100% del territorio nacional.

Es una empresa que moderniza y reordena constantemente la red de radiodifusión nacional, cuenta con un equipo de profesionales con los que planifica sus estrategias de negocios, realiza montajes, ensambla y repara los sistemas de radio y televisión, los sistemas de radiación y equipos de energética, ejecuta los montajes y desmontajes de sus torres y antenas, colabora en proyectos con países de cuatro continentes.

2.2.1 Servicio de radiodifusión de Amplitud Modulada en la banda de Ondas Medias.

Los transmisores de Amplitud Modulada (AM) en Ondas Medias (OM) se agrupan en Centros Transmisores de Ondas Medias (CTOM) mediante redes que agrupan uno o varios transmisores en una antena.

En Cuba la banda de OM se extiende desde 530 kHz a 1700 kHz en canales con separación de 10 kHz, o sea 530, 540, 550 etc. Preferentemente los canales de más baja frecuencia que gozan de mejor propagación y alcance; se usan en las emisoras nacionales, como Radio Rebelde, Radio Progreso, Radio Reloj.

Debido al alcance limitado de cada transmisor es necesario en las distintas localidades y provincias repetir las mismas emisoras en distintas frecuencias de forma de minimizar las interferencias entre ellas.

2.2.2 Objeto Social, Misión y Visión.

El Objeto Social desde la creación de la entidad ha sufrido modificaciones recogidas en las Resoluciones, 32/2001, 456/2004, 732/2010, 294/2012. En la actualidad se encuentra modificado por la Res. 910/2013 y la Res. 1/2014.

Resolución No 910 del 23 de Diciembre 2013 emitida por el Ministro de Economía y Planificación sobre la Modificación del Objetivo Empresarial de la Empresa de Radiocomunicación y Difusión de Cuba, en forma abreviada Radio Cuba integrada al Grupo Empresarial de la Informática y las Comunicaciones en forma abreviada GEIC subordinada al Ministerio de Comunicaciones consigna en su resuelvo primero, plantea lo siguiente:

- Brindar servicio de transmisión de señales de radiodifusión nacional e internacional y transportación de señales de audio y televisión asociadas en el territorio nacional y otros servicios de radiocomunicación y valor añadido.
- Efectuar la comercialización de equipos propios de su actividad, así como de sistemas de comunicación y señales de radio y televisión y prestar servicios de instalación, operación y mantenimiento de los mismos.
- Prestar servicios de comunicaciones móviles por satélite y de activación y desactivación de terminales, así como efectuar la comercialización y el arrendamiento de equipos relacionados con dicho servicio.
- Brindar servicio de confecciones evaluación de proyectos de ingeniería en la rama de radiodifusión y comunicaciones de aquellos que controlen y aseguren su funcionamiento, incluyendo los medios técnicos para la creación, ampliación, renovación o modernización de estos proyectos.

Misión

“Brindar a nuestros usuarios y clientes, la difusión de las señales de radio, televisión y servicios asociados, con la calidad requerida.”

Visión

“Ser una organización moderna y ágil, con los trabajadores capacitados, sanos, motivados y con sólidos valores, que satisface las necesidades de sus usuarios y clientes, mediante la evaluación y mejora permanente de los servicios y la infraestructura tecnológica.”

2.3 Prueba de Necesidad para la caracterización energética de la Empresa Radio Cuba Cienfuegos.

Para el análisis de la prueba de necesidad se aplicó una encuesta perteneciente a la herramienta Evaluación de Gestión de la Energía (EMA), cuyo cuestionario se observa en el anexo (9), a los principales factores que influyen en la operación y planificación de la planta, el objetivo de la misma fue detectar el estado de comportamiento, conocimiento y control que se tiene en cuanto a el sistema de gestión y eficiencia energética que actualmente se utiliza en la empresa en 12 áreas claves. El resultado de la encuesta en forma de gráfico de radar se muestra en la figura 2.1

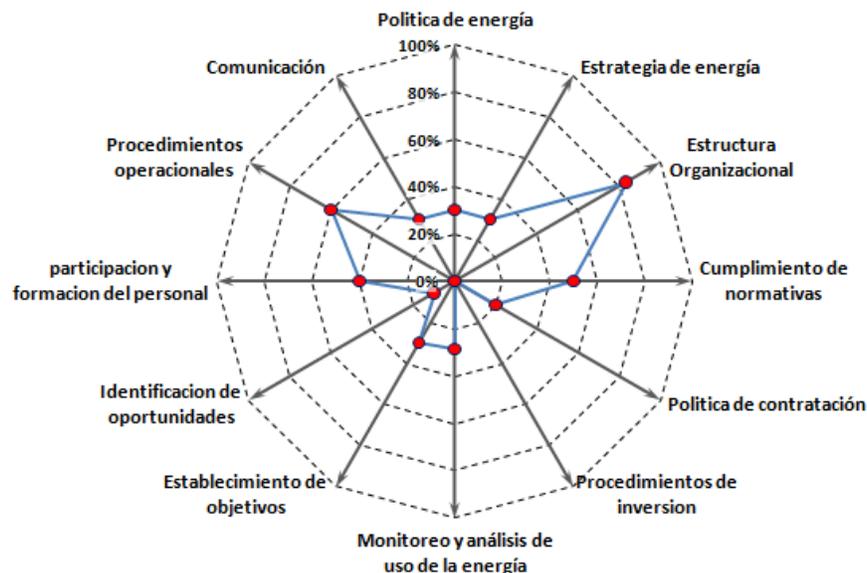


Figura 2.1: Análisis de la Gestión de la energía empresa Radio Cuba. (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados que se evidencian son:

- No existe una estrategia de energía. Es necesario establecer una política energética aprobada por el consejo de dirección y que trace el rumbo de la gestión energética en la empresa.
- Hay que mejorar la comunicación, o sea establecer mecanismos para comunicar los planes de energía, indicadores, consumos, etc. por áreas.

- La formación del personal es deficiente, hay que establecer planes de capacitación o introducir en los existentes el tema energético.
- No se tienen identificadas las oportunidades de ahorro lo cual se resuelve evidentemente en la etapa de planificación de la ISO 50001.
- No existe suficiente información y el monitoreo de la energía, no se realiza un análisis adecuado de su uso y se carece de la implementación de las herramientas de gestión.
- Los procedimientos de inversión no tienen en cuenta el factor energía.
- No todos los especialistas están conscientes de la importancia de la tarea, ni de la situación actual de su empresa en las encuestas desconocieron gran parte del contenido a evaluar/ calificaron superficialmente.
- Planificación energética. Se basan en planes generales de la alta dirección (empresa Radiocuba nacional) no recoge las potencialidades de la empresa, ni se aplica mediante requisitos legales.
- Se recogen los datos energéticos de forma regular, se evalúa el uso y consumo de la energía pasado y presente y tienen identificadas las áreas más significativas. No tienen documentado una metodología, ni criterios para realizar la revisión energética, no tienen identificado variables pertinentes que afectan el uso significativo, no contienen planes de acción para corregirlos.
- Línea base solo compara de forma general consumos anteriores, pero no identifican variaciones y las causas, ni planes de acción
- Objetivos energéticos, metas y planes de acción, no existen
- Implementación y operación: Se tiene identificado al personal que están relacionadas con el consumo significativo de energía, pero no se le realiza capacitación adecuada
- No existen gestores de energía
- No se capacita al personal de la empresa en temas relacionados con la eficiencia energética. Ni se le comunica los resultados.
- En la adquisición de equipos y productos no se establecen ni implementan criterios para evaluar su uso y eficiencia durante la vida útil, no están definidos y documentado las especificaciones de compra de la energía

- Verificación: se monitorea y registran los usos significativos de energía, pero la evaluación del mismo no se hace según lo esperado. No se calibran periódicamente los instrumentos de medición de energía.
- No se realizan auditorías internas al SGE, ni se recogen las no conformidades.

Estos resultados arrojan que de forma general existe un bajo nivel de gestión de la energía en la empresa Radio Cuba.

2.3.1 Resultado de auditorías energéticas.

En auditorías realizadas a la empresa Radio Cuba División Cienfuegos por la oficina nacional de uso racional de la energía (ONURE), durante el año 2013 fueron señaladas algunas de las deficiencias que a continuación se presentan:

- El índice de consumo no correlaciona.
- No tienen implementado un sistema de gestión de energía.
- Falta de brazos hidráulicos en puertas de locales climatizados.
- Impacto de la radiación solar sobre puertas y ventanas acristaladas en algunos centros transmisores, provocando aumento de los consumos en climatización.
- No se ha concluido el cambio de monitores de tubos de rayos catódicos por los monitores LCD.
- Se detectaron puntos calientes mediante termografía infrarroja en algunos equipos transmisores del repetidor del 18 plantas, lo que no solo afecta la operatividad de las señales de radio y TV sino también aumenta el consumo de energía.
- No existen estudios de factibilidad sobre la posible utilización de fuentes renovables.
- No existe control de las demandas máximas registradas ni de la energía reactiva consumida en los usuarios mayores.

Estos resultados justifican la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001

2.3.2 Estratificación de los costos y portadores energéticos.

En la empresa de Radio Cuba Cienfuegos es una entidad presupuestada del estado. La figura 2.2 muestra el desglose de sus gastos durante el año 2014.

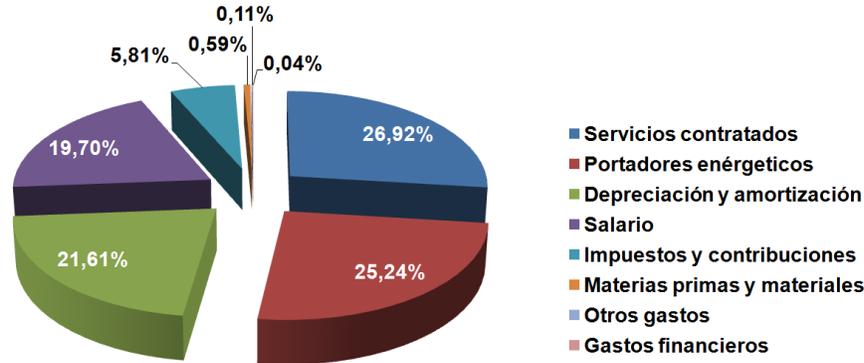


Figura 2.2: Desglose de los gastos de la empresa Radio Cuba Cienfuegos durante el 2014. Elaboración propia.

Como se observa la partida Portadores energéticos representa el segundo valor significativo con un 25.24 % del total de los gastos de la empresa. Esto justifica la necesidad de implementar un sistema de gestión que permita el uso y control racional de los recursos energéticos. Posteriormente se desglose de la misma se muestra en la figura 2.3

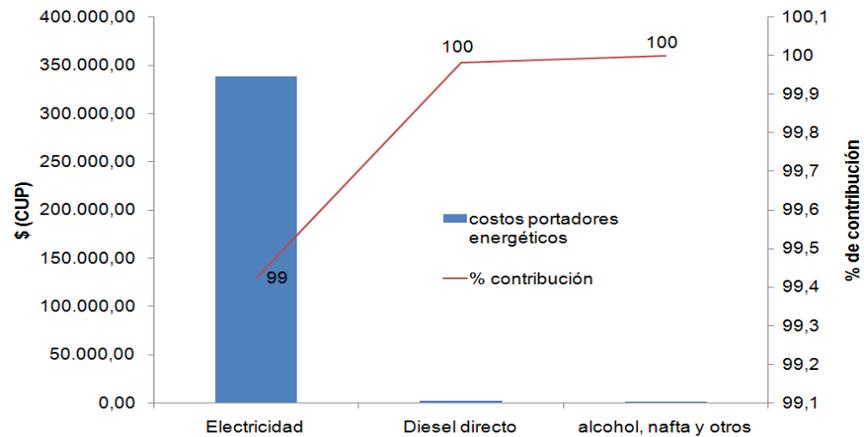


Figura2.3: Diagrama de Pareto desglose de costos energéticos 2014. Elaboración propia

El mayor por ciento de los gastos energéticos es por concepto de electricidad, convirtiéndose en el portador más importante y basado en este se realiza la caracterización energética de los centros de transmisión de radio típicos: CTOM Malecón; CTOM Tulipán, CTV 18 Plantas y CTOM Aguada.

2.4 Análisis del uso y consumo de la energía en la Empresa Radio Cuba.

El análisis de los datos históricos de producción y consumo de la empresa permite realizar un proceso de identificación y evaluación del uso de la energía que finalmente debe conducir a la organización a definir las áreas de usos significativos de la energía e identificar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

La actualización de la revisión energética significa la actualización de la información relacionada con el análisis, determinación de la significación y determinación de las oportunidades de mejora del desempeño energético y para ello se parte de la información suministrada por la empresa.

Los niveles de consumo de la empresa radio cuba están dados en kWh radiados. Estos se derivan de la transmisión de datos por Onda Media en Frecuencia Modulada, Amplitud Modulada y la transmisión de ondas de televisión. Para la caracterización energética de los centros se utilizaron los datos de producción y consumo de los centros CTOM Malecón, CTOM Tulipán, CTOM Aguada y CTV 18 Plantas que se observan en los anexos (1-4).

2.4.1 Análisis del CTOM Malecón.

El Centro de Transmisión de Ondas Medias, Rebelde y Enciclopedia, actualmente, “Malecón”, figura 2.4 situado en calle 37 número 3202 entre 32 y 34, municipio Cienfuegos, es un centro mixto, desde donde se transmite tanto por onda media (OM) por frecuencia modulada (FM) y por Amplitud Modulada (AM)



Figura. 2.4: CTOM Malecón.

Los servicios que prestan así como el equipamiento para la transmisión se muestran en la tabla 2.1.

Frecuencia de trasmisión	Equipos de trasmisión	Potencia de trasmisión (kW)	Demanda de potencia (kW Eléctrico)	Emisoras de trasmisión
Frecuencia modulada FM	Tx Radio reloj	1	0.250	Radio Enciclopedia, 90.3 de la FM; Radio Musical Nacional, 92.7; Radio Reloj, 94.7 también por la FM
	Tx radio musical	1	0.250	
	Tx radio enciclopedia	1	0.250	
	Procesador de audio		0.015	
Amplitud modulada	Tx Radio Reloj	1	2.400	La Emisora Provincial de Radio "Radio Ciudad del Mar", frecuencia 1140; Radio Reloj, 930; Radio Rebelde 610;
	Tx Radio Ciudad del Mar	1	1.5	
	Tx Radio Rebelde	1	1.5	
	Procesadores de audio	3	0.45 (total)	
	Selector de canales	1	0.12	
	Distribuidor de audio	1	0.12	

Tabla 2.1: Equipos y servicios del CTOM Malecón. (Fuente: Elaboración propia)

Como sucede en los centros de datos, para garantizar el correcto funcionamiento del equipamiento mostrado en la tabla anterior, se requiere el uso de equipos de climatización para disipar el calor que generan los equipos de transmisión. Teniendo en cuenta los datos de potencia de los mismos en la figura 2.5 se muestran la distribución del equipamiento en el CTOM Malecón.

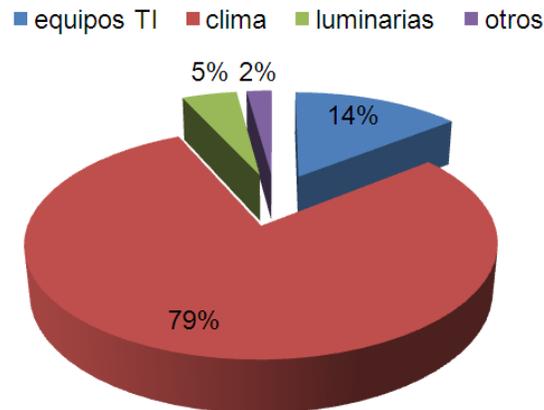


Figura 2.5: Distribución del equipamiento del CTOM Malecón (Fuente: Elaboración propia)

En el CTOM Malecón se encuentran instalados 10 Toneladas de Refrigeración (TR) provenientes de dos Split de 5 TR cada uno. Los mismos consumen casi el 80 % de la energía, mientras que los equipos de transmisión alcanzan apenas el 14 % de la potencia instalada en el local. Esta característica define en gran medida las estrategias a seguir por la empresa pues las medidas de mejora estarán enfocadas en gran medida al mejoramiento de la eficiencia energética de estos sistemas.

2.4.1.1 Análisis del gráfico de control.

Para el análisis de la herramienta gráfico de control, ver figura 2.6, se tomaron los datos mostrados en el anexo 4 en ella se observa que no existen puntos de consumo fuera de los límites de control. El consumo medio mensual es de 9069.11kWh y la desviación estándar $\sigma = 644.94$ kWh.

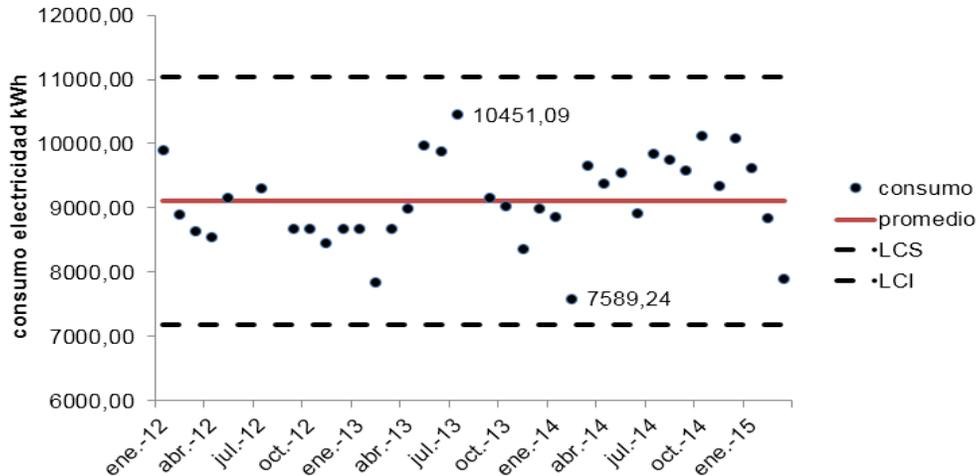


Figura 2.6: Gráfico de control realizado al CTOM Malecón. (Fuente: Elaboración propia).

En este gráfico se aprecia como varía el consumo de energía eléctrica en el período 2012-2015. El consumo promedio de este centro es de 9 000 kWh radiados. Se puede observar que existe gran aleatoriedad de sus variables. También se puede notar que siempre en los meses de verano el consumo aumenta, esto es debido al alza de las temperaturas y por ende aumenta el consumo de energía en lo que respecta a climatización.

Altos valores de desviación estándar demuestran la dispersión que presenta el proceso. Aunque no existen puntos fuera de control, se señalan ciertas mediciones muy próximas a los límites como son:

- Febrero 2013
- Julio 2013
- Febrero 2014

Según entrevista con el personal que labora en la entidad, coincidieron con fallas en el sistema de aire acondicionado.

2.4.1.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.

Con el conjunto de los datos tabulados de los consumos energéticos y la producción, se construye una gráfica de dispersión en el software Excel. En el eje y se ubica la

escala de consumo energético y en el eje x la escala de producción kWh radiados, mediante la utilización de técnicas estadísticas como el método de mínimos cuadrados se obtiene la línea de tendencia (recta de mejor ajuste de los puntos de la gráfica), es decir la relación entre las variables como se muestra en la siguiente figura 2.7.

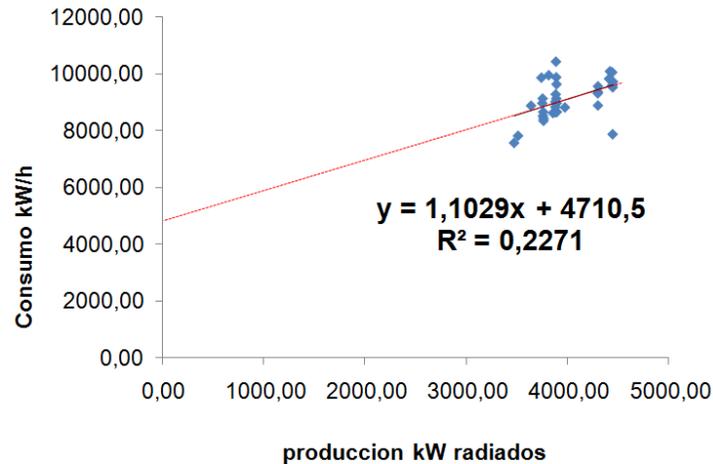


Figura 2.7: Diagrama de Consumo de Energía – Producción. (Fuente: Elaboración propia)

El modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción identificado es lineal se puede apreciar en la figura. Hay que destacar que el nivel de correlación es bajo con un valor menor que el recomendado. A fin de determinar las causas del bajo nivel de correlación, se procede a verificar si los niveles de producción que declara la empresa son correctos. Para esto se realiza el estudio que a continuación se detalla:

Conociendo que la transmisión de ondas de radio se realiza de forma constante durante las 24 h del día, se efectúa un monitoreo de la potencia de transmisión de los equipos con un intervalo de 10 minutos durante 8 horas de trabajo, los datos obtenidos se encuentran en el anexo (10). Posteriormente se integra el área bajo la curva obteniéndose como resultado la energía en kWh radiados que se transmite en el centro tanto en AM como en FM. Estos valores son comprobados por los declarados por la empresa concluyendo que las mediciones de producción son correctas.

Una vez comprobado la pertinencia de los niveles de consumo y producción y teniendo en cuenta el resultado del nivel de correlación se aplica la técnica de filtrado de datos. En el filtrado de datos se obtuvo un $R^2 = 0,7267 < 0.75$ y una nueva ecuación de consumo $y = 1,5868x + 2639,5$ como se observa en la figura 2.8. El gráfico de correlación muestra además el valor de la energía no asociada a la producción, la cual es de 2639.5. El porcentaje de esta energía directamente al nivel de producción (Ena) es igual a 29 %.

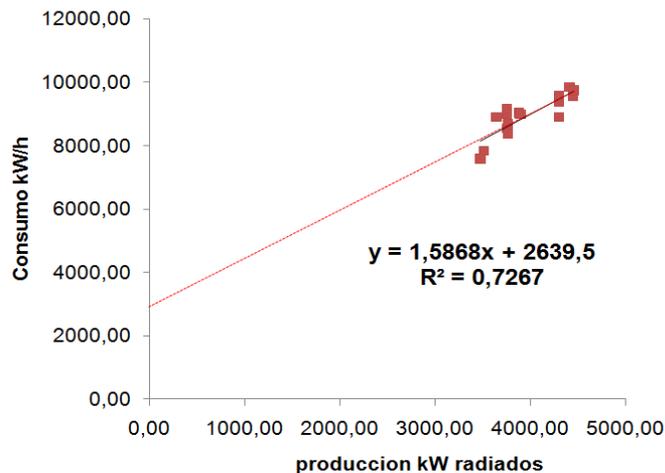


Figura 2.8: Diagrama de Consumo de Energía – Producción de los datos filtrados. (Fuente: Elaboración propia)

Para el filtrado de datos se removieron el 43 % de los datos, este valor es muy alto confirmando que el indicador no es fiable para el centro. Por lo que el uso de otras herramientas de gestión no sería eficaz si se utilizara este indicador. Se hace necesario analizar el uso de otros indicadores de desempeño energético que reflejen de forma íntegra el uso y consumo de la electricidad.

2.4.2 Análisis del CTOM Aguada.

El centro de Transmisión de Onda Media (CTOM) de Aguada de Pasajeros, figura 2.9, se encuentra situado en el casco urbano de dicho municipio. Trasmite por los 1350 y 1140 kHz de frecuencia. Dispone de dos transmisores marca Nautel de origen canadiense. Estos transmisores tienen una potencia de transmisión de 10 kW.



Figura 2.9: Imagen del CTOM Aguada.

En el CTOM Aguada (figura 2.9) se encuentran instalados 7 Toneladas de Refrigeración (TR) provenientes de cuatroaires acondicionados tipo ventana, dos de 2 Toneladas de Refrigeración y 2 de 1.5 Toneladas de Refrigeración. Los mismos consumen el 26 % de la energía (como se muestra en la figura 2.10), mientras que los equipos de transmisión alcanzan el 68 % de la potencia instalada en el local. Esta característica define en gran medida las estrategias a seguir por la empresa pues las medidas de mejora estarán enfocadas en gran medida al mejoramiento de la eficiencia energética de estos sistemas.

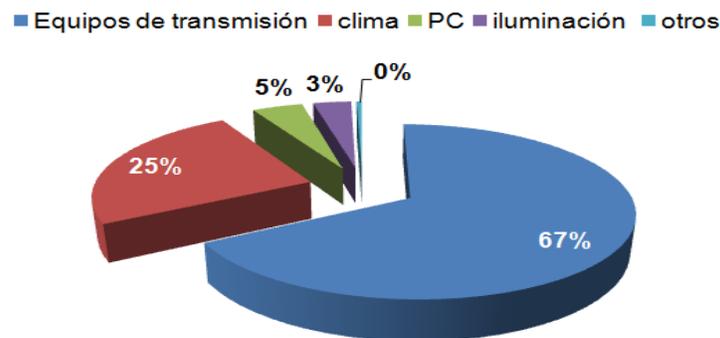


Figura 2.10: Distribución del equipamiento CTOM Aguada. (Fuente: Elaboración propia)

2.4.2.1 Análisis del gráfico de control.

En la figura 2.11 se puede observar como varía el consumo de energía en período graficado desde enero del 2012 hasta marzo del 2015. Se señalan los puntos más próximos a los límites superior e inferior de consumo los cuales señalan los meses de julio del año 2013 y febrero del 2014

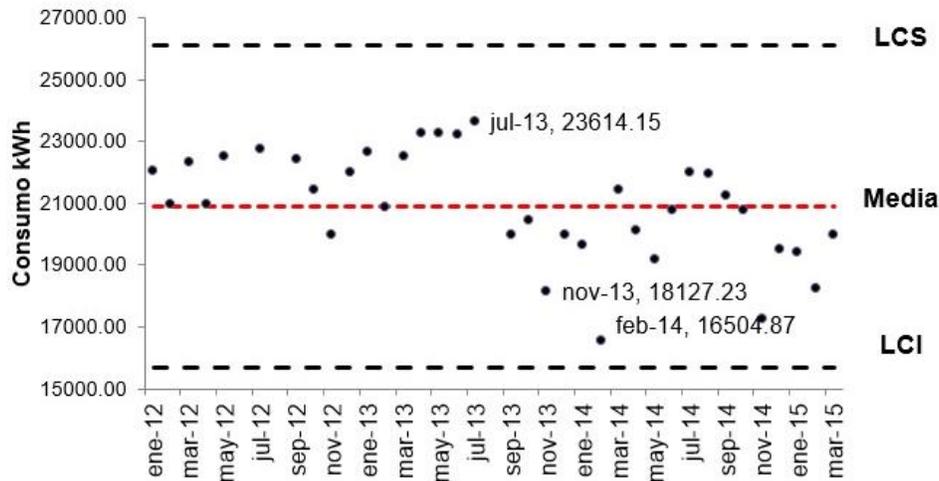
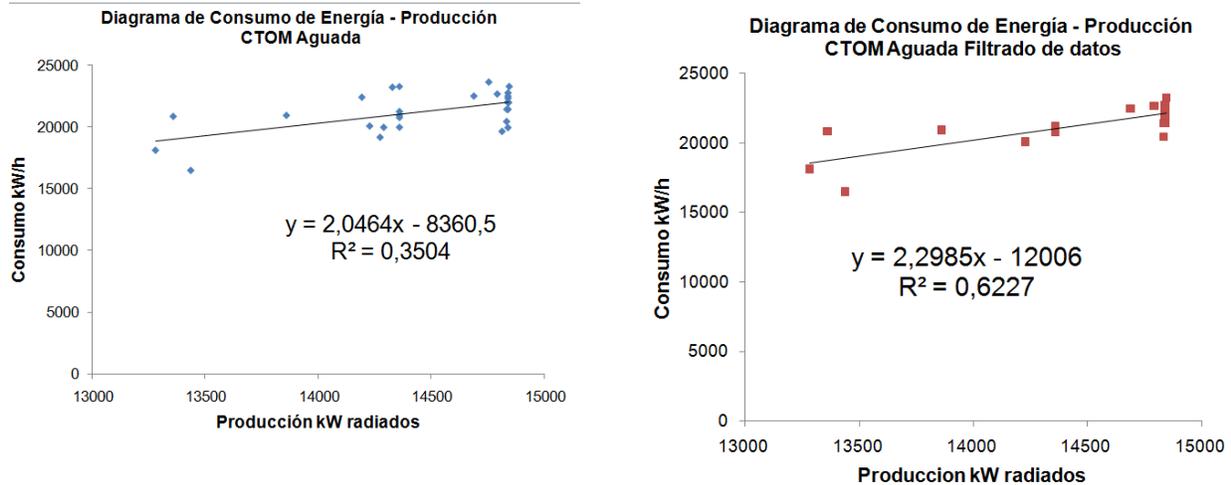


Figura 2.11: Gráfico de control del CTOM Aguada. (Fuente: Elaboración propia)

Se puede apreciar además que a partir septiembre del 2013 los niveles de consumo del local fueron disminuyendo, esto está dado por la sustitución de los equipos de los equipos aire acondicionado existentes de tecnología obsoleta por uno otros de mayores prestaciones. Esto indica un nuevo período para el análisis.

2.4.2.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.

Conociendo los valores de consumo y producción del CTM Aguada durante el período de enero 2012 hasta marzo 2015, se construye el gráfico de correlación que se muestra en la figura 2.12.



a)

b)

Fig. 2.12: Gráfico de dispersión CTOM Aguada. a) Datos originales ; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

A diferencia del centro anterior, la ecuación de la recta presenta una pendiente negativa. Este resultado se interpreta como que en el centro no existe energía no asociada a la producción, sino que se entrega energía al sistema en forma de excedente (cogeneración), cuestión que no es real. Esto invalida completamente el resultado mostrado, por lo que a fin de mejorar el resultado se realiza el filtrado de datos que se observa en la figura 2.12 b)

En el filtrado de datos arroja que eliminando la mayoría de las mediciones (70 % de los datos) la pendiente de la ecuación de la recta no se hace positiva. Por lo que teniendo en cuenta el cambio de tecnología ocurrida a partir de julio del 2013 se muestra en el gráfico 2.13 otro gráfico de dispersión con los datos correspondiente al período 2013-2015

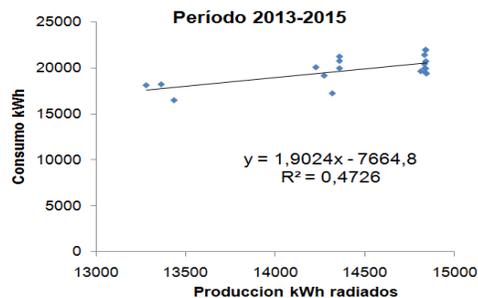


Figura 2.13: Análisis de correlación CTOM Aguada período 2013-2015

Al no mejorar el valor de la pendiente se concluye que este indicador no puede ser utilizado en este centro.

2.4.3 Análisis del CTOM Tulipán.

El centro de transmisión de Tulipán es un centro que transmite por onda media en frecuencia AM. Es un centro atendido que brinda sus servicios todos los días y a tiempo completo.

La tabla muestra un resumen de los equipos de transmisión entre otros datos de CTOM Tulipán.

Tabla 2.2: Equipos y servicios del CTOM Tulipán. (Fuente: Elaboración propia)			
Frecuencia de transmisión	Equipos de transmisión	Potencia de transmisión (kW)	Emisoras de transmisión
Amplitud Modular (AM)	Tx Radio Reloj	5	La Emisora Provincial de Radio "Radio Ciudad del Mar", frecuencia 1140; Radio Reloj, 930; Radio Rebelde 610;
	Tx Radio Ciudad del Mar	5	
	Procesadores de audio	2	
	Selector de canales	2	
	Distribuidor de audio	2	

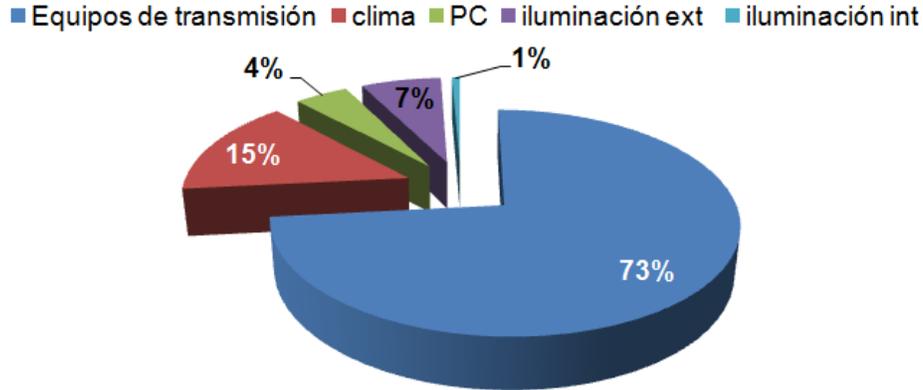


Fig. 2.14: Distribución del equipamiento CTOM Tulipán. (Fuente: Elaboración propia)

En el CTOM Tulipán los equipos de transmisión son causantes del 75 % del consumo de energía mientras que por clima solo se consume el 15 %, siendo bajo el consumo por concepto de clima con respecto a otros centros transmisores. Tiene instalado una carga de solo 2 toneladas de refrigeración, las mismas cumplen con las condiciones tecnológicas del local, al ser comprobadas durante varios días con instrumentos de medición.

2.4.3.1 Análisis del gráfico de control.

En el gráfico de control del CTOM tulipán, figura 2.15 se puede observar como a partir del mes de enero del 2014 comienza a bajar el consumo por debajo de la media, tal anomalía es debido a que a partir de ese mes deja de funcionar por rotura un Split de 3 toneladas de refrigeración y la climatización del local se realiza con solo 2 toneladas de refrigeración.

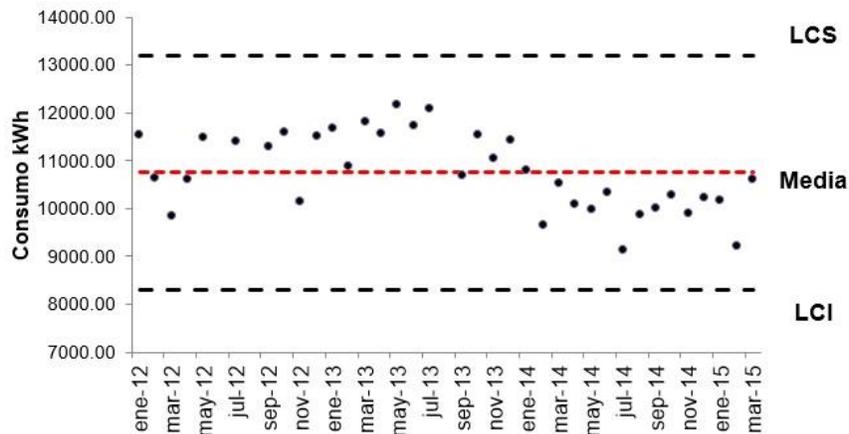


Fig. 2.15: Gráfico de control CTOM Tulipán. (Fuente: Elaboración propia)

Este cambio en el comportamiento del consumo de la energía indica un posible período de análisis comprendido entre diciembre 2013 hasta marzo 2015

2.4.3.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.

En el gráfico 2.16 a) se puede observar como en el CTOM Tulipán utilizando los datos correspondiente al período desde enero del 2012 hasta marzo del 2015 se observa un bajo nivel de correlación correspondiente a un valor $R^2=0.10$, no siendo recomendable para establecer un indicador. Posteriormente se le hace un filtrado de datos. En el mismo se observa que el 75 % de los datos el R^2 tiene valores que se encuentran por debajo 20 %.

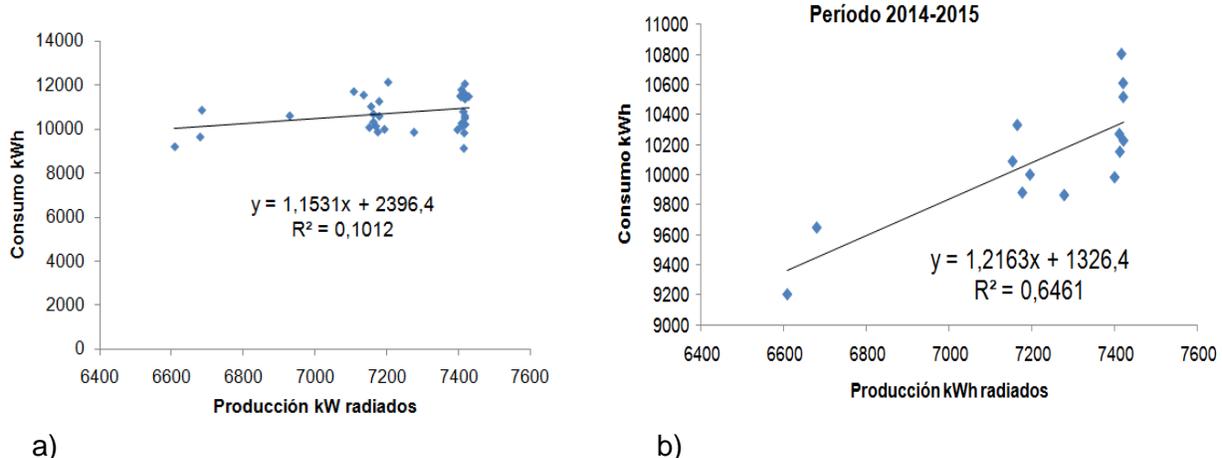


Figura 2.16: Gráfico de dispersión CTOM Tulipán. a) Datos período 2012-2015; b) Datos período 2014-2015 (Fuente: Elaboración propia)

Debido a las anomalías detectadas en el gráfico de control de la figura 2.15. Se realiza otro análisis de correlación, figura 2.16 b) con los datos de consumo de los meses correspondientes entre enero del 2014 y marzo del 2015. Se puede observar que el nivel de correlación se elevó hasta un 64%, eliminándose solamente la medición correspondiente al mes de Julio 2014 (6% de los datos).

Esto indica que es posible que se pueda utilizar para el CTOM Tulipán el indicador kWh/kWh radiados, pero se deberían contar con datos suficientes para corroborar esta conclusión.

2.4.4 Análisis del CTV 18.

Este centro de transmisión se encuentra ubicado en la Avenida 5 de septiembre entre 57 y 59, en el piso 17 del 18 Plantas. Ver figura 2.17



Figura 2.17: Vista del CTV 18 Plantas. Fuente: perlavision.icrt.cu

Este centro de transmisión se encuentra ubicado en la Avenida 5 de septiembre entre 57 y 59, en el piso 17 del 18 Plantas. Es un centro mixto, donde se transmite por frecuencia modulada (FM) como también por televisión (TV), tanto digital como analógica, emitiendo los siguientes servicios:

Tabla 2.3: Equipos y servicios del CTOM 18 Plantas. (Fuente: Elaboración propia)				
Frecuencia de transmisión	Equipos de transmisión	Potencia de transmisión (kW)	Demanda de potencia (kW Eléctrico)	Emisoras de transmisión
Frecuencia modulada FM	Tx Radio Ciudad del Mar (FM)	0.25	0.063	989 Radio Ciudad del Mar
Televisión	Tx Canal educativo	2	7.4	Los canales de televisión que transmiten coinciden con los declarados en el equipamiento
	Tx Canal educativo 2	2	2.5	
	Tx Tele Rebelde	1	5.8	

	TxMultivision	1	2.3	
	Tx Digital	1	5.7	
	Tx Cuba visión	1	6	
Nota: teniendo en cuenta la complejidad del circuito eléctrico en las mediciones de potencia de cada transmisor se tuvieron en cuenta los equipos auxiliares				

En este caso se muestra la diferencia que existe entre los equipos de transmisión de radio y los de televisión, estos últimos consumen una cantidad considerable de energía eléctrica correspondiente a un 60% de la energía y el sistema de clima el 35 % del consumo total en el centro



Fig. 2.18: Distribución del equipamiento CTOM 18 plantas. (Fuente: Elaboración propia)

2.4.4.1 Análisis del gráfico de control.

En el gráfico de control del CTV 18 plantas, figura 2.19, se puede observar como a partir octubre del 2013 el consumo aumento por encima de lo normal, esto se debe a que a partir de esa fecha fue que se inició a transmitir la televisión digital desde este centro aumentando así el consumo de energía y la generación de calor dentro del local por el aumento en el número de equipamiento y esto también trajo consigo el aumento de consumo por parte de los equipos de climatización.

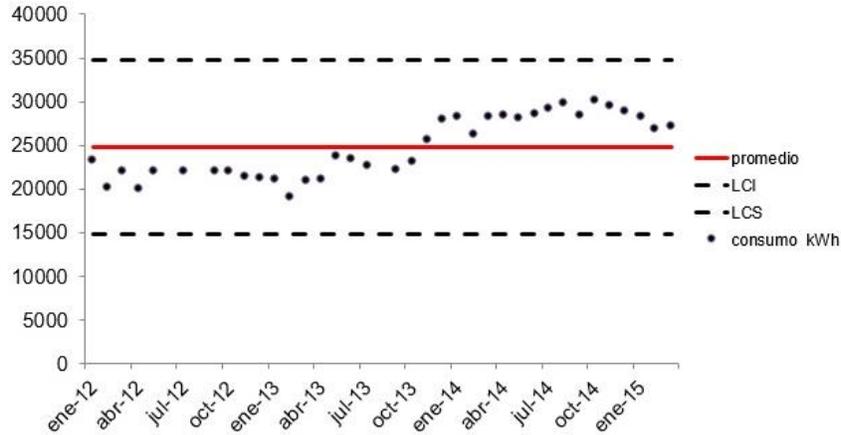
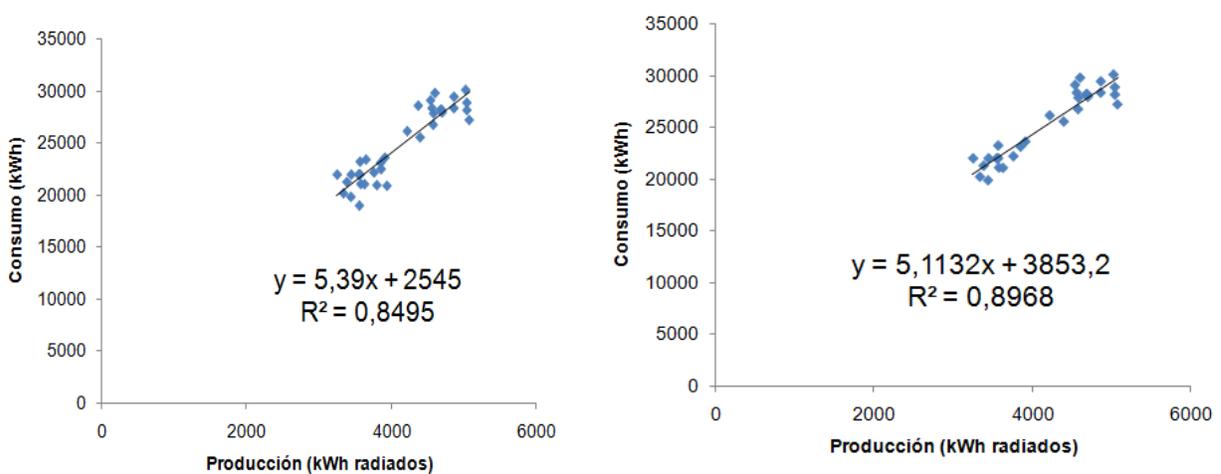


Fig 2.19: Gráfico de control CTOM 18 plantas. (Fuente: Elaboración propia)

Esto indica que se debe analizar como un nuevo período, al cambiarlos patrones de consumo, a partir del mes de octubre del 2013.

2.4.4.2 Análisis del diagrama de correlación consumo contra producción.

Este gráfico, figura 2.20 a), a diferencia del resto de los centros de transmisión antes estudiados muestra que existe un comportamiento ajustable a un modelo lineal con $R^2=0,8495$. Por último, se le aplica la técnica del filtrado de datos, ver figura 2.20 b), se puede apreciar que con tan solo filtrar el 12 % de los datos el índice de correlación aumenta a $R^2 = 0.89$.



a)

b)

Fig. 2.20 Gráfico de correlación CTV 18. a) periodo 2012-2015 b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Este comportamiento favorable permite adoptar solo para el CTV 18 Plantas el IDEn (kWh/kWh radiados), permitiendo además el uso de herramientas estadísticas que avalen un SGE basado en la ISO 50 001

2.5 Conclusiones parciales

- Los resultados de la encuesta EMA evidencian que la empresa no posee una estrategia energética.
- Los resultados de auditorías mostraron que el índice de consumo no correlaciona, no existe control de las demandas máximas registradas ni de la energía reactiva consumida en los usuarios mayores, no tienen implementado un sistema de gestión.
- El mayor por ciento de los gastos energéticos es por concepto de electricidad representando el 99 % de los costos por portadores energéticos.
- En el CTOM Malecón, para el filtrado de datos se removieron el 43 % de los datos arrojando un valor para el índice de correlación $R^2=0.72$, este valor es muy alto confirmando que el indicador no es fiable para el centro.
- El indicador consumo contra producción no es aplicable en el CTOM Aguada dado que la ecuación de la recta presenta una pendiente negativa después de filtrar el 70 % de los datos.
- En el CTOM Tulipán el indicador de consumo contra producción tiene un índice de correlación $R^2=0.64$, el cual no se encuentra aún en el rango recomendado, concluyendo que no es válida su aplicación en dicho centro.
- El indicador consumo contra producción es aplicable en el CTV 18 ya que su nivel de correlación se encuentra por encima del 75 %.

CAPÍTULO 3. PROYECTOS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

3.1 Introducción al capítulo.

En este capítulo se describe los indicadores de eficiencia energética propuestos (PUE, DCiE, Producción Equivalente y Días Grado) y las mejoras propuestas para lograr estrategias de mejoramiento a través de la aplicación de sus resultados.

Así mismo, propone la inclusión de dos indicadores complementarios a los ya establecidos (DUE y DUR) que permiten profundizar en los indicadores actuales aceptados por la industria.

La aplicación de los seis indicadores y su análisis son mostrados a través de los resultados obtenidos para una muestra de 4 data centers reales analizados en el período comprendido entre enero del 2012 y marzo del 2015.

3.2 Indicadores de eficiencia energética para centros procesadores de datos.

3.2.1 PUE (Power Usage Effectiveness)/DCiE (Data Center Infrastructure Efficiency).

El PUE (PowerUsageEffectiveness), Uso Eficiente de la Energía, es la medida de eficiencia de un CPD más utilizada actualmente para la comparación de instalaciones. El DCiE (Data Center InfrastructureEfficiency) o Eficiencia de la Estructura del CPD, es la inversa del PUE; $DCiE=1/PUE$.

Hay que tener dos consideraciones en la medida del PUE

- Al calcular el PUE, el consumo de energía de equipos TI se debe, como mínimo, medir en la salida de la fuente de alimentación ininterrumpida. Sin embargo, la industria debe mejorar progresivamente las capacidades de medición en el tiempo para que la medición en el tiempo para que la medición del consumo de energía de equipos TI directamente en la carga informática (por ejemplo, servidores, almacenamiento, red, etc.) se convierte en la práctica común.

- Para un CPD dedicado, la energía total en la ecuación del PUE incluirá todas las fuentes de energía en el punto de transferencia de utilidad para el propietario o el operador del centro de datos. Para un CPD de uso mixto, la energía total será de toda la energía requerida para operar el centro de datos, similar a un centro de datos dedicado, y debe incluir refrigeración, la iluminación, y la infraestructura de apoyo para las operaciones de centro de datos.

Se describe estas variables a continuación:

1. Potencia Total del CPD: Este es un indicador integral, que incluye todo lo que consume energía en la instalación:
 - Todos los componentes de distribución de energía tales como fuentes de alimentación ininterrumpida (SAI), equipos de conmutación, generadores, unidades de distribución de energía (PDU), las baterías y pérdidas de distribución externas al equipo de TI.
 - Todos los componentes del sistema de enfriamiento, tales como refrigeradores, sala de ordenadores con unidades de aire acondicionado (CRAC), las unidades de manejo del aire, bombas y torres de enfriamiento.
 - Todos los equipos TI, como servidores, redes y nodos de almacenamiento.
 - Todas las cargas de otros componentes diversos, tales como la iluminación del centro de datos, grupo electrógeno, etc.
2. Consumo de equipos TI
 - Esto incluye la carga total consumido por todos los equipos TI – tales como computación, almacenamiento y equipos de red, junto con el equipos adicionales tales como monitores y estaciones de trabajo portátiles utilizados para monitorizar o para controlar el centro de datos, incluyendo KVM (Keyboard, Video/Visual DisplayUnit, Mouse) (Teclado, Dispositivos de presentación o Video, ratón) y otros equipos de rack.

Se pueden definir unas categorías de medición del PUE, de menor a mayor calidad, tal que serían las siguientes:

Tabla 3.1: Categorías para medición del PUE. Fuente The Green Grid, 2009

	PUE CATEG. 1 (Básico)	PUE CATEG. 2 (Intermedio)	PUE CATEG. 3 (Avanzado)
Punto de medida de la Energía TI	Salida de SAIS	Salida de PDUs	Entrada a equipos TI
Energía total de la instalación	Entrada de energía al DC	Entrada de energía menos climatización compartida	Entrada Energía menos climatización compartida más iluminación edificio, seguridad
Mínimo de intervalo de medida	Mensual/Semanal	Diario	Continuo (xx min)

Una de las premisas sobre las que se debe trabajar para la generación de un CPD energéticamente eficiente y que pueda catalogarse como Green, es el cálculo del PUE actual.

El valor de PUE objetivo dependerá de la localización del nuevo CPD y de la solución final adoptada (sala convencional o sala en contenedor), así como del nivel de inversión inicial (CapEx) disponible. No obstante, el objetivo que se persigue es obtener un PUE medio anual a plena carga del CPD de $\leq 1,4$. (US Department Of Energy, 2011)

El PUE puede ser utilizado para ilustrar la asignación de energía de un centro de datos. Por ejemplo, un PUE de 3,0 indica que el consumo total de energía del centro de datos es tres veces mayor que el consumo de energía de los equipos de TI por sí solo. Además, el PUE se puede utilizar como un multiplicador para ayudar a entender el impacto real del uso de la energía de un componente de TI. El objetivo inicial de este indicador es el de generar comparaciones entre distintos grupos de Data Centers de forma tal que se puedan establecer a futuro niveles mínimos de eficiencia para la industria.

Conociendo la distribución de la energía en cada centro de datos y aplicando la expresión de cálculo (1.10) se compara en la tabla 3.2 el valor del PUE. En caso del CTOM Malecón se muestrea analizando el uso de 5 TR y posteriormente , conociendo por entrevistas con el personal que son utilizadas frecuentemente 10 TR , se calcula este indicador para el nivel de energía usado.

Tabla 3.2: Resultados de aplicación de los indicadores PUE y DCiE en los 4 Centros de transmisión. Elaboración propia		
Centros transmisores	PUE	DCiE
CTOM Aguada	1.46	68%
CTOM Tulipán	1.33	75%
CTOM Malecón (10 TR)	5	20%
CTOM Malecón (5 TR)	2.5	40%
CTV 18	1.56	64%

Según las referencias internacionales podemos concluir que los centros CTOM Aguada, CTOM Tulipán y CTV 18 cumplen con los estándares de la distribución de la energía en un CPD. No así en caso del CTOM Malecón donde el consumo de la energía en el centro puede llegar a ser 5 veces mayor que la energía que consumen los equipos de transmisión (solo el 20%). Este problema indica que se hace necesario analizar si la carga térmica instalada de los equipos de clima está correctamente dimensionada

3.2.2 Densidad Unitaria de Energía (DUE)

La densidad de energía demandada por los equipos de TI por unidad de área, indica la cantidad de energía usada en equipos de TI la cual debe ser refrigerada bajo una base comparable entre data centers de distinta índole y características técnicas.

Utilizando la expresión de cálculo (1.11) y conociendo las características constructivas de los locales estudiados, la tabla 3.3 muestra la aplicación práctica los resultados de este indicador:

Tabla 3.3: Resultados de aplicación de indicador DUE en los 4 CTOM. Elaboración propia

Centros transmisores	DUE (kWh/)
Aguada	578
Tulipán	288.6
Malecón	143.2
18	432

Un valor alto del indicador revelará la presencia de servidores de alta densidad los mismos son considerados más efectivos. Se puede apreciar como los centros CTOM Aguada y CTV 18 plantas se encuentran en mayor ventaja con respecto al resto de los centros, esto indica que se hace necesario revisar si es factible el cambio de tecnología y mejoras constructivas a los locales.

3.2.3 Demanda Unitaria de Refrigeración (DUR)

El indicador DUR permite identificar si el gasto de energía en el sistema de refrigeración es razonable respecto a la demanda térmica a ser disipada (equipos de TI). Valores altos del indicador describirán a instalaciones en donde la distribución de aire o bien el tipo de tecnología usada para la refrigeración son menos eficientes que instalaciones con valores bajos del indicador DUR.

El resultado de la aplicación del indicador DUR a los 4 sitios de la muestra dentro de la investigación se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Resultados de aplicación de indicador DUR en los 4 CTOM. Elaboración propia

Centros transmisores	DUR
Aguada	0.389
Tulipán	0.2133
Malecón (10TR)	5.57
Malecón (5TR)	2.6
18	0.5823

A partir de los resultados anteriores se puede concluir:

1. Nótese que para el caso el CTOM Malecón analizando gasta más energía en acondicionamiento de aire que en lo que se gasta en equipos de TI. Independientemente que utilice 5 TR o 10 TR
2. Para el caso del CTOM Tulipán, se tiene que este gasta menos energía en refrigeración que los demás sitios, es decir tiene la refrigeración más eficiente.

3.3 Análisis del indicador producción equivalente en los CTOM.

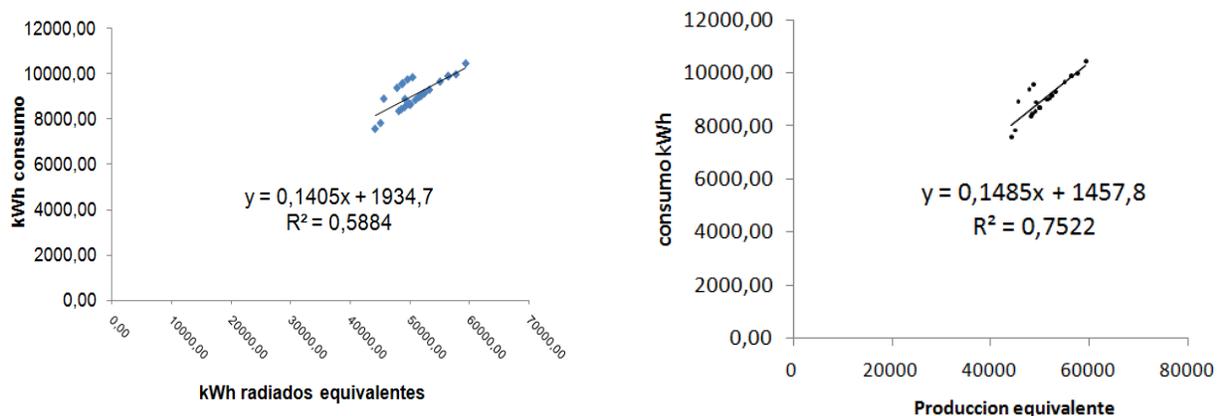
Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la revisión energética preliminar de los centros. La fuerte influencia que tienen los equipos de climatización en los mismos, se analiza la implementación de un IDEn que involucre el consumo de energía de los equipos de climatización en estos centros, así como la cantidad de energía que ellos producen, para lo cual se procedió de la siguiente forma:

- Se tuvo en cuenta primeramente el porcentaje de penetración que representa los equipos de climatización en cada local, y se realizó un ponderado de la energía que por este concepto se consume en cada centro de transmisión
- Se analizó la potencia de climatización instalada en cada centro, conociendo que estos equipos trabajan las 24 horas del día se determinó la energía que ellos producen.
- Se calculó un factor de ponderación dividiendo la energía consumida por concepto de climatización (kWh) entre la producción (kWh-radiados), a fin de determinar por cada kWh radiados cuanta energía se consume por concepto de climatización.
- Se multiplicó este factor por la energía que entrega los equipos de climatización en cada local (kWh frío)
- Se estableció una producción equivalente sumando los niveles de producción (kWh radiados) con los kWh de frío equivalente

La aplicación de esta metodología en cada centro arrojó el siguiente resultado:

CTOM Malecón

Se realizó un gráfico de correlación, figura 3.1a), elevándose el nivel de correlación con un valor de $R^2 = 0.45$ con respecto al indicador analizado en el epígrafe 2.4.3 que obtuvo un valor de $R^2 = 0.22$. Además cuando se aplicó el filtrado de datos al gráfico anterior, se removieron el 46 % de los datos para que este subiera a un valor de $R^2 = 0.72$. En este caso se puede apreciar en la figura 3.1 b) que solo con el 20 % de los datos removidos se incrementó al 0.75 % de correlación, considerando que este nuevo indicador resulta adecuado para el CTOM Malecón.



a)

b)

Fig. 3.1: Gráfico de dispersión de producción equivalente CTOM Malecón. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

CTOM Aguada:

En el análisis anterior en este centro se observó que el valor de la pendiente en la ecuación de la recta con valor negativo, epígrafe (2.2.4) fenómeno por el cual invalidaba el uso del indicador kWh/kWh radiados, independientemente del nivel de correlación. En las figuras 3.2 a) se determina que este fenómeno aún sigue afectando el comportamiento entre estas dos variables, ahora utilizando la producción equivalente. Se aprecia que en la figura 3.2b) a pesar que se filtran los datos aun continua la pendiente negativa. Se concluye que el indicador de producción equivalente no es de utilidad para este centro.

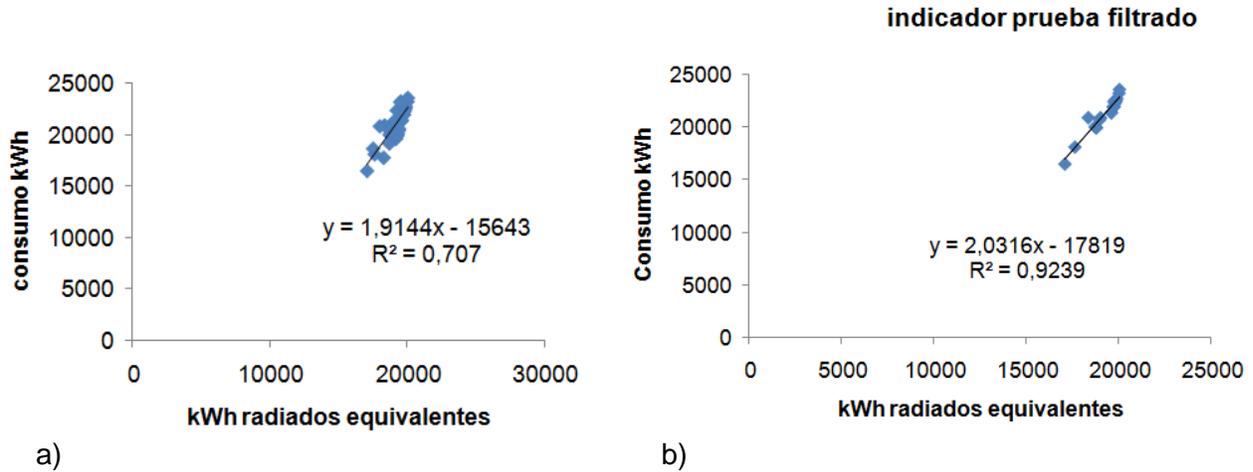


Fig. 3.2: Gráfico de dispersión de producción equivalente CTOM Aguada. a) Datos originales; b) filtrados de datos (Fuente: Elaboración propia)

CTOM Tulipán

Se puede observar como en este centro ocurre lo mismo que en el centro anterior. Se observa que el valor de la pendiente en la ecuación de la recta es negativa, independientemente del nivel de correlación como se puede observar en la figura 3.3 por lo anterior explicado se concluye que la aplicación del indicador producción equivalente no es aplicable en este centro.

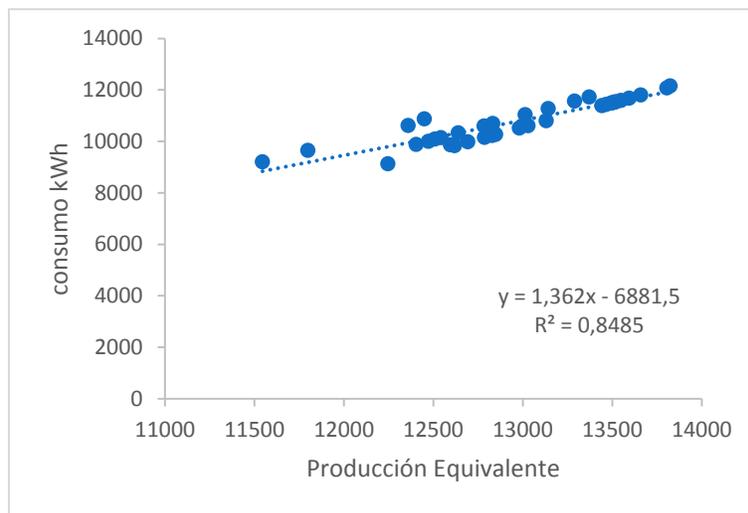
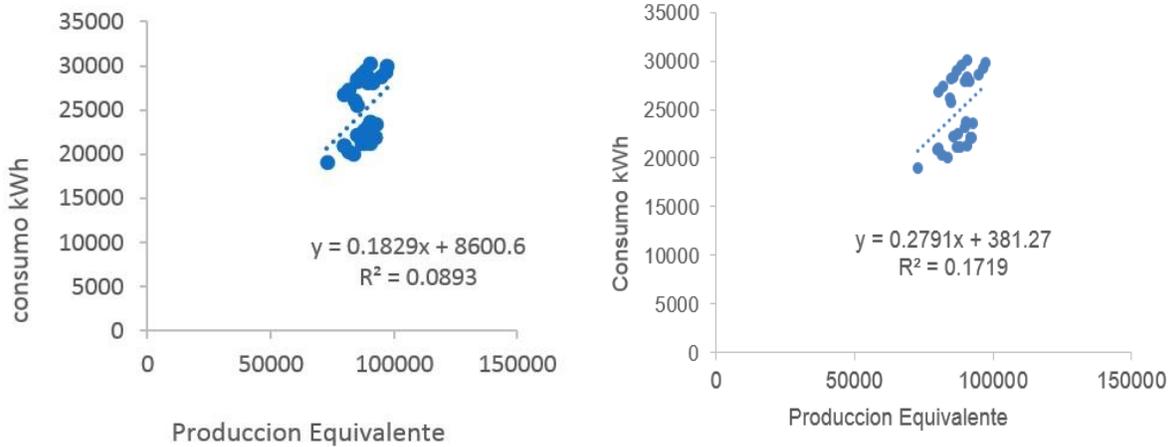


Fig. 3.3: Gráfico de correlación consumo vs producción equivalente del CTOM Tulipán. (Fuente: Elaboración propia)

CTV 18

En el CTV 18 se realizó un gráfico de correlación, figura 3.4 a), obteniéndose un nivel de correlación $R^2=0.08$. En este caso se puede apreciar en la figura 3.4 b) que solo con el 20 % de los datos removidos se incrementó al 0.17 de correlación.



a)

b)

Fig. 3.4: Gráfico de dispersión de producción equivalente CTOM 18. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Por lo que el uso del indicador teniendo en cuenta la producción equivalente no es pertinente para este caso de estudio.

3.4 Análisis del indicador días grado.

Considerando la influencia de las condiciones meteorológicas en los locales climatizados, se aplica la técnica de los días –grado de enfriamiento a los niveles de producción de los locales. Para lo cual se tuvo en cuenta utilizar como temperatura base 16°C, conociendo que estos locales deben estar operando en un rango de temperatura entre 20-24 °C.

Los días grados utilizados se muestran en el Anexo (6). A continuación se presentan los resultados en cada centro de trasmisión

CTOM Malecón

Se multiplicaron los DG de enfriamiento con Temperatura base 16 a los niveles de producción mensual de kWh radiados en el CTOM Malecón, obteniéndose el gráfico de correlación que se muestra a continuación. Se puede apreciar en la figura 3.5 a) que el nivel de correlación $R^2=0.18$.

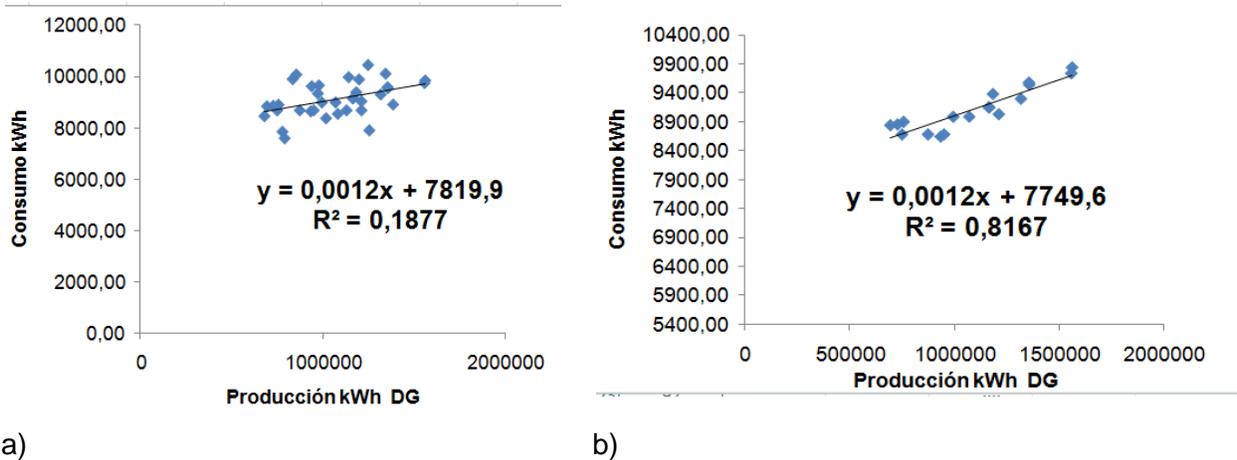
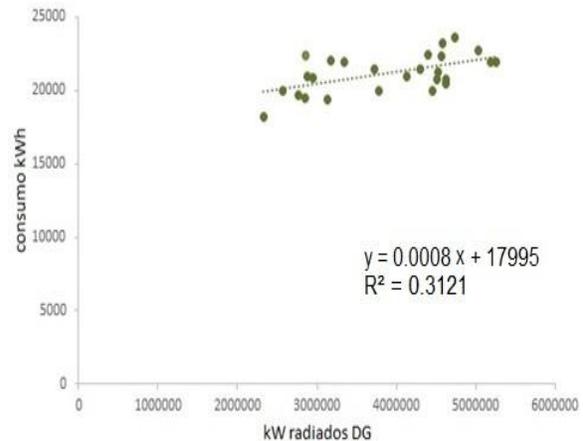
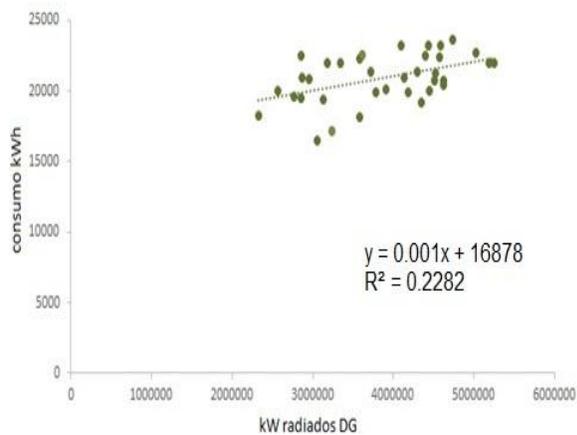


Fig. 3.5: Gráfico de dispersión de kW radiados DG CTOM Malecón. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Con la finalidad de mejorar este índice de correlación se aplica la técnica filtrado de datos. En la figura 3.5 b) se puede observar que el índice de correlación aumenta a $R^2=0.81$ con el 50 % de los datos removidos. Este valor es considerado aceptable, pero no se considera adecuado el total de mediciones eliminadas durante el proceso. Es necesario realizar nuevamente este análisis con una mayor cantidad de mediciones (36 meses). No obstante se puede considerar como positiva la inclusión de este nuevo indicador para el centro

CTOM Aguada

En el CTOM Aguada también se multiplicaron los DG de enfriamiento con temperatura base 16 a los niveles de producción mensual de kWh radiados, obteniéndose el gráfico de correlación que se muestra en la figura 3.6 a). Se puede apreciar en dicha figura que presenta un nivel de correlación $R^2=0.22$.



a)

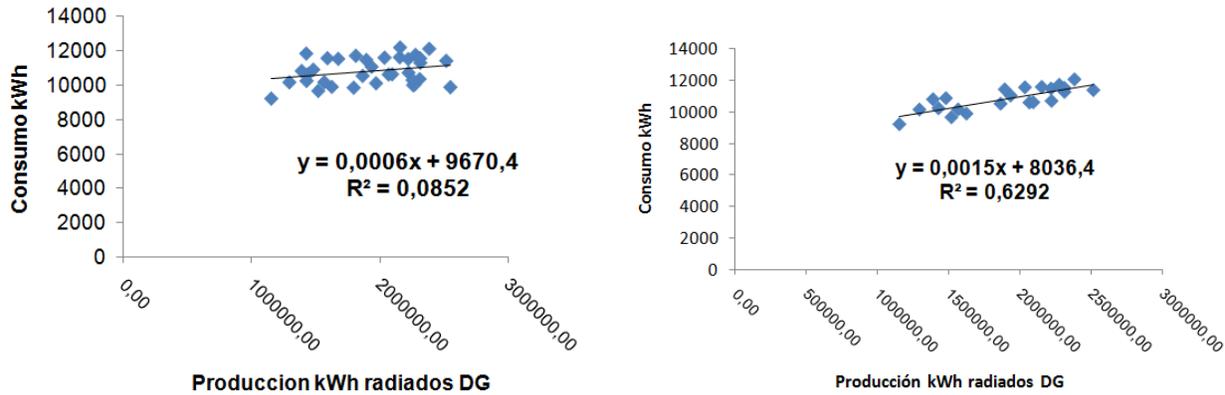
b)

Fig. 3.6: Gráfico de dispersión de kW radiados DG CTOM Aguada. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Destacar que por primera ocasión se obtiene una ecuación con pendiente positiva. Con la finalidad de mejorar este índice de correlación se aplica la técnica filtrado de datos. En la figura 3.6 b) se puede observar que el índice de correlación aumenta a $R^2=0.31$ con el 20 % de los datos removidos. Este índice de correlación aún no se encuentra en el rango esperado pero el resultado de forma general se considera efectivo. Para una solución mejorada se requerirían incrementar el número de mediciones en el centro a fin de logara determinar en el futuro una ecuación de la recta que permita implementar herramientas de gestión energética.

CTOM Tulipán

En el CTOM Tulipán se aplicó de igual manera;se multiplicaron los DG de enfriamiento con temperatura base 16 a los niveles de producción mensual de kWh radiados, obteniéndose el gráfico de correlación que se muestra en la figura 3.7 a). Se puede apreciar en dicha figura que presenta un nivel de correlación $R^2=0.085$



a)

b)

Fig. 3.7: Gráfico de dispersión de kW radiados DG CTOM Tulipán. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Para mejorar dicho nivel de correlación se aplica la técnica del filtrado de datos, ver figura 3.7 b), se puede apreciar en dicha figura que filtrando el 34.28 % de los datos el índice de correlación aumenta a $R^2=0.62$. Hay que destacar que se analizó el período 2012-2015, por lo que el incremento del nivel de correlación presume un paso de avance con respecto al mostrado en el epígrafe (2.4.3.2). Al analizar el periodo 2014-2015 de forma similar al epígrafe antes mencionado los resultados que se obtienen no muestran una evolución con respecto al nivel de correlación. Utilizando los DG el $R^2=0.04$ como se aprecia en la figura 3.8.

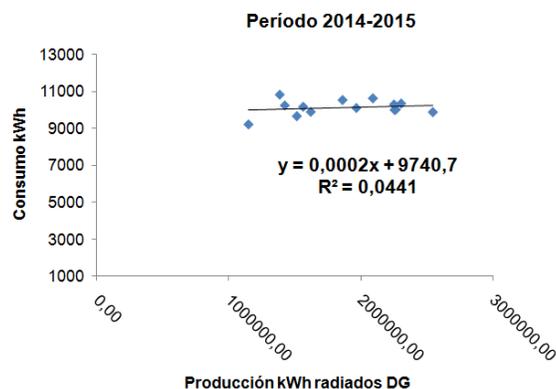
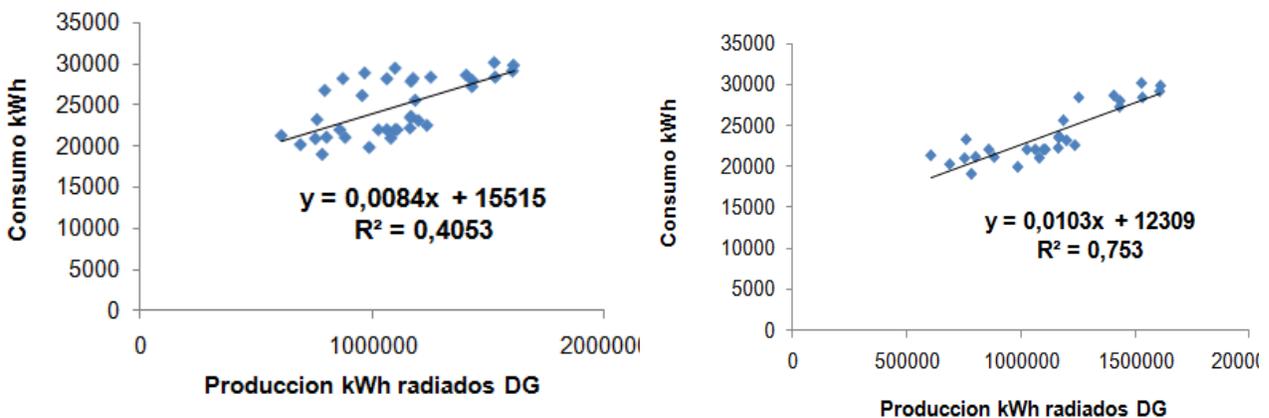


Figura 3.8: Gráfico de correlación período 2014-2015. Elaboración propia

Se recomienda para este caso de estudio, analizar un período más amplio, a fin de determinar la viabilidad de este indicador.

CTV18

Para este caso de estudio, las condiciones preliminares son similares, la T_b utilizada fue 16°C para implementar la metodología DG y se multiplicaron este por los niveles de producción kWh radiados. Se puede apreciar en la figura 3.9 a) que el nivel de correlación obtenido tiene un valor de $R^2=0.40$.



a)

b)

Fig. 3.9: Gráfico de dispersión de kW radiados DG CTOM 18. a) Datos originales; b) filtrado de datos (Fuente: Elaboración propia)

Para mejorar dicho nivel de correlación se aplica la técnica del filtrado de datos, ver figura 3.9 b), se puede apreciar en dicha figura que filtrando el 22 % de los datos el índice de correlación aumenta a $R^2=0.75$. Esto se considera aceptable. Esto indica que este indicador, además del analizado en el epígrafe (2.4.4.2) se puede utilizar como IDEn en este centro.

3.5 Comparación de indicadores de desempeño energético- productivo en los centros de transmisión.

Teniendo en cuenta los análisis efectuado en cada centro se muestra en la tabla 3.6 los modelos lineales que describen los procesos productivos en los centros de transmisión, así como los niveles de correlación alcanzados en cada uno de ellos:

Tabla 3.6: Resumen del análisis de los indicadores de desempeño productivo. (Fuente: Elaboración propia)

Centros transmisores	kWh/kWh radiados	kWh/Producción equivalente	kWh/KWh radiados-DG
Malecón	$y=1.1029x+4710.5$ $R^2= 0,2271$	$y=0,1405x + 1934.7$ $R^2= 0,5884$	$y=0,0012x+7819.9$ $R^2= 0.1877$
	$y=1.5868x+2639.5$ $R^2= 0,7267$ Filtrado 43 % datos	$y=0,1485x + 1457,8$ $R^2= 0,7522$ Filtrado 20 % datos	$y=0,0012x+7749.6$ $R^2= 0.8167$ Filtrado 20 % datos
Aguada	$y=2.0464x-8360.5$ $R^2= 0,3504$	$y=1,9144x - 15643$ $R^2= 0,707$	$y=0,001x + 16878$ $R^2= 0.2282$
	$y=2,2985x - 12006$ $R^2=0,6227$ Filtrado 70 % datos	$y=2,0316x - 17819$ $R^2= 0,92$	$y=0,0008x + 17995$ $R^2= 0.312$ Filtrado 20 % datos
Tulipán	$y=1.1531x+2396.4$ $R^2=0,1012$	$y=1,362x - 6881,5$ $R^2= 0,84$	$y=0.0006x + 9670.4$ $R^2= 0.0852$
	$y=1,2163x + 1326,4$ $R^2=0,6461$ (período 2014-2015)		$y=0.0015x + 8036,4$ $R^2= 0.629$ Filtrado 34 % datos
18 Plantas	$y=5.39x + 2545$ $R^2=0,8495$	$y=0,1829x + 8600.6$ $R^2= 0,0893$	$y=0,0084x + 15 515$ $R^2= 0.753$
	$y=5,1132x + 3853,2$ $R^2=0,8968$ Filtrado 12 % datos	$y=0,2791x + 381,27$ $R^2= 0,17$ Filtrado 20 % datos	$y=0,0103x + 12309$ $R^2= 0.753$ Filtrado 22 % datos

De este análisis se puede identificar lo siguiente:

El indicador de desempeño energético kWh/kWh radiados solo puede emplearse en el centro CTV 18 plantas. No obstante el análisis realizado en el CTOM Tulipán indica que el periodo 2014-2015 aparentemente puede analizarse utilizando este indicador. Se requiere justificar esta afirmación considerando en un futuro mediciones a partir de esta fecha.

El indicador de desempeño kWh/producción equivalente, solo puede ser empleado en el CTOM Malecón

El indicador de desempeño kWh/kW radiados DG puede ser utilizado en todos los centros de transmisión. No obstante es recomendable que se incremente el periodo de tiempo a fin de profundizar en el análisis. Este indicador de desempeño permitirá en estos centros aplicar las herramientas de gestión energética e implementar en un futuro un SGE basado en la ISO 50 001

3.6 Conclusiones parciales.

Se propusieron indicadores de desempeño energético teniendo en cuenta los utilizados en los CPD, los mismos arrojaron los siguientes resultados:

Indicador PUE

- Según referencias internacionales los centros CTOM Aguada, CTOM Tulipán y CTV 18 cumplen con los estándares de la distribución de la energía en un CPD. No así en caso del CTOM Malecón donde el consumo de la energía en el centro puede llegar a ser 5 veces mayor que la energía que consumen los equipos de transmisión. Este problema indica que se hace necesario analizar si la carga térmica instalada de los equipos de clima está correctamente dimensionada

Indicador DUE

- Los centros CTOM Aguada con un valor de 578kWh/ y CTV 18 plantas con un valor de 432kWh/ se encuentran en mayor ventaja con respecto al resto de los centros. Para el resto de los centros se recomienda revisar si es factible el

cambio de tecnología y/o mejoras constructivas a los locales que incremente la densidad en el equipamiento permitiendo utilizar menos energía para disipar el calor.

Indicador DUR

- El CTOM Malecón (5.57) gasta más energía en acondicionamiento de aire que en lo que se gasta en equipos de TI.
- El CTOM Tulipán (0.2133), se tiene que este gasta menos energía en refrigeración que los demás sitios, es decir tiene la refrigeración más eficiente.

Indicadores de desempeño energético -productivo

- El indicador de desempeño energético kWh/kWh radiados solo puede emplearse en el centro CTV 18 plantas. No obstante el análisis realizado en el CTOM Tulipán indica que el periodo 2014-2015 aparentemente puede analizarse utilizando este indicador. Se requiere justificar esta afirmación considerando en un futuro mediciones a partir de esta fecha.
- El indicador de desempeño kWh/producción equivalente, solo puede ser empleado en el CTOM Malecón.
- El indicador de desempeño kWh/kWh radiados DG puede ser utilizado en todos los centros de transmisión. No obstante es recomendable que se incremente el periodo de tiempo a fin de profundizar en el análisis. Este indicador de desempeño permitirá en estos centros aplicar las herramientas de gestión energética e implementar en un futuro un SGE basado en la ISO 50 001.

CONCLUSIONES GENERALES

1. La norma ISO 50001: 2011 permite establecer los sistemas y proceso necesarios para mejorar el desempeño en el uso de la energía, incluyendo la eficiencia energética, su uso, consumo e intensidad; de conjunto con un compromiso social y empresarial.
2. Las herramientas que se utilizan para determinar IDEn son: gráficos de correlación y dispersión, filtrado de datos, método de la producción equivalente, método de los días grado.
3. Los indicadores de desempeño energético más efectivos para los CPD son: Uso Efectivo de la Energía (PUE), Densidad Unitaria de la Energía (DUE) y la Demanda Unitaria de Refrigeración (DUR).
4. Las medidas para mejorar la eficiencia energética en los centros de datos están dirigidas fundamentalmente a elevar la eficiencia de los equipos de climatización.
5. Los resultados de auditorías realizadas a la empresa mostraron que el índice de consumo no correlaciona, no existe control de las demandas máximas registradas ni de la energía reactiva consumida en los usuarios mayores, no tienen implementado un sistema de gestión.
6. El indicador consumo contra producción no es aplicable en ninguno de los centros analizados, exceptuando el CTV 18 plantas.
7. Según referencias internacionales los centros CTOM Aguada, CTOM Tulipán y CTV 18 cumplen con los estándares de la distribución de la energía en un CPD. No así en caso del CTOM Malecón donde el consumo de la energía en el centro puede llegar a ser 5 veces mayor que la energía que consumen los equipos de transmisión. Este problema indica que se hace necesario analizar si la carga térmica instalada de los equipos de clima está correctamente dimensionada.
8. Los centros CTOM Aguada con un valor de 578kWh/ y CTV 18 plantas con un valor de 432kWh/ se encuentran en mayor ventaja con respectos al resto de los centros. Para el resto de los centros se recomienda revisar si es factible el cambio de tecnología y/o mejoras constructivas a los locales que incremente la densidad en el equipamiento permitiendo utilizar menos energía para disipar el calor.

9. El CTOM Malecón gasta más energía en acondicionamiento de aire que en lo que se gasta en equipos de TI.
10. El CTOM Tulipán, se tiene que este gasta menos energía en refrigeración que los demás sitios, es decir tiene la refrigeración más eficiente.
11. El indicador de desempeño kWh/producción equivalente, solo puede ser empleado en el CTOM Malecón.
12. El indicador de desempeño kWh/kW radiados DG puede ser utilizado en todos los centros de transmisión. No obstante es recomendable que se incremente el periodo de tiempo a fin de profundizar en el análisis. Este indicador de desempeño permitirá en estos centros aplicar las herramientas de gestión energética e implementar en un futuro un SGE basado en la ISO 50 001.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar los indicadores propuestos en la empresa Radio Cuba de Cienfuegos, de manera que contribuya al mejoramiento de la gestión energética en la misma.
2. Se recomienda hacer un cálculo de cargas térmicas al CTOM Malecón que demuestre que está correctamente dimensionado dado que es el centro menos óptimo ante los indicadores analizados.
3. Continuar con el estudio de indicadores de desempeño energético en la empresa Radio Cuba Cienfuegos con mayor cantidad de datos para mejorar la fiabilidad de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- APC. (2003). *En qué difieren los sistemas de refrigeración de misión crítica de los aires acondicionados comunes y por qué*. Recuperado a partir de <http://www.apc.com>
- Bhat, S. (2013) Mantenerlo frío. Diseño y gestión de sistemas de refrigeración ópticos. ABB review.
- Brown, M. L. (2007). *Management Systems for Energy, in Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*.
- Campo, A. P. (2012). *Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011*. . Tesis en opción al título de Máster en Eficiencia Energética, Universidad "Carlos Rafael Rodríguez".
- Carretero Peña, J. M. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. . España: Ediciones: AENOR .
- CEEMA. (2006). Gestión y economía energética *Universo SUR*. Cienfuegos.
- Colectivo de Autores. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenibles: directrices y metodologías*. Austria: Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Colectivo de Autores. (n.d). *Políticas e Indicadores de eficiencia energética*. Argentina: Consejo Mundial de la Energía.
- Colectivo de Autores. (2008). *Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación*. Bogotá D.C.: Dígitos y Diseños.
- Colectivo de Autores. (15 de febrero de 2015). *World Energy Outlook. Resumen Ejecutivo, International Energy Agency*. Recuperado a partir de <http://www.iea.org>.
- Colectivo de Autores. (n.d). *Energía. Eficiencia energética. In Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. España: Comisión Nacional Energía España.

- Colectivo de Autores. (n.d). *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones. Pasta y Papel*. Sociedad Pública Gestión Ambiental.
- Chile, U. C. (2010). *Mercados Energéticos*. Recuperado a partir de <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno10/eficiencia/EE.html>
- Días, M. P. (2013). *Sistema Informático para el Monitoreo y Control Energético en el Sector Industrial basado ISO 50001. (SIMCEI 1.0)*. Cienfuegos.
- Eléctrica, U. (2009). *La eficiencia energética en Cuba. Resultados y perspectivas (2009)*. Recuperado a partir de http://www.eclac.cl/drni/noticias/noticias/8/37118/Ricardo_Gonzalez.
- García, G. L. (2014– 2015). *Planificación Energética del proceso de producción de almidón de maíz de la UEB Glucosa Cienfuegos*. Tesis de Diploma. Universidad "Carlos Rafael Rodríguez".
- Greenpeace, A. (2010). *Guía verde de eficiencia energética*. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/cambio-climatico/revolucion-energetica/guia-verde-de-eficiencia-energ.pdf>
- Guzmán, A. (2010). Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe4.shtml#ixzz2t7Rf2nkh>
- Hernández, R. C. (2014). *Análisis de la gestión de la energía en la planta de destilación atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos*. Tesis de Diploma. Universidad "Carlos Rafael Rodríguez".
- International Organization for Standardization*. (junio, 2011). Norma Cubana. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. ISO 50001: 2011, IDT. Recuperado el 15 de febrero de 2015
- Monografias*. (s.f.). Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe4.shtml#ixzz2t7Rf2nkh>

Nordelo, A. E. (2001). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos.

Normalización, O. I. (junio 2011). *Gana el desafío de la energía con la ISO 5000*. Recuperado a partir de 2015, de http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf

Pichs Madruga, R. (2007). *Tendencias energéticas mundiales: implicaciones sociales y ambientales*. Recuperado a partir de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar20/HTML/articulo01>

Rasmussen, N. (2011). *Electrical Efficiency Modeling for Data Centers- White Paper 113.APCPSchneiderElectric*.

Soto., J. C. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales*. Cienfuegos.

Vega, A. Suárez, N. (2015). *Análisis del sistema de climatización en la oficina de desarrollo de la empresa DATYSs*. Tesis de Maestría, Universidad "Carlos Rafael Rodríguez".

Yanes, A. E. (2006). *Gestión Y Economía Energética*. Cienfuegos.

ANEXOS

Anexo #1: Relación de consumo (kW/h) y producción (kW radiados) del CTOM Tulipán

mes/año	consumo kW/h	producción kW radiados
ene-12	11538	7420
feb-12	10618	6930
mar-12	9834	7417.5
abr-12	10598	7180
may-12	11490	7408.8
jul-12	11390	7420
sep-12	11276	7180
oct-12	11592	7420
nov-12	10145.14	7170.3
dic-12	11500	7430
ene-13	11680	7414.9
feb-13	10876	6684.1
mar-13	11804	7410
abr-13	11566	7136.55
may-13	12156	7204.8
jun-13	11726	7109.1
jul-13	12078	7419.5
sep-13	10696	7163.6
oct-13	11528	7406.95
nov-13	11040	7157.45
dic-13	11436	7417.95
ene-14	10804	7415.25
feb-14	9650	6679.5
mar-14	10518	7419.67
abr-14	10090	7152.5
may-14	9984	7398.83
jun-14	10332	7163.75
jul-14	9130	7416.5
ago-14	9866	7277.12
sep-14	10002	7194.5
oct-14	10272	7410.24
nov-14	9882	7175.91
dic-14	10228	7420.41
ene-15	10154	7411.41

feb-15	9206	6608.41
mar-15	10610	7419.5

Anexo #2: Relación de consumo (kW/h) y producción (kW radiados) del CTOM Aguada.

mes/año	consumo kW/h	producción kW radiados
ene-12	22013	14840
feb-12	20932.22	13860
mar-12	22311.17	14840
abr-12	20928.43	14360
may-12	22487.97	14688.8
jul-12	22743.09	14840
sep-12	22388.83	14193.75
oct-12	21413.87	14840
nov-12	19972.57	14290.3
dic-12	21985.75	14840
ene-13	22649.75	14792.2
feb-13	20851.54	13360
mar-13	22482.97	14840
abr-13	23252.97	14360
may-13	23257.11	14845.4
jun-13	23192	14328.8
jul-13	23614.15	14755
sep-13	19976.4	14360
oct-13	20439	14833.8
nov-13	18127.23	13281.5
dic-13	19949.11	14840
ene-14	19644	14813.5
feb-14	16504.87	13437.17
mar-14	21416.13	14834.67
abr-14	20077	14228.33
may-14	19170	14274.47
jun-14	20761	14360
jul-14	21975	14840
ago-14	21947	14841.67
sep-14	21241	14360

oct-14	20731	14842.33
nov-14	17252	14320
dic-14	19501	14840
ene-15	19392	14845
feb-15	18225	13365.5
mar-15	19971	14837

Anexo #3: Relación de consumo (kW/h) y producción (kW radiados) del CTOM 18.

mes/año	consumo kW/h	producción kW radiados
ene-12	23250	3565.72
feb-12	20220	3333.98
mar-12	22010	3565.56
abr-12	19880	3436.37
may-12	22010	3557.12
jul-12	22010	3247.29
sep-12	22010	3443.5
oct-12	22010	3546.26
nov-12	21300	3381.95
dic-12	21110	3574.52
ene-13	21090	3626.72
feb-13	19040	3555.1
mar-13	20940	3938.14
abr-13	21000	3798.45
may-13	23634	3910.49
jun-13	23456	3648.34
jul-13	22539	3855.94
sep-13	22213.98	3757.96
oct-13	23134.52	3849.82
nov-13	25580.5	4397.82
dic-13	27879.82	4585
ene-14	28204.18	4680.9
feb-14	26167	4219.71
mar-14	28225.99	4695.91
abr-14	28380.01	4562.9
may-14	27969	4704.48
jun-14	28620	4372.15
jul-14	29129	4542.41

ago-14	29821	4605.19
sep-14	28378	4866.93
oct-14	30139	5029
nov-14	29470	4867.91
dic-14	28895	5046.49
ene-15	28189	5047.93
feb-15	26782	4579.64
mar-15	27234	5079.72

Anexo #4: Relación de consumo (kW/h) y producción (kW radiados) del CTOM Malecón.

mes/año	consumo kW/h	producción kW radiados
ene-12	9900.00	3892.49
feb-12	8899.00	3643.75
mar-12	8641.00	3860.70
abr-12	8540.00	3760.88
may-12	9150.00	3892.39
jul-12	9300.00	3887.22
sep-12	8680.00	3763.58
oct-12	8680.00	3895.85
nov-12	8450.00	3767.32
dic-12	8680.00	3877.50
ene-13	8680.00	3890.91
feb-13	7840.00	3515.18
mar-13	8680.00	3896.17
abr-13	8988.00	3754.24
may-13	9973.67	3818.55
jun-13	9887.16	3745.81
jul-13	10451.09	3889.52
sep-13	9152.90	3758.30
oct-13	9033.17	3883.88
nov-13	8367.93	3766.71
dic-13	8986.87	3895.90
ene-14	8854.44	3884.42
feb-14	7589.24	3476.23
mar-14	9654.76	3895.52
abr-14	9385.00	4304.83

may-14	9546.00	4450.85
jun-14	8908.00	4305.31
jul-14	9847.00	4414.94
ago-14	9745.00	4454.26
sep-14	9583.00	4305.11
oct-14	10111	4423.55
nov-14	9334.74	4303.63
dic-14	10076	4447.01
ene-15	9619	4446.36
feb-15	8839	3978.45
mar-15	10099	4450.33

Anexo # 5: Listado de equipos CTOM 18.

Listado de equipos	Potencia	Cantidad	Potenciaequipos(W)
Clima	24.351		24351
Break de operaciones	12.14819907	1	12148.2
Educativo	7.393	1	7393
Cuba V	5.915	1	5915
Tele R	5.835	1	5835
Transmisor Digital	5.704210526	1	5704
Educativo 2	2.486315789	1	2486
Multivisión	2.339473684	1	2339
PC	0.5	2	1000
Lámparasinteriores	0.04	12	480
Bombillos de la torre	0.04	2	80
Lámparasexteriores	0.02	2	40

Anexo # 6: Datos del método días grado, temperatura base 16 grados.

Mes-año	Días Grado 16
ene-12	214
feb-12	207
mar-12	242
abr-12	288
may-12	299
jul-12	339
sep-12	322
oct-12	290
nov-12	180
dic-12	225
ene-13	244
feb-13	221
mar-13	192
abr-13	285
may-13	299
jun-13	320
jul-13	321
sep-13	310
oct-13	312
nov-13	270
dic-13	255
ene-14	187
feb-14	227
mar-14	251
abr-14	275
may-14	305
jun-14	322
jul-14	354
ago-14	350
sep-14	315
oct-14	304
nov-14	226
dic-14	192
ene-15	211
feb-15	174
mar-15	282

Anexo # 7: Tabla de listado de equipos en Centro Transmisor “Aguada”

Política de energía

Nomenglatura	cantidad	potencia kW	% de contribucion	total
TrasmisoresNautel	2	22	66.54567453	66.5
airesacondicionados	4	8.9	26.92075015	93.5
lamparaalumbrado exterior	3	1.2	3.629764065	97.1
PC	2	1.6	2.41984271	99.5
lamparaalumbrado interior	4	0.16	0.336134454	99.9

Anexo # 8: Listado de equipos CTOM 18.

Listado de equipos	Potencia	Cantidad	Potenciaequipos(W)
Clima	24.351		24351
Break de operaciones	12.14819907	1	12148.2
Educativo	7.393	1	7393
Cuba V	5.915	1	5915
Tele R	5.835	1	5835
Transmisor Digital	5.704210526	1	5704
Educativo 2	2.486315789	1	2486
Multivisión	2.339473684	1	2339
PC	0.5	2	1000
Lámparasinteriores	0.04	12	480
Bombillos de la torre	0.04	2	80
Lámparasexteriores	0.02	2	40

Anexo # 9: Encuesta EMA.

Característica	puntuacion		Notas
	Actual	Max	
Una política de energía escrita (puede ser parte de una política ambiental o de sustentabilidad)	1	2	
Aceptada por la alta dirección	0	2	
Comunicada a todos los empleados	1	1	
Escrita, renovada o revisada recientemente (dentro de 3 años)	0	1	
Contiene un compromiso para el desarrollo / Despliegue de metas de mejora cuantitativos	1	2	
Contiene un compromiso para el reporte anual (publico o a todos los empleados)	0	1	
Incluye una fecha para la evaluacion/revision	0	1	
puntuacion total	3	de 10 maximo	

Estrategia de energía

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Un documento de estrategia escrito compatible con la política de energía	1	4	
Aceptada por alta dirección	0	2	
Incluye un plan en directo para la puesta en práctica	1	3	
Incluye una fecha para la evaluacion/revision	1	1	
Total Score	3	of 10 maximum	

Estructura Organizacional

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	

un director de la junta (o equivalente) tiene responsabilidad para la energía	3	3	
Contempla una persona designada con responsabilidad para la energía (especialista energético)	3	3	
Descripción clara del trabajo y los recursos adecuados asignados para el especialista energético.	2	3	
Reuniones regulares para revisar el uso de energía	2	2	
"Gestores" de energía o líderes designados por áreas	0	1	
Total	10	of 12 maximum	

cumplimiento Normativo

En esta sección se identifica si existe una comprensión clara de las obligaciones legales de la organización en materia de energía y las emisiones de carbono, y que estas obligaciones se están gestionando de manera eficaz.

Cumplimiento de normativas

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Revisión formal completado para determinar qué normas son aplicables y cuáles no	1	2	
La alta dirección ha revisado y entendido las obligaciones legales de la organización .	1	2	
La existencia de un plan de cumplimiento, incluyendo al personal responsable identificado.	1	2	
Los procesos aseguran que la organización se mantiene hasta la fecha un desarrollo relevante.	1	2	
La organización cumple	1	2	
Total Score	5	of 10 maximum	

Adquisiciones e inversiones

Esta sección identifica si las políticas y procedimientos de contratación y de inversión de la organización que respalden activamente la mejora de la eficiencia energética.

Politica de contratación

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Como política general se incluye la consideración del consumo de energía en todas las compras.	0	4	
Rendimiento energético se especifica en los nuevos edificios, los proyectos, planta de proceso, etc.	0	3	
Políticas de contratación específicas utilizadas para determinados productos, por ejemplo, de iluminación, motores, etc.	2	3	
Total Score	2	of 10 maximum	

Procedimientos de inversion

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Existe procedimiento de inversión de capital para obtener fondos para la eficiencia energética	0	4	
Está definido un límite para el periodo de recuperación en inversiones en eficiencia energética *	0	3	
En todas las solicitudes de inversiones está evaluado el impacto de la energía por la persona responsable de la energía	0	3	
Los presupuestos de mantenimiento incluyen reparaciones para ahorrar energía	0	2	
Total Score	0	of 12 maximum	

* si los criterios son demasiado restringiendo, actuando como una barrera importante para la inversión en eficiencia energética, marque abajo.

Sistema de informacion de energia&Identificacion de oportunidades

Esta sección identifica si existen procesos sistemáticos para el seguimiento y la comprensión de consumo de energía, el establecimiento de objetivos de mejora adecuadas, y la identificación de oportunidades de ahorro

Monitoreo y análisis de uso de la energía

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Recogida periódica del consumo de energía y datos de costos	2	4	
Análisis de consumo contra producción, temperatura, etc y el tiempo	0	4	
presentacionperiodica y apropiada	1	3	
La comparación de los datos de energía con facturas de servicios públicos	1	2	
las emisiones de CO2 calculadas/analizadas	0	1	
Total Score	4	of 14 maximum	

Establecimiento de objetivos

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Objetivos de ahorro de energía basadas en el análisis	1	3	
Objetivosdesafiantes, peroalcanzables	1	4	
Rendimientos comparados con puntos de referencia apropiados (interno o externo)	1	3	
Total Score	3	of 10 maximum	

Identificacion de oportunidades

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	

Medición, Monitoreo y Orientación (MM & T) El sistema utiliza activamente para identificar las oportunidades de ahorro	1	4	
Encuestas energéticas in Situ llevada a cabo regularmente	0	4	
Otra información utilizada; por ejemplo, certificados de energía, los registros de activos, etc	0	2	
Total Score	1	of 10 maximum	

Cultura&Comunicación

En esta sección se identifica si las oportunidades que ofrece a través de la participación del personal en la eficiencia energética, y en la comunicación de los avances tanto a nivel interno como externo se están tomando ventaja

participacion y formacion del personal

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Una capacitación adecuada para el personal clave de gestión de la energía, por ejemplo, jefe mantenimiento, hornos, calderas, seguridad, etc	1	4	
Las campañas de sensibilización regulares	1	3	
Iniciativas más amplias de participación del personal en activo (por ejemplo, a través de programas "verdes", mejora de la calidad, etc)	1	2	
Energía incluido en la formación inicial del personal	1	1	
Total Score	4	of 10 maximum	

Procedimientosoperacionales

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Sistemas de notificación activos para el despilfarro de energía y sugerencias (luces encendidas, puertas abiertas, fugas de vapor,	1	3	

etc)			
Orden de trabajo / prioritarias para reducir el despilfarro de energía (por ejemplo, reparación de fugas de aire comprimido)	1	2	
Los programas de mantenimiento incluyen la reducción de despilfarro de energía	2	2	
Instrucciones de funcionamiento incluyen cuestiones de uso de energía (por ejemplo, procedimientos de apagado)	2	3	
Total Score	6	of 10 maximum	

Comunicación

Characteristic	Score		Notes
	Actual	Max	
Comunicaciones periódicas a todos los empleados en las iniciativas y los avances en función de la estrategia y objetivos.	1	4	
Resultados en relación con la estrategia y objetivos publicados públicamente en los informes anuales de la organización o similar.	2	3	
Energía / carbono incluido en las comunicaciones regulares a decisores más amplios (comunidad local, etc)	0	3	
Total Score	3	of 10 maximum	

Anexo # 10 kW radiados en 8 horas por las distintas frecuencias del CTOM Aguada

Hora	1140 kHz	1350 kHz
8:00	10	10
8:10	10.1	9.9
8:20	10	9.9
8:30	10	9.9
8:40	10	9.9

8:50	10	9.9
9:00	10	10
9:10	10	9.8
9:20	10	9.8
9:30	10.1	9.9
9:40	10.1	9.9
9:50	10.1	10
10:00	10	10
10:10	10	10
10:20	10.1	10
10:30	10	9.9
10:40	10	9.9
10:50	10	10
11:00	10	9.9
11:10	10.1	10
11:20	10	9.9
11:30	10.1	9.9
11:40	10	9.9
11:50	10	9.9
12:00	10	9.9
12:10	10	9.9
12:20	10	9.9
12:30	10	9.9
12:40	10	9.9
12:50	10.1	9.9
1:00	10.1	9.9
1:10	10.1	9.9
1:20	10.1	9.9
1:30	10.1	9.9
1:40	10.1	10
1:50	10	9.9
2:00	10	9.9
2:10	10	9.8
2:20	10	9.9
2:30	10	9.9
2:40	10	9.9
2:50	10.1	9.9
3:00	10	9.8
3:10	10.1	9.9
3:20	10.1	10
3:30	10.1	10

3:40	10	9.9
3:50	10	9.9
4:00	10	9.9