



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial
Departamento de Energía

Trabajo de diploma

Título: Línea Base Energética en instalaciones hoteleras
como instrumento de gestión, según la ISO 50001:2011.

Autor: Juan Carlos Portal Guerra

Tutores: M. Sc. Ovidio Rodríguez Santos

Ing. José Manuel Machado

Santa Clara

2017

*“No consideres el estudio como una obligación,
sino como una oportunidad para penetrar en el
bello y maravilloso mundo del saber”*

Albert Einstein

Resumen

En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica donde se abordan diferentes aspectos necesarios para el desarrollo futuro de la investigación. Como parte de las herramientas se utilizó el método de los grados-días. Se determinó la temperatura base para los hoteles Los Caneyes y América. Se determinó la estructura y consumo de los principales portadores energéticos de las instalaciones hoteleras estudiadas obteniendo como resultado que es la Energía Eléctrica la de mayor consumo con respecto a los demás portadores energéticos. Se logró la línea base energética del hotel los Caneyes no siendo posible para el hotel América. Se realizaron propuestas de mejoras y medidas para elevar la eficiencia energética.

Abstrac

In this work a bibliographic review is carried out where different aspects are considered necessary for the future development of the investigation, these are the energy efficiency in the world and specifically in Cuba emphasizing in the energy performance and the norms that have to do with this both internationally Such as CN ISO 50001: 2011, which regulates everything related to how to establish best practices for managing energy, addresses the concept of Grados-día, its use to estimate energy demand, as an indicator to estimate the air conditioning needs of a Area, in such a way that it allows the calculation of the yields of the refrigeration systems in order to improve their efficiency; Are also presented the different methods that are used for the calculation of Day Grades.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I: Estado del arte	5
1.1. Generalidades	5
1.2 Aspectos generales de la norma ISO 50001.....	6
1.2.1. ¿Qué es la UNE-ISO 50001?.....	7
1.2.2. Desempeño energético. Norma NC ISO 50001:2011	8
1.2.3. Eficiencia energética de edificios	8
1.3. La gestión energética y la industria hotelera	10
1.4. El turismo en Cuba. Desarrollo en los últimos años	13
1.5. Método Grados-día. Definición.....	14
1.5.1. Generalidades del uso de los Grados-día	15
1.5.2. Grados día de enfriamiento	15
1.5.3. Grados día de calentamiento	16
1.5.4. La temperatura base	17
1.5.5. Métodos para calcular los Grados Día	18
1.6. Conclusiones parciales	20
Capítulo II: Descripción de los métodos de cálculo utilizados	21
2.1 Modelación del comportamiento energético de instalaciones	21
2.1.1. Herramientas utilizadas	22
Diagrama de Pareto.	22
Gráfico de consumo de Energía y Producción en el Tiempo.....	22
Diagramas de Consumo – Producción.	22
Gráfico de dispersión.....	23
2.2 Modelo para el cálculo de los Grados días mensuales de refrigeración con temperatura base variable.....	23
2.3 Análisis para determinar la temperatura base mediante Excel.....	25
2.4 Determinación de la Línea de base energética	26
2.5 Determinación de los grados días para temperatura base variable en el año 2016	26
2.6. Conclusiones parciales	21
Capítulo III: Gestión energética en hoteles. Casos de estudio: hotel Los Caneyes y hotel América.....	33

3.1. Caso de estudio. Caracterización general y datos principales de la entidad, hotel Los Caneyes	33
3.1.1. Características generales del Hotel	33
3.1.2. Caracterización energética del Hotel Los Caneyes	35
3.1.3. Determinación de la temperatura base real (Tb) para el hotel Los Caneyes ...	38
3.2.4. Definición de la línea base energética en el hotel Los Caneyes, Santa Clara, Cuba.....	40
3.3. Caso de estudio. Caracterización general y datos principales de la entidad, hotel América.....	44
3.3.1. Características generales del Hotel	44
3.3.2. Caracterización energética del hotel América	45
3.3.3. Determinación de la temperatura base real (Tb) para el hotel América.....	47
3.3.4. Definición de la línea base energética en el hotel Los Caneyes, Santa Clara, Cuba.....	49
3.4. Propuesta de las medidas organizativas para mejorar la gestión energética	52
3.4. Conclusiones parciales	53
Conclusiones.....	56
Bibliografía	57



Introducción

Introducción

En el pasado siglo y en el inicio del presente, el consumo creciente de energía por parte de la sociedad de consumo ha propiciado el agotamiento progresivo de los recursos energéticos y un aumento de la temperatura global que, junto a la gran cantidad de fenómenos asociados, contribuyen el denominado “cambio climático”, que cada vez preocupa en mayor medida a la humanidad. De aquí que en fecha reciente, octubre 2016, se firmara el Acuerdo de París para su entrada en vigor, y que sustituirá a partir del 2020 al actual Protocolo de Kioto, en un momento en que la lucha contra el calentamiento global se hace cada vez más imperiosa, como alertaron recientemente varios reconocidos climatólogos. El planeta está a punto de romper su tercer récord anual consecutivo de calor desde que se miden las temperaturas, en 1880.

Esta situación ha generado la necesidad de gestionar de forma más racional los recursos energéticos. El sector de la climatización de espacios es, en este sentido, uno de los que mayor intervención está requiriendo en las últimas décadas, por una parte porque, dentro del sector residencial-comercial, un porcentaje muy elevado del consumo energético se destina al acondicionamiento térmico, y por otra, debido a los escenarios actuales que se dibujan en el contexto del cambio climático (IPCC, 2007), que prevén un aumento de la temperatura media planetaria, lo que sin duda tendrá una incidencia en las necesidades de calefacción y refrigeración.

Tal incremento térmico aumentará en mayor medida las necesidades de la refrigeración, de manera que el balance energético de climatización experimentaría un crecimiento. De producirse esta situación, pues el aumento de las necesidades energéticas para climatizar espacios propiciaría un mayor consumo de energía y, paralelamente, de emisiones de gases de efecto invernadero, que a su vez generarían un nuevo aumento de temperatura, conducente a un incremento de las necesidades de climatización, y así sucesivamente.

Por lo tanto, la variable clima de una región es, lógicamente, un elemento clave a tener en cuenta en la predicción de la demanda energética, la cual es fundamental en la gestión de este sector, porque permite pronosticar las posibles carencias, impulsar medidas de ahorro energético, y evitar inconvenientes a los consumidores, dada la absoluta dependencia energética en nuestro contexto como región en desarrollo económico. Además, no debe olvidarse que la electricidad, una de las fuentes de energía

más demandadas en este sector, no puede almacenarse, por lo que tener previsiones ajustadas de la demanda resulta fundamental.

La aparición de estudios que intentan estimar las necesidades energéticas derivadas de la climatización data de mediados del siglo pasado. Dryar (1944) puede ser considerado el pionero en estudiar la influencia de la temperatura en la demanda de electricidad, así como el primer autor en introducir el concepto de la demanda base como aquella parte de la demanda que no se debe a las variables atmosféricas.

Para intentar predecir la demanda energética muchos autores optan por correlacionar las variables meteorológicas regionales, generalmente la temperatura o variables derivadas de ésta con datos de consumo energético. Los resultados en este tipo de metodologías son notables para el escaso grado de complejidad que exigen. En Valor et al. (2001) se obtuvo una función no lineal de predicción de la demanda de electricidad utilizando los grados-día calefacción como variable explicativa, presentando un error de estimación de $\pm 4\%$.

Como ejemplo, el análisis de la influencia del cambio climático en las necesidades de climatización en Andalucía, a escala de detalle territorial, modelo en el que utilizaron los grados-día refrigeración resultó todavía más preciso (error de estimación de $\pm 2\%$).

Los modelos más utilizados para analizar la influencia de la meteorología en la demanda energética son los denominados modelos econométricos, es decir, aquéllos que relacionan la demanda con factores externos, siendo la temperatura del aire uno de los más influyentes. Es muy habitual que los modelos no incluyan como variable explicativa a la temperatura en su forma original, sino expresada mediante la variable derivada grados-día, que expresa las acumulaciones de calor o frío por encima o debajo de un umbral de confort determinado.

La variable grados-día es, en efecto, frecuentemente utilizada en diferentes procedimientos de estimación de la demanda energética, tanto como factor explicativo en modelos econométricos, como manejada como indicador para estimar las necesidades de climatización de una región. Esta variable es la más habitual para expresar las desviaciones acumulativas de la temperatura exterior, respecto de una cierta temperatura neutra durante un periodo determinado.

Los establecimientos hoteleros, entre otros recursos, utilizan una notable cantidad de energía para suministrar los servicios y el confort que ofrecen a sus clientes. Es por ello

que los imperativos de control de la demanda y el ahorro de energía se convierten en compromisos que debe asumir el sector hotelero, donde existe todavía un gran potencial para el ahorro energético.

El polo turístico de Cayo Santa María será la sede oficial **de la Feria Internacional de Turismo del venidero año (FIT-Cuba 2018)**, una decisión que no resulta ni precipitada ni casual.

La preparación de la feria del próximo año romperá el récord de inversiones para este tipo de evento, ya que en un año se construirán seis nuevos hoteles en la ruta Santa Clara-Cayo Santa María". En Santa Clara, los hoteles Florida y Floreale; en Camajuaní, el Cosmopolitan; en Remedios, el Bauzá y el Leyenda; en Caibarién, el famoso Comercio, y en Sagua la Grande, el Hotel Sagua, todos operados bajo el sello de lujo Encanto y con categoría de cuatro estrellas, no solo ampliarán la capacidad de hospedaje del territorio, sino que tributarán a la modalidad, cada vez más popular, de turismo cultural y/o patrimonial, de gran demanda en el mercado europeo. A ello se añade la construcción de nuevas habitaciones y áreas recreativas en los hoteles La Granjita, América y Los Caneyes, de Santa Clara.

Por lo general, estos establecimientos no realizan un control riguroso del consumo energético, y en algunos casos no conocen al detalle las instalaciones energéticas del hotel. Por ello, aunque el consumo de energía es uno de los principales costos del establecimiento, buena parte de los hoteles presentan niveles de eficiencia energética relativamente bajos.

La entrada en vigencia de la norma ISO 50001 ha llevado al sector empresarial a su rápida implementación en los procesos productivos o de servicios. Este proceso se ha visto limitado en ocasiones por las dificultades en la definición adecuada de la Línea de Base Energética.

Problema de investigación:

No existen en las instalaciones hoteleras, tomadas como caso de estudio, línea base energéticas que permitan evaluar su gestión basados en la ISO NC 5001:2011.

Hipótesis:

Es posible lograr la Línea Base Energética en instalaciones hoteleras, teniendo en cuenta la variabilidad de factores externos, y de esta forma trabajar en la mejora de la gestión energética.

Objetivo general:

Evaluar la gestión de energía en instalaciones hoteleras en estudio utilizando la Línea Base Energética como instrumento de gestión.

Objetivos específicos:

1. Analizar el marco teórico de la investigación.
2. Determinar la temperatura base, por el método gráfico-analítico para los hoteles en estudio.
3. Evaluar la gestión de energía en instalaciones hoteleras, teniendo en cuenta la combinación de habitación día ocupada , factores climatológicos externos y los consumos de energía en el año 2016.
4. Proponer medidas para mejorar la gestión energética de las instalaciones en estudio.



Capítulo 1: Estado del arte

Capítulo I: Estado del arte

1.1. Generalidades

El sector del turismo, está caracterizado como uno de los de más rápido crecimiento en la economía global, la Organización Mundial del Turismo prevé un incremento anual del 3,3 % para el período 2010-2030, se estima que el sector tuvo una contribución del 5 % de las emisiones globales de dióxido de carbono en 2005. Una de las principales causas de esto es el uso intensivo de la energía necesaria para las actividades turísticas, especialmente la energía de origen fósil para el transporte internacional, transporte local, así como para proporcionar instalaciones y servicios de apoyo en los destinos visitados (Guerra, et al, 2016).

En el año 2011 varios países entre ellos Cuba, comenzaron a trabajar con la norma ISO 50001 como resultado de la traducción realizada por el Grupo de Trabajo del Comité Técnico ISO/PC 242, el cual se viene desarrollando desde su creación en el año 2011 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión de la energía. El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de la misma está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Se espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo: de un 20% o más en las instalaciones industriales. Dado que la norma está basada en una amplia capacidad de aplicación en todos los sectores económicos nacionales, se espera que afecte hasta un 60% de la demanda energética mundial. NC ISO 50001, 2011.

Esta Norma Internacional se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar –Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización, puede utilizarse para la certificación, el registro y la autodeclaración del Sistema de Gestión Energética de una organización. No establece requisitos absolutos del desempeño energético, más allá de los compromisos establecidos en la política energética de la organización y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por lo tanto, dos organizaciones que realicen actividades

similares, pero que tengan desempeños energéticos diferentes, pueden ambas cumplir con sus requisitos. NC ISO 50001, 2011.

La adopción de esta es altamente beneficiosa ya que permite lograr un grado de control, planificación y distribución de los recursos energéticos con una eficiencia de acuerdo a las necesidades de la humanidad. Es de vital importancia para las instituciones de cualquier tipo ya que su certificación coloca a las empresas en una posición privilegiada dentro del mercado internacional.

1.2 Aspectos generales de la norma ISO 50001

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. Especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético. Se puede aplicar a todas las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia. No establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía. Borroto, 2012

También, a sido diseñada para utilizarse de forma independiente pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión, es aplicable a toda organización que desee asegurar que cumple con su política energética declarada y que quiera demostrar este cumplimiento a otros. Esta conformidad puede confirmarse mediante una autoevaluación y autodeclaración de conformidad o mediante la certificación del sistema de gestión de la energía por parte de una organización externa. Borroto, 2012

La aplicación global de esta Norma Internacional contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, a mejorar la competitividad y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados. Es aplicable independientemente del tipo de energía utilizada y para la certificación, el registro y la autodeclaración del Sistema de gestión Energética de una organización. No establece requisitos absolutos del desempeño energético, más allá de los compromisos establecidos en la política energética de la organización y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por lo tanto, dos organizaciones que

realicen actividades similares, pero que tengan desempeños energéticos diferentes, pueden ambas cumplir con sus requisitos. ISO 50001, 2011; Borroto, 2012.

Esta norma está basada en los elementos comunes de las normas ISO de sistemas de gestión, asegurando un alto grado de compatibilidad principalmente con las Normas ISO 9001 e ISO 14001. Una organización puede elegir integrar esta Norma Internacional con otros sistemas de gestión, incluyendo aquellos relacionados con la calidad, el medio ambiente y la salud y seguridad ocupacional. ISO 50001, 2011.

1.2.1. ¿Qué es la UNE-ISO 50001?

Esta norma especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía en cualquier empresa independientemente del tamaño y sector al que pertenezca.

Es una norma elaborada por la ISO (Organización Internacional de la Normalización) que pretende poner a disposición de las organizaciones grandes y pequeñas, públicas y privadas, los requisitos normalizados para desarrollar sus sistemas de gestión de energía (SGE).

A través de estos medios de gestión energética, las empresas u organismos estatales toman las medidas para cumplir con unos objetivos de eficiencia determinados que pueden ser fijados por ellos mismos (por voluntad propia) o por las instituciones a las que se pretendan encomendar para obtener un certificado determinado (que no es obligatorio, al ser la norma de adopción voluntaria, pero que puede ser exigido para acceder a determinadas subvenciones, por ejemplo).

A diferencia de otras normas anteriores de la misma naturaleza (como la ISO-14001, con la que comparte más puntos en común que con ninguna), no pretende como objetivo principal reducir el impacto ambiental de la empresa, sino mejorar su eficiencia, siendo su intención primordial mejorar el aprovechamiento de los recursos energéticos (que cada vez son menos y se demandan más), a base de estudiar el consumo energético que se realiza y la manera de reducirlo empleando mejoras de la eficiencia con que se consumen. Que al final implica un menor impacto ambiental, es cierto, pero no es el objetivo primordial como podría ser interpretado.

Aplicabilidad de la norma ISO 50001

Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de forma sistemática

- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética
- Asegurar su conformidad con su política energética
- Demostrar esta conformidad a otros mediante la certificación de su sistema de gestión energética por una organización externa
- Mejoras comerciales: aumento de la competitividad, nuevos mercados (prioridad licitación)
- Reducción de costes: optimización del uso de recursos, disminución de la intensidad energética (consumo energético/PIB)
- Prevención de costes: Herramienta idónea para facilitar el cometido del Gestor Energético e implantación de actuaciones provenientes de auditorías energéticas

1.2.2. Desempeño energético. Norma NC ISO 50001:2011

La Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) es el desarrollador y promotor de normas internacionales más grande del mundo. ISO 50001 es el marco designado por la ISO para servir como proyecto, o establecer estrategias estandarizadas, para asistir a las organizaciones en mejorar las formas en que gestionan sus recursos energéticos. Proporciona beneficios medibles tanto a las organizaciones públicas como privadas en todo el mundo, y muchos expertos están de acuerdo en que tendrá una influencia dramática en el uso de la energía en el mundo y por consecuencia beneficiará a la sociedad.

La meta de esta norma es crear un sistema de gestión de la energía (SGEn) dentro de una organización que conduce a una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos nocivos al ambiente mientras se controlan los costos de la energía. Esta norma internacional establece las mejores prácticas para gestionar la energía. Aquellos que adoptan la ISO 50001 experimentarán ahorros económicos, mejora en la calidad y mitigación de riesgos, también sirve como un soporte funcional para los programas de sustentabilidad de las organizaciones.

1.2.3. Eficiencia energética de edificios

Según la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (2002/91/CE) la eficiencia energética de un edificio se define como: la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento

del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación. Dicha magnitud deberá quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía.

Factores que influyen en el consumo de energía de los edificios

Existen una diversidad de factores que influyen de forma directa en el consumo de energía en los edificios, tales como: variables climatológicas, socioeconómicas y demográficas, actúan directa o indirectamente sobre el patrón de la demanda de energía eléctrica. Algunos de estos factores reflejan cambios importantes en su consumo y en su producción; por lo tanto, la demanda de energía eléctrica se ve influenciado por esos factores, ejemplo de estas variables, se tiene: la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, las nevadas, el nivel de radiación solar, duración del brillo del sol, el índice de la comodidad, número de consumidores conectados, crecimiento de la población y el producto interno bruto.

El sector de los edificios está particularmente bajo presión: aproximadamente la mitad de los recursos mundiales son empleados para acondicionar el ambiente interior. El sector de la construcción es uno de los principales protagonistas de los problemas ambientales debido a la explotación de los recursos no renovables, el uso del suelo y el consumo de energía durante el ciclo de vida completo de un edificio. Urge-Vorsatz y Novikova (2006) afirman que durante el año 2004 sólo los edificios agotaron casi el 37% de la energía del mundo y esta cifra se prevé que alcance el 42 % en 2030. (Gálvez, 2013). Los principales factores que influyen en el consumo de energía y la eficiencia energética de los edificios son:

- El clima: la temperatura exterior, la radiación solar, el número de horas de sol, etc.
- La envolvente del edificio: las características térmicas de los cerramientos que constituyen la capa envolvente del edificio, como son las fachadas, ventanas, cubierta y suelo.
- Las condiciones de operación y funcionamiento del edificio: las que incluyen las funciones para las que está destinado el edificio, las condiciones de confort que hay

que mantener en su interior, el horario de funcionamiento, el número de ocupantes, la variabilidad de estos en el tiempo, los hábitos de los ocupantes, etc.

- El rendimiento de las instalaciones térmicas y de la iluminación: los rendimientos parciales de los equipos y los sistemas y la fuente de energía utilizada. La temperatura ambiente es el factor principal en la influencia del consumo en las edificaciones. ((Granados, 2010), (Senabre, 2009), (Marguie, 2013)) Según trabajo realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Madrid expone que en el caso de factores climáticos el principal elemento de importancia es la temperatura, que puede afectar a la demanda teórica hasta en un 12%. El uso del aire acondicionado en verano o la calefacción en invierno incrementa de manera significativa el volumen de energía eléctrica demandado. Según la literatura (Lloyd's, 1999), un incremento de tres grados en la temperatura provoca una variación de la demanda de energía del 10%. El mismo concluye que la pauta más clara de influencia de la climatología en el consumo aparece en el caso de la temperatura. Para reafirmar aún más la relación entre la demanda de electricidad y la temperatura, señalar que en el verano de 2003, la ola de calor provocó incrementos muy importantes en la demanda de electricidad en España. (Gálvez, 2013).

1.3. La gestión energética y la industria hotelera

Toda actividad humana supone, de una forma u otra, consumo de energía. Cuando se habla de consumo de energía, se piensa casi inmediatamente en los grandes complejos industriales, pero a todas las escalas el hombre utiliza energía para fines muy diferentes: confort térmico, transportación o alumbrado. A partir de la energía, el hombre modifica la naturaleza, fabrica productos elaborados, los distribuye y ofrece diferentes tipos de servicios a la sociedad. Dentro de la industria hotelera el consumo de energía es esencial para satisfacer las necesidades de los servicios que ofrece a sus clientes.

Las formas de energía que normalmente son utilizadas son la energía eléctrica y la energía térmica (producida directamente por Gas LP, diésel, carbón, gas natural, etc.). La eléctrica es la principal forma de energía utilizada en los hoteles de Cuba, esto debido a su uso en iluminación, ascensores, bombeo de agua, aire acondicionado, maquinaria eléctrica de cocinas, restaurante, lavandería, etc. Por otro lado, para complementar la demanda energética requerida en los hoteles, están los combustibles, los cuales se utilizan generalmente en la producción de agua caliente y para el suministro de la cocina.

Dentro de un hotel la distribución energética por tipo de servicio es uno de los puntos a tomar en cuenta ya que en los servicios con mayor consumo de energía requerido es donde la aplicación de técnicas de ahorro energético puede tener mejores resultados.

Según reporta Soriano, 2011 la demanda energética entre los principales equipos consumidores en hoteles cercanos a la costa con un clima cálido, se comporta como se muestra en las figuras 1.1 y 1.2, estos resultados pueden ser aplicados a hoteles en Cuba, pues las características climáticas son similares.

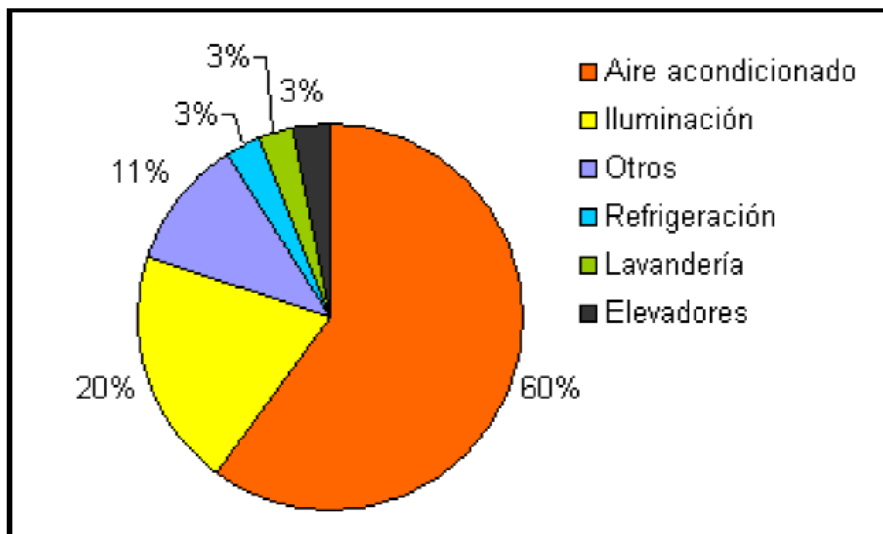


Figura 1.1 Distribución promedio de energía por tipo de servicio dentro de hoteles en México.

Fuente: Conuee, Agosto del 2002.

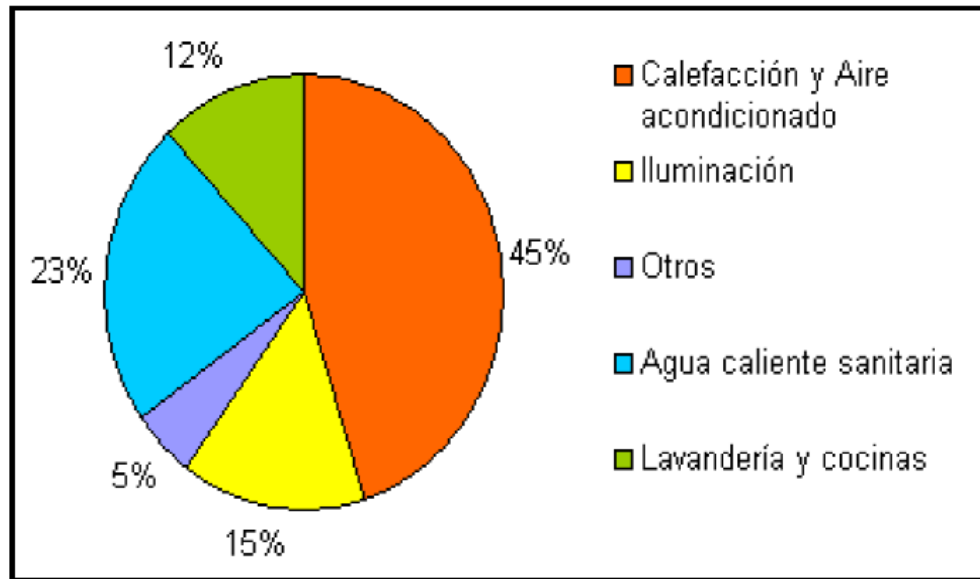


Figura 1.2 Distribución promedio de energía por tipo de servicio dentro de hoteles de la comunidad Valenciana.

Fuente: AVEN, Agencia Valenciana de la Energía.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores las áreas que consumen más energía eléctrica en un hotel son la climatización y el alumbrado. Para hoteles del Caribe en particular, el consumo de climatización puede representar alrededor de 65 % del total del consumo de electricidad, debido fundamentalmente a las altas temperaturas, mientras que el consumo en equipos de refrigeración representa alrededor de 14 %, el alumbrado 11 %, ventiladores y bombas 12 % y la producción de agua caliente 7 % aproximadamente.

Experiencias internacionales demuestran que una instalación hotelera que funcione eficientemente, desde el punto de vista energético, debe consumir entre 5 y 7 % de sus ingresos para cubrir los gastos energéticos, indicador que varía en función del tipo de hotel y la categoría que ellos posean, así como del tipo de servicio que se ha prestar.

En Cuba, en las cadenas Cubanacán, Gran Caribe Islazul y Horizontes, este indicador oscila entre 8 y 16 % y puede llegar hasta 20 % en hoteles que tienen una infraestructura muy atrasada y bajos niveles de comercialización.

1.4. El turismo en Cuba. Desarrollo en los últimos años

La industria del turismo en Cuba ha crecido significativamente en los últimos treinta años, con un aumento de más de 10 veces el número de visitantes, de trescientos mil en 1990 a más de tres millones de visitantes en 2014. También se ha producido una gran inversión al triplicar el número de habitaciones en uso, de 21 400 a más de 67 000 y se prevé llegar a 20 000 en 2020 (ONEI, 2015 a). El consumo de energía del turismo en Cuba también ha aumentado, de 409 GWh en 2009 a 494 en 2014, es el cuarto sector en la estructura de consumo del país, con aproximadamente el 8 % del consumo total del sector productivo (ONEI, 2015 b).

Estudios individuales se han realizado en los hoteles de Cuba destacando que, por lo general, cuentan con tecnologías no actualizadas, en ocasiones tienen un alto e irracional consumo en sus instalaciones y un bajo nivel de implementación de gestión energética, lo que se confirma por el hecho de que mientras a nivel mundial los costos de la energía en los hoteles normalmente ascienden del 3 al 6 % de los costos operativos generales, en los hoteles cubanos alcanzan entre el 8 y el 16 % y podrían ser mayores en instalaciones antiguas (Guerra et al., 2016).

El flujo turístico es por naturaleza estacional, a la inversa con el verano y las altas temperaturas, siendo para Cuba el mes de mayor arribo de turistas el de diciembre y el de menor arribo junio, la variación en cuanto al número de turistas indica que diciembre recibe, como promedio, entre el 166% y el 200% de turistas de lo que lo hace el mes de junio.

En general los picos máximos de turistas van de noviembre a marzo o abril. Coincidentes con la zafra azucarera en el país. Esta peculiaridad hace que, aunque en absoluto disminuya los factores ociosos en la economía, con el aumento de la actividad turística se acentúe en relativo su carácter cíclico o estacional y favorece a un menor consumo energético por habitación ocupada.

Un desarrollo turístico sostenible implica pasar de un desarrollo pensado solo en términos cuantitativos —basado en el crecimiento económico— a uno de tipo cualitativo, donde se establecen estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone avanzar simultáneamente en estos tres ámbitos, sin que el

avance de uno signifique ir en desmedro de otro. O sea, se puede hablar de “turismo sostenible” solamente cuando los destinos turísticos específicos se desarrollan y gestionan sobre bases sustentables.

Para el sector turístico cubano, 2017 deberá representar un crecimiento inclusivo que garantice la sustentabilidad mediante la innovación constante, como respuesta a los cambios del mercado y dinamice realmente la economía, manteniendo un equilibrio con lo ambiental y lo social, en que el país se apresta a recibir algo más de 4,2 millones de visitantes internacionales. Perelló, 2017.

En general, puede afirmarse que en la industria hotelera hay dos caminos para el uso racional de la energía: el primero orientado a la administración de la energía, el seguimiento y control del consumo de energía en los diferentes servicios y departamentos del hotel, la introducción de prácticas de producciones más limpias y medidas de ahorro energético, así como la correcta previsión de consumo y evaluación. Una segunda vía está enfocada a explorar las posibilidades de las nuevas tecnologías relacionadas con la mejora de la eficiencia energética de los equipos, el uso de sofisticados sistemas de control automático, integrar sistemas de gestión de energía al sistema de gestión de la empresa y el uso de fuentes de energía renovables. (Guerra et al, 2016).

A pesar de que los avances de Cuba en el uso racional de la energía y la eficiencia energética son reconocidos (Pérez et al., 2005; Cabello et al., 2014 y Suárez et al., 2012), todavía persiste un bajo nivel de gestión de la energía en las empresas y la implementación de sistemas de gestión resulta incipiente, de modo que hasta el momento ninguna compañía nacional ha sido certificada por la norma ISO 50001 (ISO, 2011). El sector turístico no es ajeno a esto y aunque todos los hoteles han implementado sistemas de gestión ambiental, las acciones de gestión energética siguen siendo primarias y enfocadas a acciones aisladas de eficiencia energética (Perdomo y González, 2013) y seguimiento mensual de indicadores destinados a evaluar el rendimiento energético de instalaciones.

1.5. Método Grados-día. Definición

Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación.

Los Grados día se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (generalmente un mes; aunque podrían ser semanales, o incluso horarios). Esta temperatura de confort es la temperatura base (TB) fijada. (Rodríguez y col, 2013).

1.5.1. Generalidades del uso de los Grados-día

Los **Grados día o Degree day** son muy importantes para calcular la demanda energética -tanto en frío como en calor- de un determinado sistema de climatización. Por ello es imprescindible conocer, usar y saber calcular este parámetro climático.

La variable grados-día se utiliza para cuantificar lo fría o cálida que es la temperatura exterior de un día respecto a una temperatura de base determinada, que es aquella en la que no se necesita climatizar los espacios. En la mayoría de estudios que utilizan esta variable, la temperatura exterior del aire que se tiene en cuenta es la temperatura media diaria, siempre que la disponibilidad de datos lo permita. De hecho, en algunos estudios se realizan estimaciones a partir de temperaturas medias mensuales (Badescu y Zamfir, 1998).

Los grados-día cuantifican la discrepancia o distancia entre la temperatura ambiente representativa de un período de tiempo y una cierta temperatura de referencia. Valor et al. (2001) apuntan que los grados-día son la diferencia entre la temperatura media diaria y una temperatura de referencia.

Los grados de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.) son la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base de los Grados día (16, 18, 20, 22, 25°C) y la temperatura media del día. Cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base, obtendremos los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior a la base, obtendremos los Grados día de enfriamiento. Así que podemos tener dos tipos de Grados día: de calentamiento o de enfriamiento.

1.5.2. Grados día de enfriamiento

Es un indicador del grado de rigurosidad climática de un sitio, ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para refrigeración. Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura máxima media del aire

exterior superior a una temperatura base de refrigeración, con respecto a este valor para todos los días del año.

Para su determinación es usual utilizar la siguiente expresión simplificada:

$$GD_e = \sum_{i=1}^n \frac{T_{m\acute{a}x} - TB_e}{2} * N_i * X_e \quad (1.1)$$

Donde:

TBe: temperatura base de refrigeración (20, 23, 25 °C)

Tmáx: temperatura máxima (diaria o mensual), °C

Ni: cantidad de días del mes considerado

Xe: coeficiente lógico que valdrá 1 cuando la temperatura máxima media sea mayor a la TBe y cero cuando sea menor.

Este indicador climático es utilizado por normas de varios países para clasificar el clima para uso en Eficiencia energética edilicia, limitar las cargas térmicas en refrigeración de los edificios, facilitar la determinación de cargas térmicas anuales o mensuales en refrigeración, entre otros.

1.5.3. Grados día de calentamiento

Los grados-día de calefacción constituyen una herramienta muy útil para tomar en cuenta las necesidades de conservación de energía de una localidad. Cuando se quiere utilizar los recursos energéticos renovables para el acondicionamiento térmico de edificios, es necesario contar con un balance térmico ajustado, de manera que el costo de los sistemas solares no sea excesivo y a la vez, sea suficiente para cubrir las necesidades de calefacción. (Fonte y Rivero, 2005)

$$GD_{cal} = \sum_{i=1}^n (TB_c - \frac{T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}}{2}) * N_i * X_c$$

(1.2)

Donde:

TBc: temperatura base de calefacción (16, 18, 20, 22°C)

Tmáx: temperatura máxima diaria o mensual, °C

Tmín: temperatura mínima diaria o mensual, °C

Ni: cantidad de días del mes considerado

Xc: coeficiente lógico que valdrá 1 cuando la temperatura media mensual sea menor a la T_{Bc} y cero cuando sea mayor.

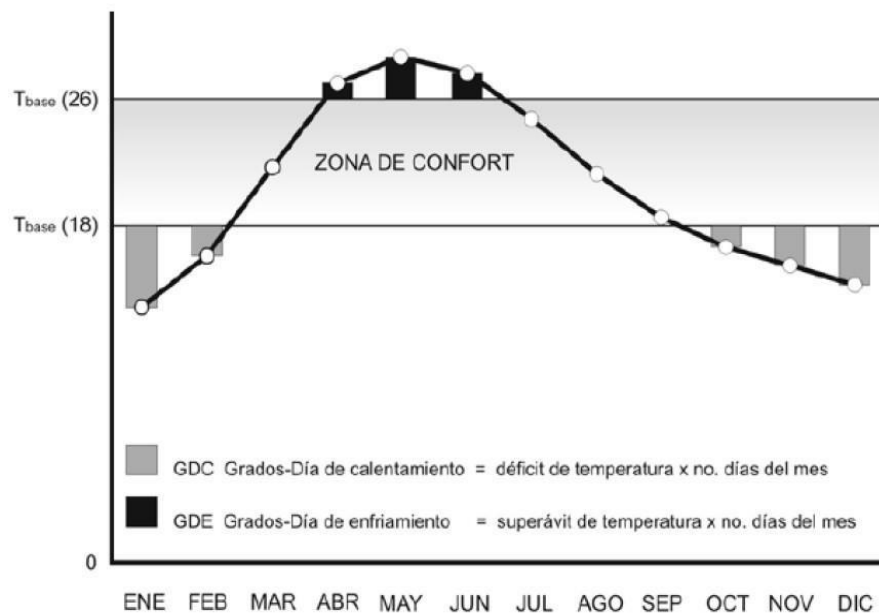


Figura 1.1 Diferencia entre Grados día de calentamiento y de enfriamiento a diferentes temperaturas bases.

1.5.4. La temperatura base

No existe en ninguno de los ámbitos de aplicación un claro consenso sobre cuál es la temperatura base más adecuada para el cálculo de los grados-día, en parte porque los requerimientos térmicos para cada fenómeno estudiado son distintos, algo que no impide que existan unos determinados estándares.

Según Artigas, (2016) tanta diversidad de temperaturas base puede resultar cuanto menos sorprendente, sobre todo teniendo en cuenta que la temperatura de confort de un ser humano a otro no debería presentar diferencias de tantos enteros, por mucho que exista un mecanismo de adaptación al medio. Este hecho no ha pasado desapercibido para algunos autores. (Fonte y Rivero, 2005), en su estudio en la provincia de Camagüey (Cuba), observaron que la temperatura base es sensiblemente inferior a medida que se aumenta de latitud; de hecho, constatan una diferencia de más de 8°C con las temperaturas estándares de países como Reino Unido o España. En realidad, plantea Artigas, (2016) esta comparación que establecen es errónea, puesto que la temperatura de base de ambos países europeos es un único valor estándar, válido esencialmente para los grados-día de calefacción, y en cambio la temperatura base que ellos han

calculado para la región (23,6°C) se refiere a las necesidades de refrigeración. En cualquier caso, sí parece claro lo aconsejable de utilizar diferentes temperaturas base dependiendo de las características climáticas de las áreas de estudio.

Pese a que la temperatura es una variable continua en el tiempo, la temperatura media diaria calculada por el procedimiento clásico $((T_{\max} + T_{\min})/2)$ no presenta diferencias significativas respecto a su cálculo mediante más registros diarios (World Meteorological Organization), como sería el caso de los datos recogidos por estaciones meteorológicas que ofrecen registros cada cierto tiempo. En el caso de muchos estudios la preferencia por el método clásico se justifica, además, por la mejor disponibilidad de datos (Quayle y Díaz, 1979). No obstante, y aunque mayoritariamente el cálculo de los grados-día se efectúa a partir de la temperatura exterior media del aire diaria, existen procedimientos que intentan hacer un seguimiento continuo de la temperatura a lo largo de todo el día. Los grados-día, entonces, pasarían a determinarse calculando primero los grados-hora, y luego sumándolos y dividiendo el resultado por 24. Obviamente, esta metodología podría aplicarse para cualquier número de registros –periódicos- diarios.

1.5.5. Métodos para calcular los Grados Día

Los grados de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.) son la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base de los Grados día (16, 18, 20, 22, 25°C) y la temperatura media del día. Cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base, obtendremos los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior a la base, obtendremos los Grados día de enfriamiento. Así que se pueden tener dos tipos de Grados día: de calentamiento o de enfriamiento. . (Rodríguez y col, 2013).

La literatura reporta varios métodos de cálculo de los grados-día mensuales con temperatura base variable, seleccionar uno u otro depende fundamentalmente de los parámetros climatológicos y de si está disponible o no esta información para una determinada región. Para el caso específico del cálculo de los grados-día mensuales con temperatura base variable, se destacan los métodos propuestos por Erbs (1983), Hitchin (1983) y Schoenau y Kehrig (1990), estos autores, proponen modelos que utilizan como variables de entrada la temperatura media mensual y la desviación estándar de las temperaturas medias diarias.

El método de Schoenau y Kehrig resulta una buena elección para el cálculo de los grados-día mensuales de calentamiento y enfriamiento con temperatura base variable, debido a que reporta errores cuadráticos medios que oscilan dentro de los 3 °C/día, siempre que se cuente como variable de entrada con el valor real de la desviación estándar de las temperaturas medias diarias para el mes. Estos errores resultan pequeños comparados con los alcanzados con la aplicación de otros modelos. El método propuesto por Schoenau y Kehrig es un método elegante y compacto, pero no logra mantener en lo fundamental las características de la ecuación original utilizada para el cálculo de los grados-día, requiere del conocimiento de solo dos variables la temperatura media mensual y la desviación estándar de las temperaturas medias diarias para el mes. Las estaciones meteorológicas no tienen como norma, reportar los valores de la desviación estándar de las temperaturas medias diarias para el mes, por lo que ese parámetro se debe estimar en la mayoría de las aplicaciones.

Rodríguez Santos propone para el cálculo de los grados-día de calentamiento y enfriamiento con temperatura base variable, un modelo que se concreta en nueve ecuaciones y a diferencia del método de Schoenau y Kehrig y de otros métodos mencionados, no toma como variable de entrada la desviación estándar de las temperaturas medias diarias para el mes, sino que, utiliza en su defecto el parámetro (Z), definido por el autor y que resulta específico para la región geográfica que se analiza.

La utilización de este método ha sido reportado recientemente por González, 2016 donde al realizar una comparación con los valores de Grados días obtenidos con los valores meteorológicos reales de la ciudad de Santa Clara, se obtuvo una diferencia de error mínima lo que confirma que el método desarrollado por Rodríguez Santos es efectivo para este cálculo.

Además González, 2016 plantea que este método tiene como ventaja que utiliza como variable de entrada la temperatura media, la temperatura mínima y la temperatura máxima de las temperaturas medias diarias para el mes y el parámetro (Z) definido por la ecuación lo que desecha la necesidad de utilizar la desviación estándar como parámetro de entrada. Este modelo no distorsiona la fórmula general para el cálculo de los Grados día.

1.6. Conclusiones parciales

1. El marco regulatorio relativo a como establecer las mejores prácticas para gestionar la energía, está definido en la Norma Cubana, NC ISO 50001:2011.
2. Se plantearon las bases teóricas de los aspectos fundamentales del método Grados-Día, haciendo énfasis en su aplicación en el cálculo de rendimientos de sistemas de refrigeración para lograr un funcionamiento energéticamente eficiente.



Capítulo 11: Métodos de cálculo

Capítulo II: Descripción de los métodos de cálculo utilizados

2.1 Modelación del comportamiento energético de instalaciones

En la literatura consultada se han encontrado varios reportes de estudios donde se analiza y predice el uso de la energía mediante una correlación entre las facturas eléctricas por uso de este servicio público y datos meteorológicos u otros factores determinantes. Esta práctica comenzó con el método PRISM del cálculo del grado-día de base variable de Fels (1986) que analizó el consumo de energía residencial. Esta práctica ha evolucionado con el tiempo ya se utilizan modelos de mínimos cuadrados ordinarios y se adoptan enfoques más complicados con el uso de las redes neuronales artificiales. Una de las formas más rentables y eficaces para modelar el comportamiento energético base es mediante un simple modelado estadístico inverso. Golden, 2014. Sin embargo, se ha demostrado que los métodos más complicados proporcionan una precisión estadística ligeramente más alta, incluso si faltan las bases físicas detrás del modelo.

Los métodos de energía base presentados en la literatura están separados por dos ideas básicas comúnmente utilizadas: modelos directos y modelos inversos. Los modelos de avance, como las simulaciones de edificios calibrados, están diseñados para resolver el "problema hacia adelante". Es decir, los modelos directos son los más adecuados para diseñadores interesados en calcular las cargas máximas y medias en un edificio basado en las entradas de diseño. Sin embargo, el modelo inverso, como el análisis de regresión controlado por datos, puede alternativamente ser usado para resolver el "problema inverso". Es decir, se puede aprender acerca de las características del edificio o de la instalación determinando un modelo base de consumo de energía fundamentado en la energía observada o medida obtenido de facturas de servicios públicos o cualquier otro sistema de gestión.

Se puede especular que los modelos inversos son ventajosos sobre los modelos directos cuando se determina un modelo de consumo de energía base de una instalación existente. Los modelos directos requieren a menudo la recreación de un proyecto de modelado de edificios. Esto requiere mucha información sobre el edificio que se debe obtener de los propietarios de las instalaciones o constructores de edificios, que puede ser incorrecta o completamente imposible de obtener. Además, el tiempo requerido para el análisis es mucho mayor, e incluso puede requerir más habilidad. Por otra parte, los modelos inversos simples se pueden crear directamente de los datos del tiempo fácilmente disponibles y de las cuentas de servicio público que pueden ser

proporcionados sin esfuerzo por las compañías de servicio público. No hay duda de que cada uno de estos métodos poseerá algún tipo de error derivado del mal uso de la aplicación del modelo, los errores de predicción del modelo y las variables de correlación incorrectas; pero, corresponde al investigador determinar el método relevante para la especificidad del modelo deseado y la cantidad de error.

En este trabajo se utilizará los modelos de regresión polinómicos inversos.

2.1.1. Herramientas utilizadas

Diagrama de Pareto.

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. Esta herramienta tiene como utilidad identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos de la fábrica; determinar la efectividad de una mejora comparando los paretos anteriores y posteriores a la mejora.

Gráfico de consumo de Energía y Producción en el Tiempo.

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

Diagramas de Consumo – Producción.

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso. Este gráfico de Energía contra Producción puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión.

Gráfico de dispersión

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

Partiendo de todo lo anterior a continuación se describe el modelo utilizado para el cálculo de los grados días de enfriamiento, que de acuerdo a lo analizado en el capítulo I se propone utilizar el método desarrollado por Rodríguez Santos, 2016.

2.2 Modelo para el cálculo de los Grados días mensuales de refrigeración con temperatura base variable

Los grados-días son esencialmente la suma de las diferencias de la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria exterior. La temperatura de referencia que se conoce como la temperatura base, es diferente para cada edificación, es una temperatura del punto de equilibrio, es decir, la temperatura exterior en el que los sistemas de calentamiento o enfriamiento, no necesitan funcionar con el fin de mantener condiciones de confort. Cuando la temperatura exterior sea superior a la temperatura base, el sistema de climatización debe proporcionar frío. Dado que la ganancia de calor de un edificio es directamente proporcional a la diferencia entre la temperatura exterior e interior, se deduce que el consumo energético de un edificio con climatización durante un período de tiempo debe estar relacionado con la suma de estas diferencias de temperatura en este período. El plazo habitual es de 24 horas, de ahí el término grados-días, pero es posible trabajar con horas grados. (grados-día, de hecho, significa horas grados, o grados-horas dividido por 24). (CIBSE, 2006)

El modelo para el cálculo de los grados-día mensuales de enfriamiento y/o calentamiento con temperatura base variable desarrollado por los investigadores del CEETA, se sintetiza en el uso de siete expresiones. Se establecen como variables de entrada tres parámetros: la temperatura media mensual t_m , la temperatura media mínima mensual t_{min} y la temperatura media máxima mensual t_{max} de las temperaturas medias diarias para un periodo de tiempo de un mes. Con estas variables se define el parámetro adimensional ζ expresado por la ecuación 2.1.

$$\zeta = t_m / t_{m\acute{a}x} - t_{m\acute{i}n} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Se asumen dos intervalos posibles de variación de la temperatura base t_b ,

- Primer intervalo. $t_b \leq t_{m\acute{i}n}$
- Segundo intervalo. $t_{m\acute{i}n} \leq t_b \leq t_{m\acute{a}x}$

Para cualquiera de los dos intervalos los grados-día de enfriamiento se calculan por la expresión (2)

$$GD_{me} = N(\theta_{mee} - T_b) \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

dónde:

GD_{me} : Grados-día mensuales de enfriamiento.

θ_{mee} : temperatura media mensual equivalente de enfriamiento.

T_b : temperatura base.

N : número de días del periodo correspondiente, $N = N_{mes}$ cuando el período de tiempo se considera para un mes.

La temperatura media mensual equivalente de enfriamiento θ_{mee} debe ser determinada para cada intervalo.

Para el primer intervalo ($t_b \leq t_{m\acute{i}n}$) su valor se toma constante e igual a la temperatura media mensual t_m .

Para el segundo intervalo ($t_{m\acute{i}n} \leq t_b \leq t_{m\acute{a}x}$), el término θ_{mee} se calcula, mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_{mee} = (t_{mee} - t_{m\acute{a}x})e^{Z_e(t_{mee} - t_m)} + t_{m\acute{a}x} \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

En la ecuación (2.3) se deben sustituir la variable t_{mee} y la constante Z_e

La variable t_{mee} se determina según la expresión (2.4) para los diferentes valores que puede asumir la temperatura base t_b :

$$t_{mee} = (t_b - t_{m\acute{i}n}) \left(\frac{t_{m\acute{a}x} - t_m}{t_{m\acute{a}x} - t_{m\acute{i}n}} \right) + t_m \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Para el cálculo de la constante Z_e a sustituir en (2.3), se debe determinar el parámetro θ_{mee} por la expresión (2.6) y sustituir su valor en (2.5) y t_{mee} por la ecuación (2.4), (en este caso para el valor de temperatura base t_b igual a la

temperatura media mensual t_m), valor así calculado de t_{mee} se sustituye en (2.5) y (2.6).

$$Ze = \frac{\ln \frac{\theta_{mee} - t_{\max}}{t_{mee} - t_{\max}}}{t_{mee} - t_m} \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

$$\theta_{mee} = t_{mee} - Z \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

Los valores del parámetro Z que aparece en la expresión (2.6) se obtienen a partir de la expresión (2.7). Donde el término ζ fue definido en la ecuación (2.1), los coeficientes A y B se determinan a partir de datos de variables climatológicas de una determinada región.

$$Z = A\zeta^{-B} \quad \text{Ecuación (2.7)}$$

A manera de ejemplo, los coeficientes A y B fueron determinados para la región de Santa Clara, Cuba, a partir de datos de variables climatológicas obtenidas por la estación agrometeorológica del Yabú para un período de cinco años, obteniéndose como resultado $A = 2,399$ y $B = 0,812$

Los grados-día mensuales de calentamiento (GD_{mc}) se obtienen por la expresión (8).

$$GD_{mc} = GD_{me} - N(t_m - t_b) \quad \text{Ecuación (2.8)}$$

2.3 Análisis para determinar la temperatura base mediante Excel

La clave para una evaluación fiable mediante el método de los grados-días, se encuentra en la definición de la temperatura base. Dicha temperatura será definida en este epígrafe pero solo para el caso de la refrigeración debido a que en Cuba predominan las condiciones tropicales del clima.

El método que se aplica a continuación es un método grafo-analítico, donde se analizan diferentes temperaturas bases. El mismo consiste en determinar la temperatura base mediante la relación que existe entre los consumos de energía y los Grados-días por medio de un gráfico de dispersión. Con esta relación se obtiene una curva de tendencia que muestra una ecuación polinómica de orden dos ($Y = \alpha'x^2 + \alpha x + \beta$). Esta curva de tendencia tiene tres componentes importantes: su pendiente (α) y su

intersección con el eje vertical (β). La pendiente expresa que tanta energía se utiliza en el espacio en función de las condiciones climáticas representadas por los grados-días. Si se considera exclusivamente el consumo de energía para la climatización, sería de suponer que a cero grados-días no habría consumo de energía, siendo este igual a cero. Esto significa que la intersección de la línea en el eje de las ordenadas es el consumo de energía debido a usos no relacionados con la climatización (β) (iluminación, equipos eléctricos, etc.). El coeficiente (α) determina cual es la temperatura base real, porque a medida que dicho coeficiente se acerque más a cero, más exacta será dicha temperatura, siempre y cuando exista una alta correlación entre los consumos de energía y los grados-días. Todo esto se aplica para un período de tiempo determinado.

2.4 Determinación de la Línea de base energética

La línea de base energética se construye mediante un gráfico de consumo de energía versus la producción. El Ministerio de Turismo cubano (Mintur) considera como variable significativa o de producción para el sector hotelero, las habitaciones días ocupadas (HDO). Este indicador es ampliamente utilizado internacionalmente y resulta efectivo en países fríos, donde la calefacción de los locales se realiza a partir de otros portadores energéticos y el consumo de electricidad no depende directamente de las condiciones climáticas (Cabrera et al., 2004). En los hoteles de Cuba, debido fundamentalmente a las altas temperaturas, el consumo energético de la climatización es determinante (alrededor del 65 % del total del consumo de electricidad) y, por tanto, la variable climática o estacional adquiere gran valor. Teniendo en cuenta esto, se utilizará el ajuste de la HDO con grados días (DG), determinados a partir de la temperatura base previamente calculada.

2.5 Determinación de los grados días para temperatura base variable en el año 2016

Para el cálculo de los grados días, se parte de buscar los valores de la temperatura media mensual máxima y mínima para el año 2016. **Bibliografía**. Ver tabla 2.1.

Tabla 2.1. Reporte de temperaturas de la ciudad de Santa Clara para el año 2016.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T _{máx}	25.68	25.45	29.10	29.77	31.16	31.27	31.68	31.35	31.30	28.74	26.77	26.50
T _{mín}	16.81	14.69	18.42	18.43	20.81	22.57	23.26	23.16	22.67	21.26	16.97	15.80

T'm	20.58	19.34	23.28	23.65	25.69	26.70	27.30	27.07	26.78	24.62	21.25	20.49
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A continuación se presenta en la tabla 2.2 los resultados obtenidos de los grados días para una temperatura base variable. Estos cálculos fueron realizados en Microsot Excel utilizando el método de Rodríguez Santos, después se conforma la tabla 2.2 donde aparecen reportados para todos los meses los grados días a diferentes temperaturas base. Estos valores se utilizan para determinar la temperatura base real para cada caso de estudio analizado.

Tabla 2.2. Resultados del cálculo de los grados días para diferentes temperaturas base.

Tb	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
Enero							3,35	-4,57	-5,76	-1,12	8,59	22,68	40,54	61,65	85,53	111,8	140,0	169,9	201,3	233,8	267,3	301,6	336,5
Feb.						18,48	4,99	-2,86	-5,64	-3,91	1,84	11,18	23,69	39,02	56,85	76,87	98,83	122,5	147,6	174,1	201,6	230,2	259,5
Marzo				-0,34	-1,42	1,72	8,65	19,00	32,42	48,61	67,27	88,15	111,0	135,6	161,8	189,4	218,2	248,1	278,9	310,5	342,9	375,9	409,5
Abril			0,81	-1,1	0,85	6,30	14,93	26,44	40,56	57,04	75,65	96,19	118,5	142,3	167,5	193,9	221,6	250,2	279,6	309,9	340,8	372,3	404,4
Mayo			0,89	5,87	14,34	25,98	40,45	57,49	76,82	98,20	121,4	146,3	172,7	200,3	229,1	258,9	289,6	321,1	353,3	386,0	419,3	453,1	487,2
Junio		-0,23	1,92	8,39	18,68	32,35	48,98	68,23	89,77	113,3	138,6	165,4	193,5	222,8	252,9	283,9	315,7	348,0	380,8	414,0	447,5	481,3	515,2
Julio	0,65	0,40	5,01	13,9	26,58	42,58	61,48	82,93	106,6	132,2	159,4	188,2	218,1	249,1	280,9	313,6	346,9	380,7	414,9	449,5	484,3	519,3	554,5
Agosto	2,14	4,8	11,47	21,7	34,83	50,45	68,37	88,35	110,2	133,7	158,7	185,1	212,7	241,4	270,9	301,4	332,6	364,5	396,9	429,9	463,3	497,1	531,2
Sept.		-0,22	2,14	8,82	19,33	33,20	50,05	69,50	91,23	114,9	140,4	167,4	195,6	224,9	255,3	286,4	318,3	350,6	383,5	416,7	450,3	484,1	518,1
Oct.			11,57	1,40	-1,52	1,81	10,51	23,83	41,09	61,72	85,21	111,1	139,0	168,7	199,7	231,9	265,0	298,9	333,4	368,3	403,6	439,1	474,7
Nov.						1,65	-3,29	-3,00	1,91	10,92	23,56	39,40	58,05	79,17	102,4	127,6	154,5	182,7	212,1	242,7	274,1	306,2	339,0
Dic.							-2,76	-4,45	-1,46	5,69	16,58	30,79	47,95	67,74	89,85	114,0	140,0	167,6	196,5	226,7	257,9	290,1	322,9

2.6. Conclusiones parciales

1. Los métodos aquí reportados son sencillos y de fácil aplicación para realizar la evaluación de la gestión energética en instalaciones hoteleras.
2. Se reportan los resultados de los grados día para temperaturas base variables para el año 2016, utilizando el método reportado por especialistas del CEETA, lo que será utilizado para la determinación de la temperatura base para cada caso de estudio.

Capítulo III: Gestión energética en hoteles. Casos de estudio: hotel Los Caneyes y hotel América

3.1. Caso de estudio. Caracterización general y datos principales de la entidad, hotel Los Caneyes

El hotel Cubanacan Los Caneyes o Los Caneyes, como comúnmente se le conoce, tiene un tiempo de explotación de 51 años, en la actualidad tiene la categoría de tres (3) estrellas, administrado por el Grupo de Turismo Cubanacan, las construcciones del hotel imitan viviendas de la Cuba pre-colombina por la forma de sus viviendas, confortables cabañas a modo de caneyes. Está ubicado a 2 km del centro de la ciudad de Santa Clara, provincia Villa Clara, Cuba.

Fue idea del comandante en jefe “Fidel Castro Ruz” de construir un “Motel” con apariencia de una aldea india. Esta idea fue transmitida al compañero Arnaldo Milián Castro, secretario del PCC en la provincia llamada en aquel entonces “Las Villas”. El Motel “Los Caneyes” quedó inaugurado el 15 de febrero de 1966 como saludo a los delegados que asistieron a la Conferencia Tricontinental y que visitaron la provincia de “Las Villas”.

3.1.1. Características generales del Hotel

El edificio principal está localizado en el centro de la instalación y cuenta con diferentes áreas para la atención directa al cliente, con servicios básicos, dispone de 95 habitaciones estándar habilitadas con aire acondicionado, baño, corriente de 110v, teléfono y TV por cable.

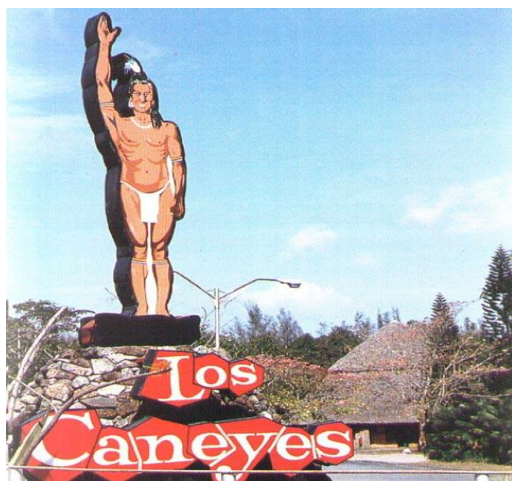


Figura 3.1. Logotipo identificador.

Como se mencionó el hotel está ubicado a las afueras de la ciudad de Santa Clara, las 95 habitaciones están diseminadas por el área que ocupa el conjunto hotelero, son cabañas aisladas que les permiten privacidad e independencia a los huéspedes, como se puede apreciar en la figura 3.2.



Figura 3.2. Vista aerea de la ubicación del hotel Los Caneyes.



Figura 3.3. Cabaña del bar y el Cabaret.

Todas las estructuras en su cubierta superior tienen un techo de guano lo que debe favorecer en alguna medida el balance energético de las instalaciones.

3.1.2. Caracterización energética del Hotel Los Caneyes

Para realizar la caracterización de esta entidad hotelera se utilizan herramientas estadísticas que permiten analizar el desempeño energético mediante indicadores cuantitativos, los datos son tomados del Informe de consumo de Portadores energéticos del hotel hotel Los Caneyes, 2016.

Principales portadores energéticos utilizados en el año 2016.

Los principales portadores energéticos son la energía eléctrica, gas licuado del petróleo, gasoil, y diésel.

Tabla 3.1. Tabla resumen del consumo de portadores energéticos del hotel Los Caneyes, año 2016.

No	Portador	UM	Consumo Anual	Factor de conversión	TCC	%
1	Electricidad	MW-h	858	0.3520	302.02	90.761
2	GLP	T	10.145	1.1631	11.80	3.546

3	Gasoil	T	8.288	1.3576	11.25	3.382
4	Diésel	T	8.012	1.0534	7.89	8.17228

En la tabla 3.1, se muestra la comparación entre el consumo de los diferentes portadores energéticos en el año 2016, donde se refleja en toneladas convencionales de combustible (TCC) los diferentes valores que alcanzaron estos portadores energéticos y el porcentaje que representan. Estos registros de consumo de los portadores energéticos fueron suministrados por la dirección técnica del hotel Los Caneyes, a continuación se presentan las gráficas donde se observa con mayor claridad la comparación de estos valores.

El autor presenta además el diagrama de Pareto el cual refleja el comportamiento de los portadores energéticos en toneladas convencionales de combustible (TCC) y en %.

Al realizar un análisis del consumo de estos portadores energéticos se observa que la energía eléctrica representa casi la totalidad del consumo pues alcanza un 90%, seguido por el GLP 4%, el gasoil con un 3% y el diésel con solo un 2%, de igual forma se observa en el diagrama de Pareto.

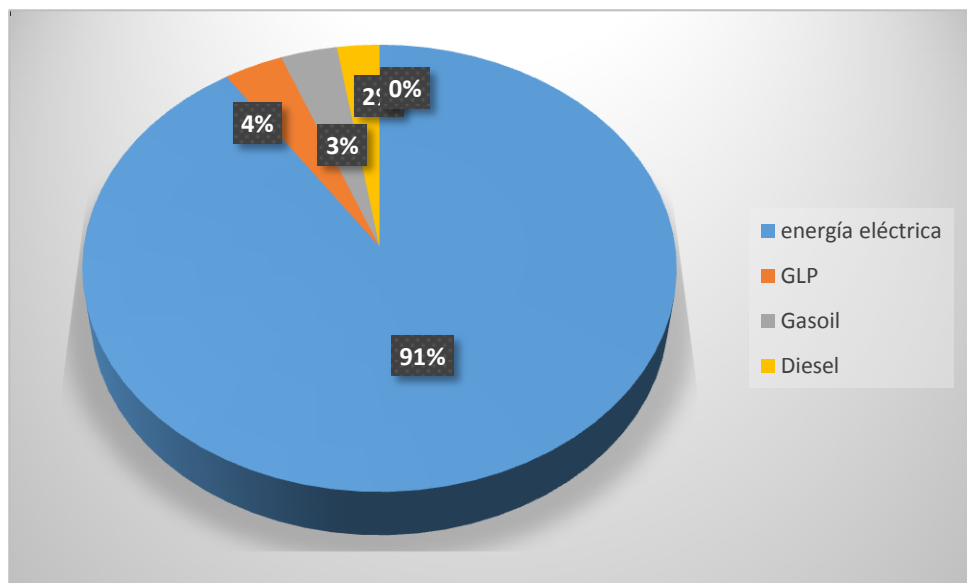


Figura 3.4. Comportamiento del consumo de los portadores energéticos en %, hotel Los Caneyes, año 2016.

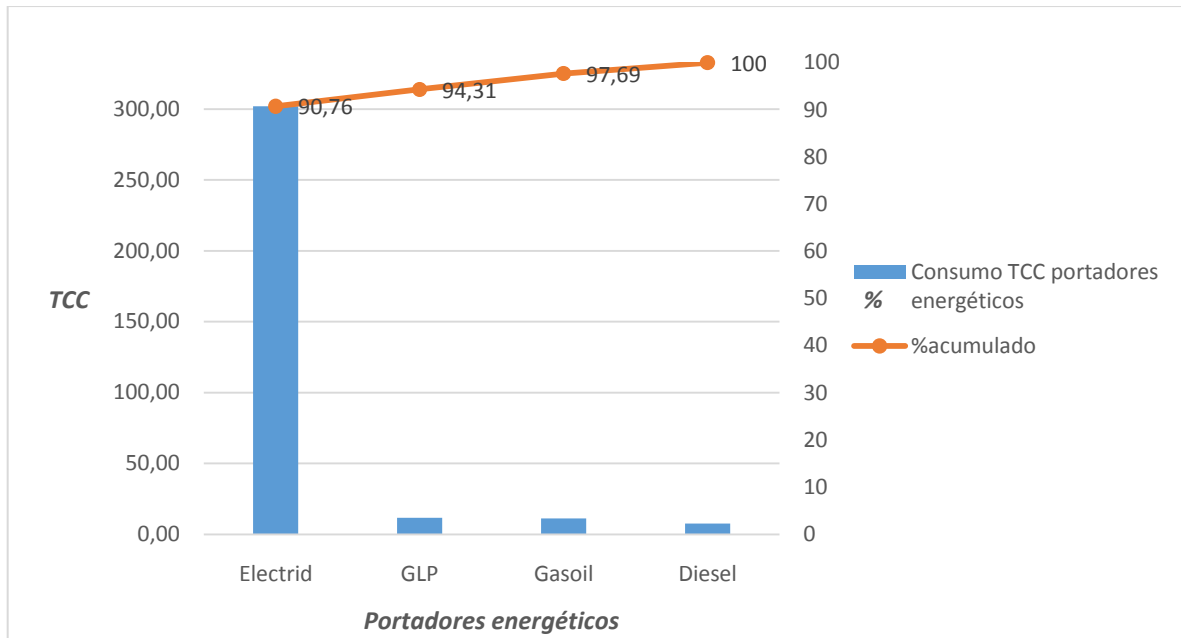


Figura 3.5. Diagrama de Pareto, portadores energéticos en TCC del hotel Los Caneyes, año 2016.

Consumo energético del Hotel Los Caneyes en el período comprendido de enero-diciembre del 2016.

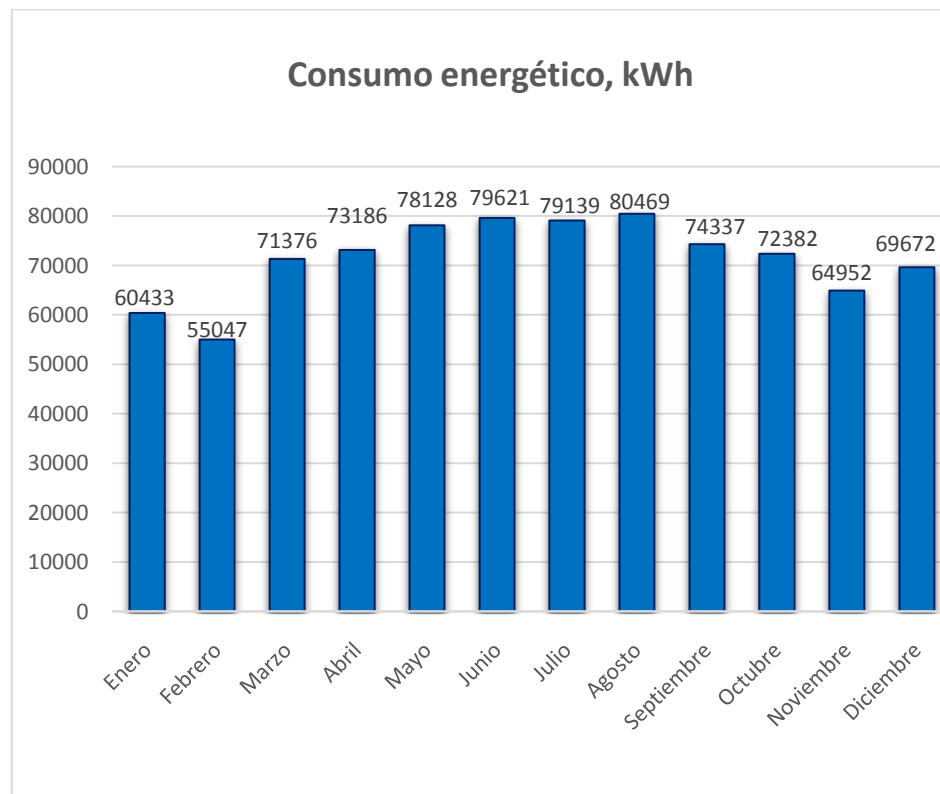


Figura 3.6 Consumo energético en kWh del hotel Los Caneyes, año 2016.

En el gráfico anterior se observa como varían los consumos energéticos para un período determinado de un año. La energía eléctrica es el portador energético de mayor consumo, siendo los meses de mayo a agosto los más consumidores, coincidiendo con los meses de verano, donde el consumo aumenta debido al incremento de la temperatura en la isla y la necesidad de una mayor explotación de los equipos de climatización y refrigeración; equipos altamente consumidores; además los meses de julio y agosto es la etapa vacacional que incrementa también la afluencia de veraneantes a las instalaciones turísticas.

3.1.3. Determinación de la temperatura base real (T_b) para el hotel Los Caneyes

El método que se aplica para determinar la temperatura base es como se explicó en el capítulo II un método gráfico-analítico. Se fueron correlacionando los consumos de energía y los grados días para cada una de las temperaturas base por medio de los gráficos de dispersión y de la curva de tendencia obtenida (polinomio de orden dos) y se obtuvo la temperatura base real cuando el coeficiente (α) dio más cercano a cero y el coeficiente de correlación el mayor valor.

A continuación, a modo de ejemplo, se presentan las figuras donde se reportan los resultados de las correlaciones obtenidas para varias T_b , ver figuras de la 3.7 a la 3.9 para el hotel Los Caneyes.

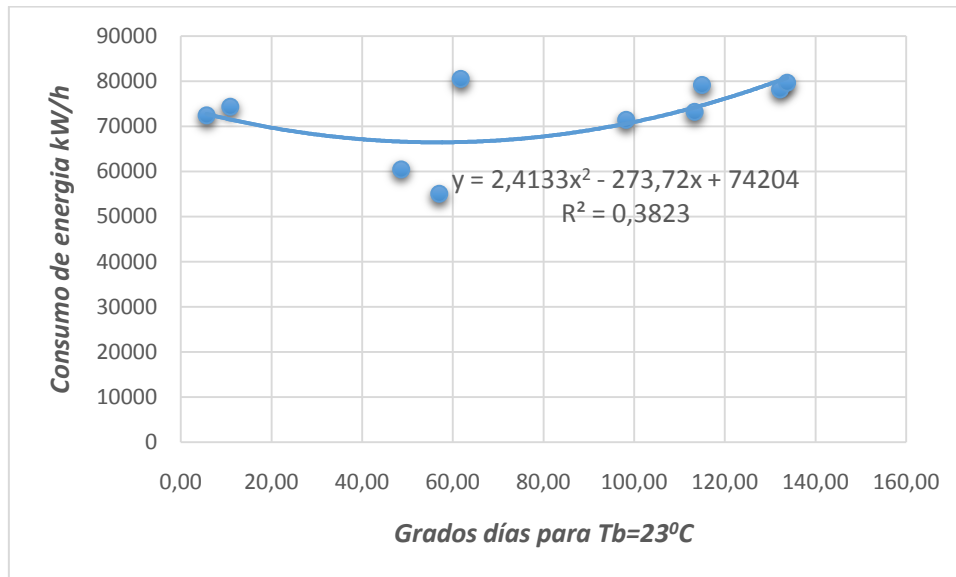


Figura 3.7. Consumo de energía vs grados días para T_b de 23°C .

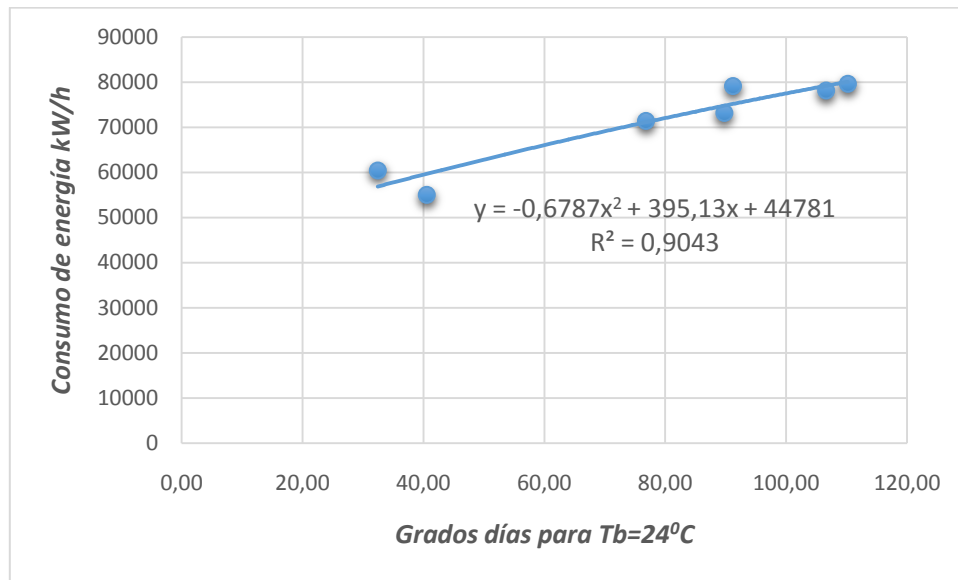


Figura 3.8. Consumo de energía vs grados días para T_b de 24°C .

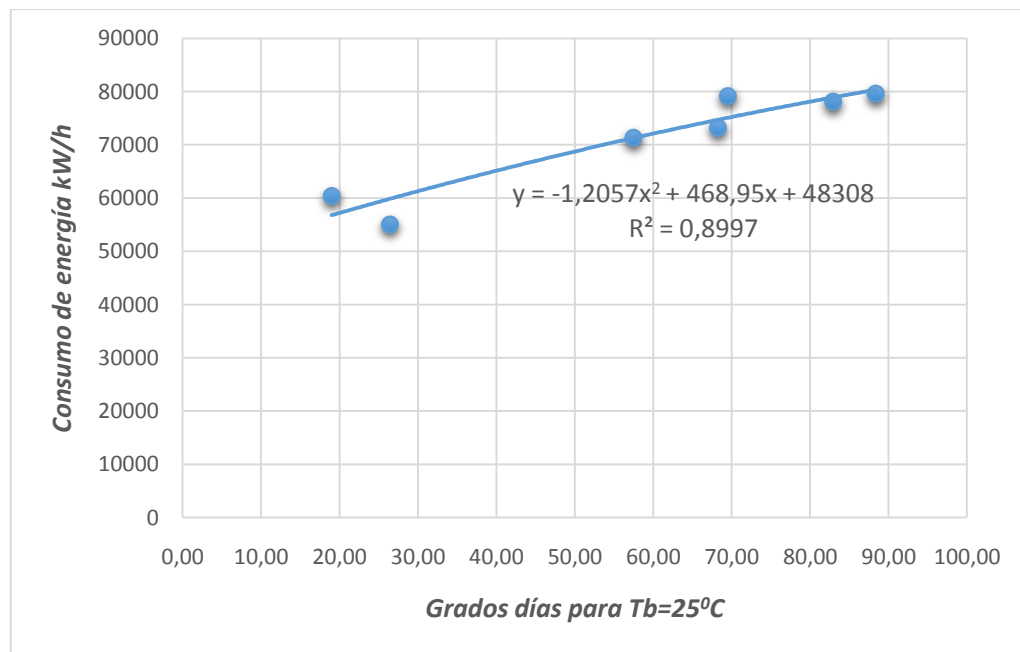


Figura 3.9. Consumo de energía vs grados días para T_b de 25°C .

Como puede observarse la T_b real es de 24°C obteniéndose un coeficiente de correlación de 0,9043, ver figura 3.8.

3.2.4. Definición de la línea base energética en el hotel Los Caneyes, Santa Clara, Cuba

Como parte de la aplicación de la NC-ISO 50001, durante la fase de verificación, se hace necesario contar con herramientas que posibiliten la acción de control de consumo y eficiencia energética. Para ello la norma ISO 50001 propone como primer elemento la definición de la Línea de Base Energética

Los datos que se presentan en la Tabla 3.4 corresponden a los consumos de energía (kWh), ocupación habitacional (HDO) y grados días (DG) del hotel “Los Caneyes” ubicado en una región tropical, donde el efecto del clima tiene una fuerte incidencia en el consumo energético.

Tabla 3.4. Datos de consumo energético, habitación día ocupado (HDO) y los grados días (DG) correspondientes a un año de explotación.

Meses	Consumo kWh	GD para Tb 24	HDO
Enero	60433		2709
Febrero	55047		2647
Marzo	71376	32.424	2856
Abril	73186	40.556	2641
Mayo	78128	76.817	2668
Junio	79621	89.772	2150
Julio	79139	106.600	2223
Agosto	80469	110.192	2200
Septiembre	74337	91.227	1694
Octubre	72382	41.093	2447
Noviembre	64952	1.907	2894
Diciembre	69672		1958

La obtención de la Línea Base Energética para la instalación hotelera puede quedar definida relacionando el consumo energético con la principal variable de trabajo del hotel, que es la ocupación habitacional.

En la figura 3.9 se muestra la Línea Base Energética propuesta para los datos de la tabla anterior, es evidente que los resultados aquí obtenidos no permiten utilizar esta propuesta como línea base pues no existe una adecuada relación entre las variables, el modelo propuesto que es una línea recta no se ajusta adecuadamente a los puntos obtenidos de forma experimental. Ello queda además confirmado por el bajo valor del coeficiente de correlación (R^2) que da un valor de 0,0897. En la literatura consultada se recomiendan valores de $R^2 \geq 0,75$ para el campo de la gestión de energía.

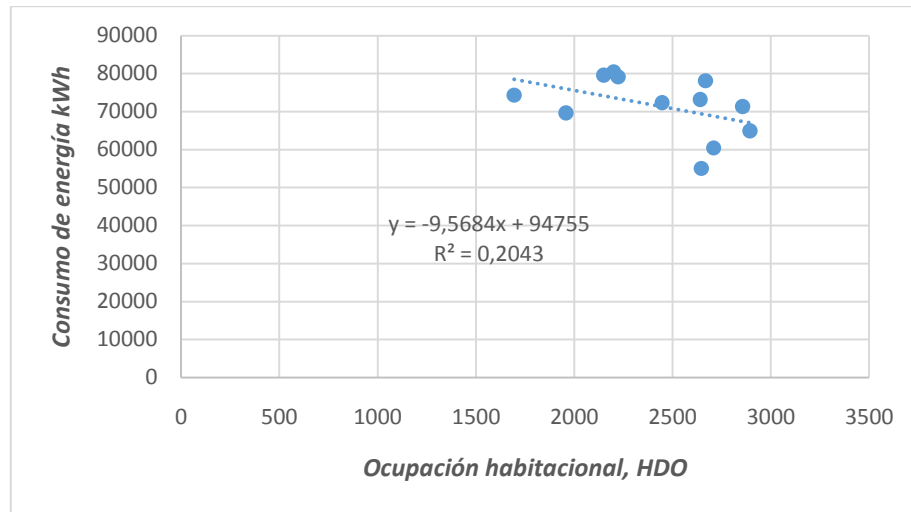


Figura 3.9. Propuesta de Línea Base Energética del hotel “Los Caneyes”. Consumo de energía vs HDO.

En la figura anterior se observa una baja correlación entre el consumo de energía y la ocupación habitacional siendo el coeficiente R^2 de solo 0,2043, además da como resultado que a menor ocupación mayor consumo de energía debiendo ser al contrario. Es evidente que no puede utilizarse esta correlación para definir la línea base energética, además como se ha mencionado ya en el capítulo I, existen otros factores que influyen en el consumo energético de una instalación hotelera y que en el análisis anterior no se han considerado, teniendo en cuenta las altas temperaturas que existen en Cuba, el efecto del clima puede ser una variable de peso a considerar.

De aquí que se evaluará entonces el consumo energético teniendo en cuenta un factor climatológico en este caso los grados días

Tomando en consideración los grados días de la región para los diferentes meses del año y los consumos energéticos del hotel que aparecen en la tabla 3.4, se obtiene la gráfica dada en la Figura 3.10.

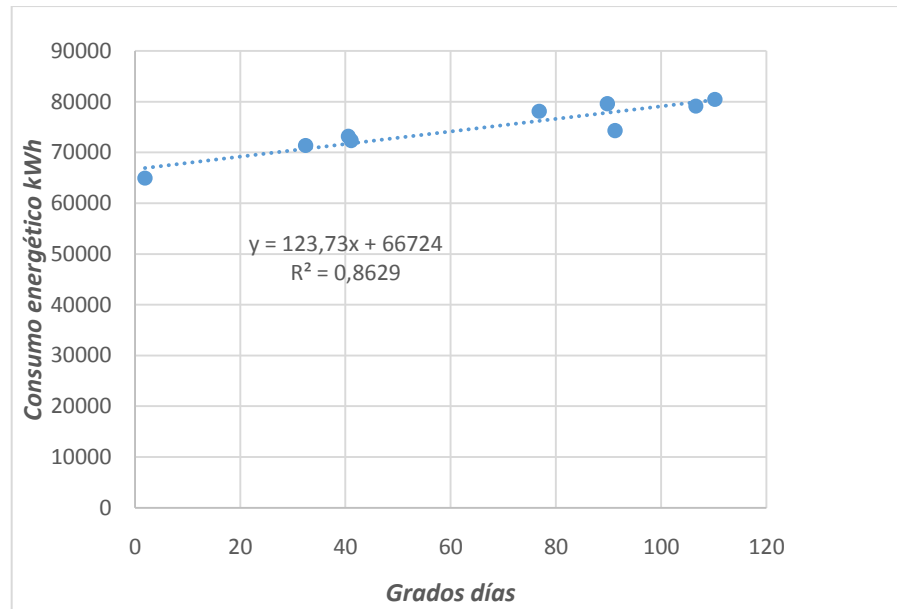


Figura 3.10. Relación entre el consumo energético y efecto del clima

Como se observa en la figura 3.10, la relación entre el consumo energético y los grados días es totalmente satisfactoria, pero no es posible realizar el control del hotel a partir solo de un factor climatológico, por lo que una propuesta que ha resultado útil es la de colocar en la variable del eje de las abscisas el efecto combinado de la ocupación habitacional y el clima en una sola variable, que se integra como el producto de ambos términos. (HDO*DG). En la figura 3.11 se da el consumo de energía en función del producto de la ocupación habitacional por los grados días para los diferentes meses del año 2016.

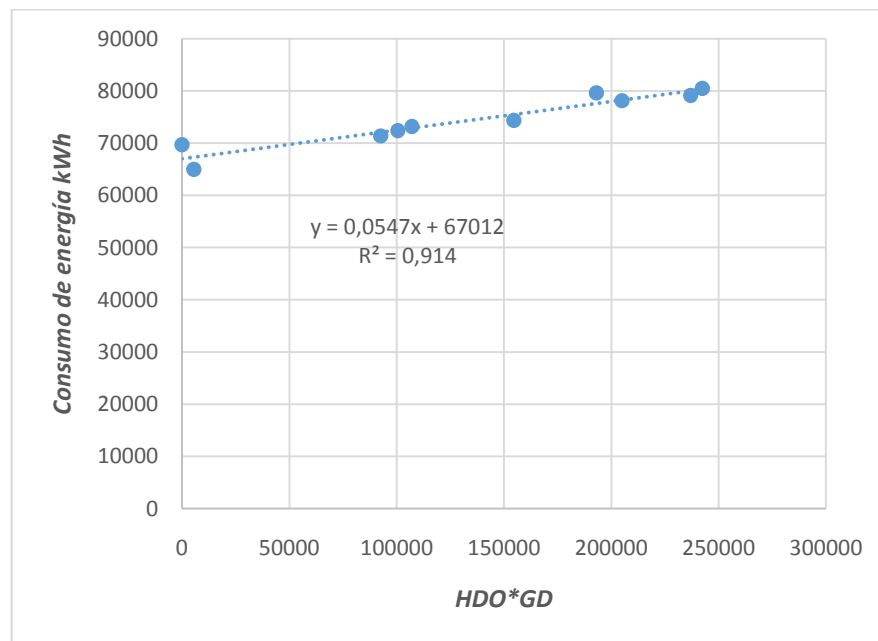


Figura 3.11. Consumo de energía en función del efecto combinado de la ocupación habitacional y del efecto del clima.

En la figura 3.11 se da la posible Línea Base Energética del hotel objeto de estudio, considerando en la variable independiente el efecto de la ocupación habitacional (HDO) y el efecto del clima (DG). Este resultado tiene como bondades que el modelo matemático dado por la línea recta ajusta los valores experimentales de manera adecuada, con valores del coeficiente cuadrático de correlación $R^2=0,914$.

Tabla 3.5. Resultados de la aplicación del modelo obtenido.

Meses	Consumo kW	HDO*GD	a	b	Modelo
Enero	60433		66724	123.73	66724.000
Febrero	55047		66724	123.73	66724.000
Marzo	71376	92603.1263	66724	123.73	70735.829
Abril	73186	107107.106	66724	123.73	71741.933
Mayo	78128	204947.085	66724	123.73	76228.536
Junio	79621	193010.623	66724	123.73	77831.537
Julio	79139	236971.935	66724	123.73	79913.626
Agosto	80469	242421.97	66724	123.73	80358.032
Septiembre	74337	154539.137	66724	123.73	78011.560
Octubre	72382	100555.417	66724	123.73	71808.480
Noviembre	64952	5519.14703	66724	123.73	66959.965
Diciembre	69672	0	66724	123.73	66724.000

A continuación se muestran los resultados obtenidos tanto reales del consumo de energía eléctrica en kWh mensual para el año 2016 y los valores obtenidos a partir del modelo propuesto.

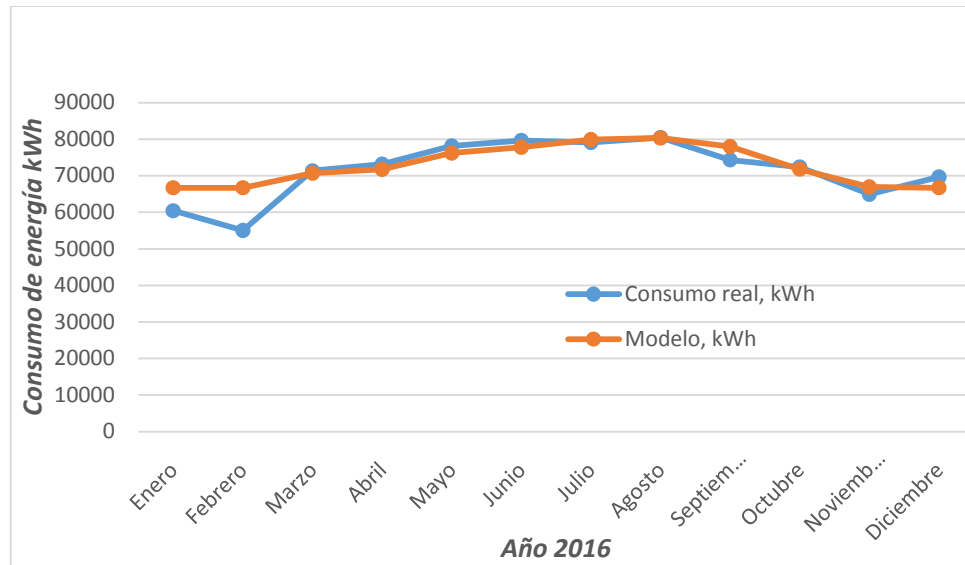


Figura 3.12. Consumo de energía real y lo obtenido por el modelo, en kWh.

Como puede observarse el modelo coincide con el consumo real lo que puede dar una idea de que el hotel está trabajando de forma eficiente.

3.3. Caso de estudio. Caracterización general y datos principales de la entidad, hotel América

Cadena hotelera: Cubanacan

Modalidad: Hotel de Ciudad

Dirección: Calle Mujica e/Colon y Maceo, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

3.3.1. Características generales del Hotel

Descripción del hotel: El Hotel América, Villa Clara, Cuba, fue inaugurado recientemente en el centro de Santa Clara, capital de la provincia más central de Cuba, está ubicado en el centro de la ciudad, a poca distancia del parque Leoncio Vidal, Teatro La Caridad, Iglesia del Buen Viaje y otras atracciones de la ciudad.

El Hotel América ofrece un servicio personalizado, recepción, bar, restaurante La Alborada y cómodas habitaciones con aire acondicionado, teléfono, TV vía satélite, caja fuerte y minibar. Cuenta con 27 cómodas habitaciones estándar.



Figura 3.13. Vista de la entrada del hotel América.

3.3.2. Caracterización energética del hotel América

De igual forma que el caso de estudio anterior para la caracterización energética de esta entidad hotelera se utilizan herramientas estadísticas, los datos fueron facilitados mediante el Informe de consumo de Portadores energéticos del hotel América, año 2016.

Principales portadores energéticos utilizados en el año 2016

Los principales portadores energéticos para el hotel América son la energía eléctrica, gas licuado del petróleo, gasoil, y el diésel.

Tabla 3.6. Tabla resumen del consumo de portadores energéticos del hotel América en el año 2016.

No	Portador	UM	Consumo Anual	Factor de conversión	TCC	%
1	Electricidad	MW-h	298	0.3520	104.9	79.392
2	GLP	T	6.480	1.1631	7.54	5.707
3	Gasoil	T	8.289	1.3576	11.25	8.514
4	Diésel	T	8.013	1.0534	8.44	6.388

En la tabla anterior se presentan los consumos de los portadores energéticos para el hotel América en el año 2016, todo se lleva a TCC para poder realizar la comparación, como se observa los mayores valores corresponden a la energía eléctrica pues esta se consume

no solo en la climatización sino también en muchas otras operaciones del hotel, ver figura 3.14 donde se reflejan estos valores en %, además se brinda también el diagrama de Pareto que da la estratificación de los portadores energéticos en TCC y en %.

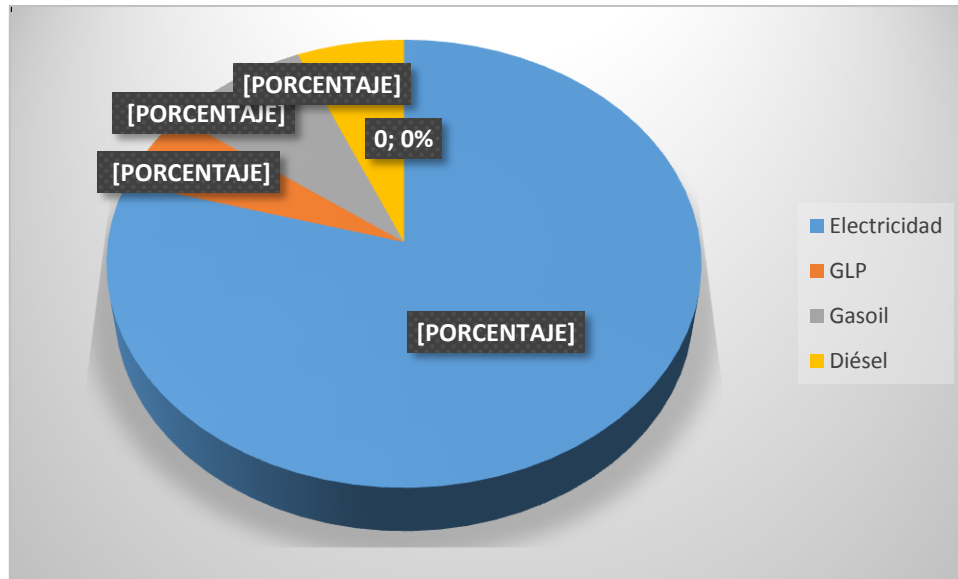


Figura 3.14. Comportamiento del consumo de los portadores energéticos en %, hotel América, año 2016.

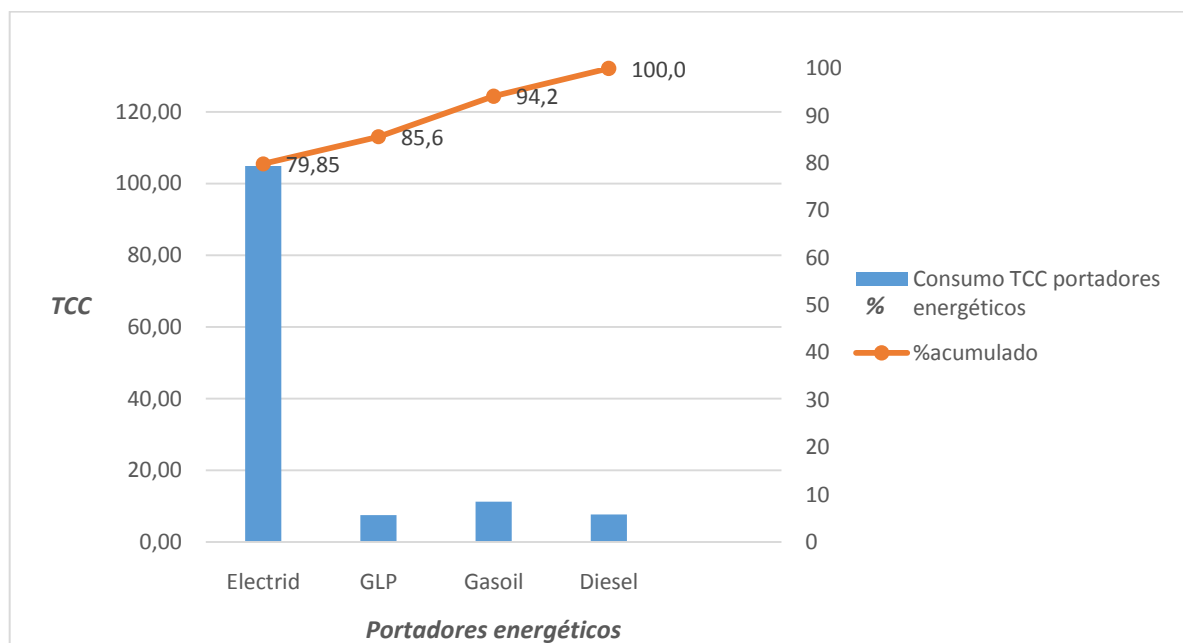


Figura 3.16. Diagrama de Pareto, portadores energéticos en TCC y en % acumulado del hotel América, año 2016.

Consumo energético del hotel América en el período comprendido de enero-diciembre del 2016.

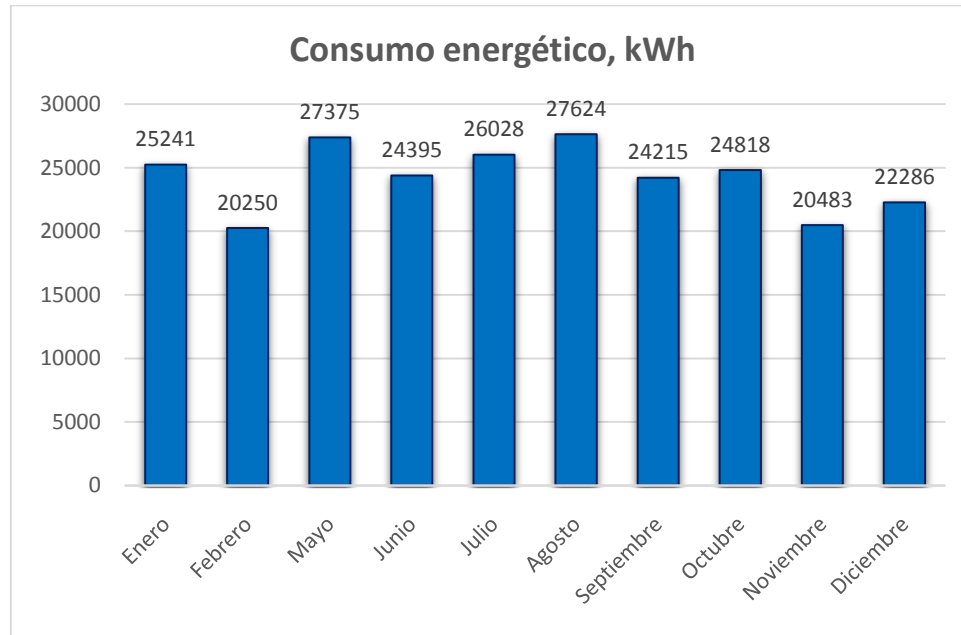


Figura 3.17 Consumo energético en kWh del hotel América, año 2016.

Puede apreciarse en la figura 3.17 la variación de los consumos energéticos por meses para el año 2016 en el hotel América. Como ya se ha mencionado la energía eléctrica es el portador energético de mayor consumo, pero al analizar su comportamiento se observa que varía indistintamente pues en el mes de junio este valor disminuye, siendo este uno de los meses más calurosos del año, el mes de mayor consumo es el mes de abril, seguido por marzo, agosto y mayo respectivamente.

3.3.3. Determinación de la temperatura base real (T_b) para el hotel América

Como se mencionó en el epígrafe 2.2.1 se aplica el método gráfico-analítico, donde se correlacionan los consumos de energía y los grados días utilizando gráficos de dispersión para cada una de las temperaturas base.

Para este caso en específico no se pudo obtener la T_b considerando todos los valores de consumo energético pues en todos los casos los coeficientes de correlación son muy bajos, ver figura 3.18 (mayor valor). Con el propósito de obtener la T_b se eliminaron valores de consumo específicamente los meses de marzo y abril, y se comienza nuevamente a evaluar los consumos vs grados días para diferentes valores de T_b hasta obtener que la T_b es de 22°C con un coeficiente de regresión de $R^2 = 0,7746$, este es el

valor más acertado que se obtiene pues en todos los demás casos evaluados los coeficientes de regresión dan valores por debajo de 0,75 valor mínimo que reporta Castrillón et. al, 2015.

Como se puede apreciar en las figuras siguientes que se presentan como ejemplo del análisis realizado, ver figuras de la 3.19 a la 3.21.

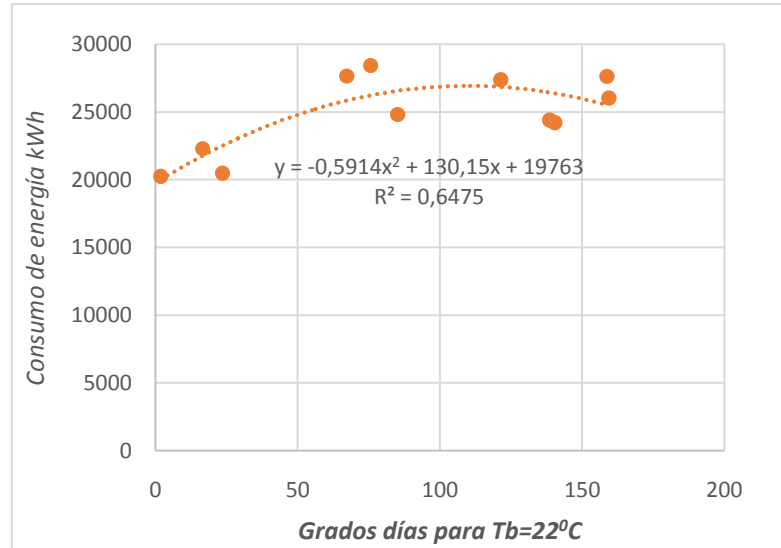


Figura 3.18. Consumo de energía vs grados días para T_b de 22°C .

Eliminando los meses de marzo y abril y volviendo a realizar todos los cálculos para los diferentes valores de T_b , se obtiene lo siguiente:

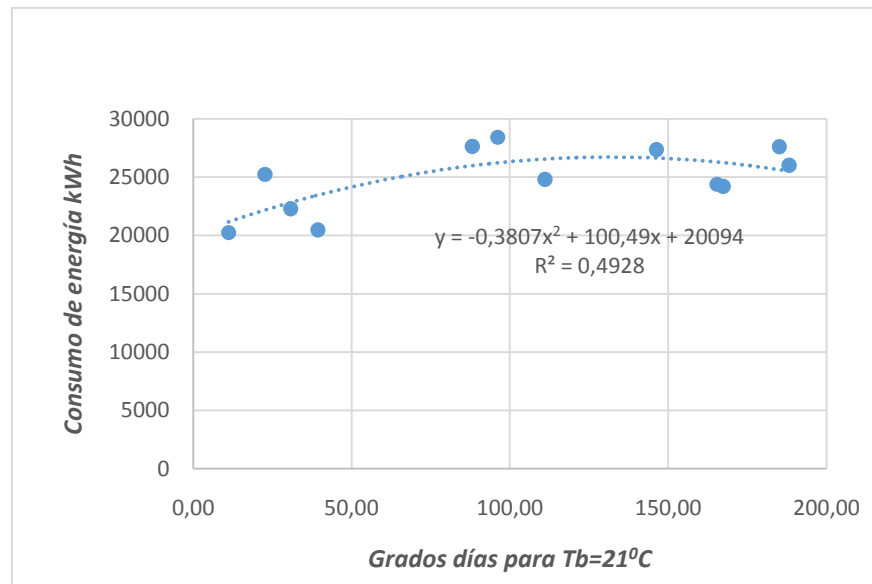


Figura 3.19. Consumo de energía vs grados días para Tb de 21°C.

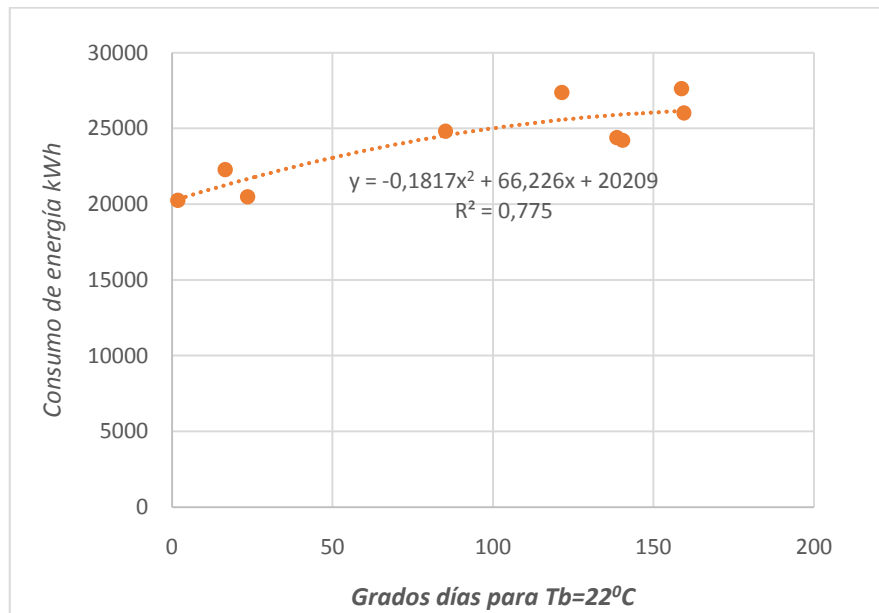


Figura 3.20. Consumo de energía vs grados días para Tb de 22°C.

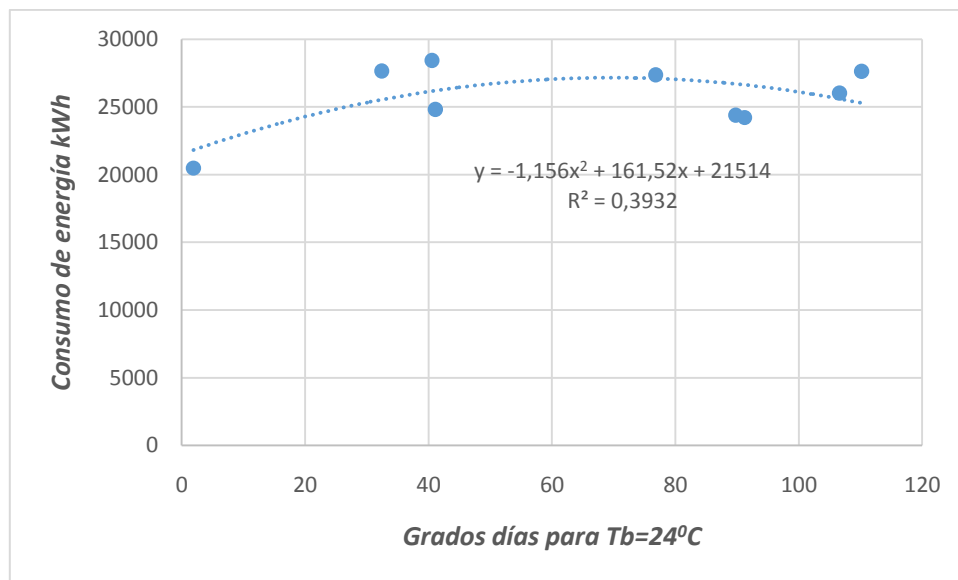


Figura 3.21. Consumo de energía vs grados días para Tb de 24°C.

De lo anterior se determina que la Tb para el hotel América es de 22°C

3.3.4. Definición de la línea base energética en el hotel Los Caneyes, Santa Clara, Cuba

Los datos que se presentan en la Tabla 3.7 corresponden a los consumos energéticos (kWh), habitación día ocupado (HDO) y los grados días (DG) correspondientes a los

meses durante un año de explotación del hotel América ubicado en el centro de la ciudad de Santa Clara, zona tropical.

Tabla 3.7. Datos de consumo energético, habitación día ocupado (HDO) y los grados días (DG) correspondientes a un año de explotación, hotel América.

Meses	Consumo kWh	GD Tb 22	HDO
Enero	25241	8.59	606
Febrero	20250	1.84	526
Marzo	27650	67.27	667
Abril	28428	75.65	583
Mayo	27375	121.43	357
Junio	24395	138.60	226
Julio	26028	159.46	284
Agosto	27624	158.74	338
Septiembre	24215	140.40	354
Octubre	24818	85.21	520
Noviembre	20483	23.56	477
Diciembre	22286	16.58	362

Al correlacionar el consumo energético con la principal variable de trabajo del hotel, que es la ocupación habitacional se debe obtener la Línea Base Energética para esta instalación.

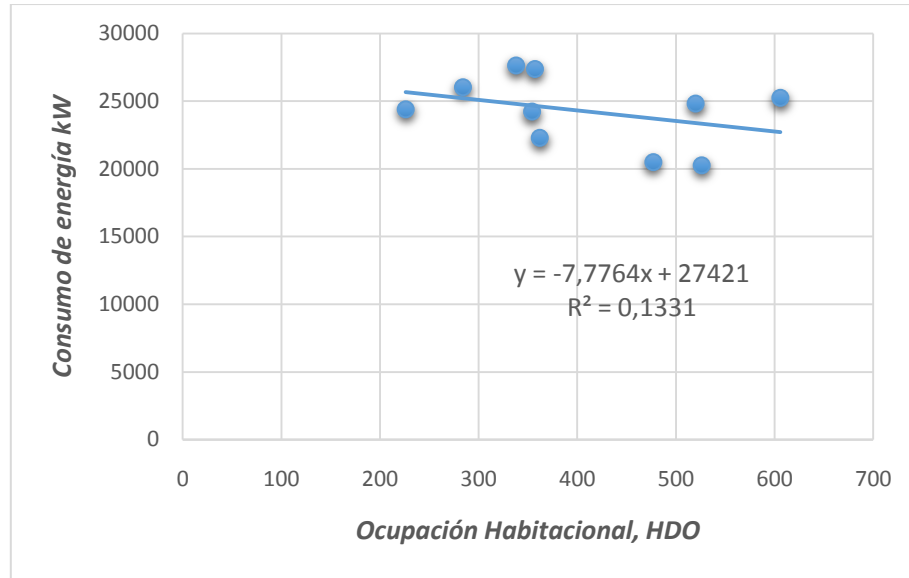


Figura 3.22. Propuesta de Línea Base Energética del hotel América. Consumo de energía vs HDO.

Como puede verse en la figura 3.22 no existe una adecuada relación entre las variables, el modelo obtenido no es una línea recta, no se ajusta adecuadamente a los puntos obtenidos de forma experimental, esta correlación es eliminando los meses de marzo y abril, $R^2 = 0,1331$. Cuando se consideran todos los meses el valor del coeficiente de correlación (R^2) da 0,0059, muy por debajo de los valores recomendados de $R^2 \geq 0,75$ para el campo de la gestión de energía.

Al evaluar el consumo energético vs los grados días se obtuvo lo siguiente:

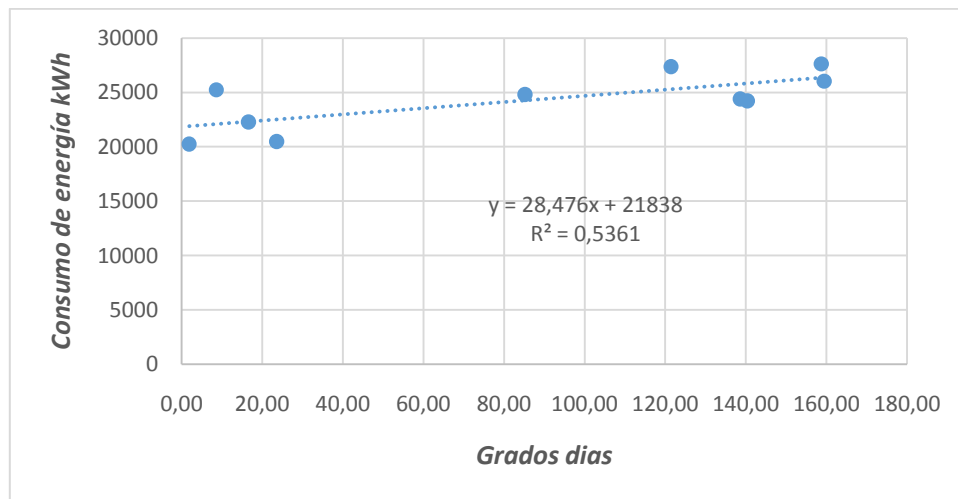


Figura 3.23. Relación entre el consumo energético y efecto del clima

Como puede observarse tampoco existe una correlación entre el consumo energético y los grados días pues el coeficiente de regresión solo es de 0,5361, de igual forma sucede cuando se incluye la combinación del efecto del clima y de la ocupación habitacional, como se muestra a continuación:

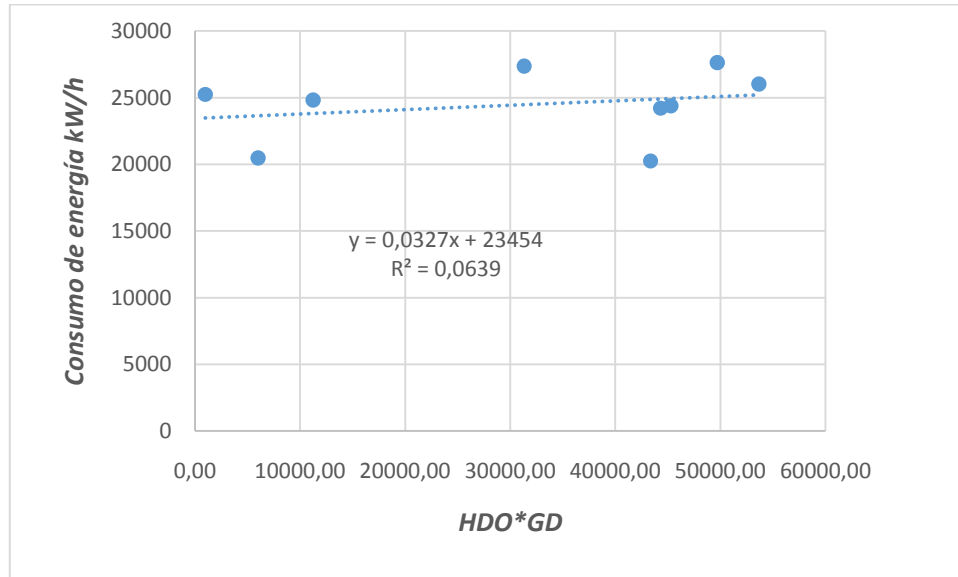


Figura 3.24. Consumo de energía en función del efecto combinado de la ocupación habitacional y del efecto del clima.

Como resultado no se puede obtener una Línea Base Energética del hotel objeto de estudio, considerando en la variable independiente el efecto de la ocupación habitacional (HDO) y el efecto del clima (DG).

Del análisis realizado se aprecia que existe una baja correlación en todos los casos, entre el consumo de electricidad y el efecto combinado de la ocupación habitacional y los grados día, esto indica que no hay dependencia directa entre estas dos variables, lo que demuestra lo inapropiado de utilizar este índice de consumo para evaluar la eficiencia energética en esta instalación hotelera. Los resultados anteriores evidencian que otros factores están influyendo con mayor peso sobre el consumo de energía eléctrica en función del nivel ocupacional en la instalación objeto de estudio (hotel América).

3.4. Propuesta de las medidas organizativas para mejorar la gestión energética

De forma general se pueden proponer un conjunto de medidas que permitan a las instalaciones hoteleras estudiadas proceder a la evaluación de su gestión energética y a

la implementación de la ISO 50001:2011, primero con medidas organizativas y otras con pequeñas inversiones, entre las que se pueden mencionar:

- Utilizar herramientas avanzadas para hacer un seguimiento exhaustivo de los consumos: Para poder ahorrar energía primero se debe conocer sobre que actuar; para esto es recomendable incorporar un sistema de medición exhaustiva de los consumos, que monitorice variables concretas en función de las instalaciones del hotel y del uso que se les da.
- Cambiar a la iluminación eficiente: Actuando sobre la iluminación interna y externa del hotel por opciones más eficientes requiere poca inversión, pero el retorno es muy rápido. El primer paso es cambiar las bombillas clásicas por las de bajo consumo, o por LEDs, que son más durables y consumen mucho menos. Otra recomendación es incorporar elementos de control de iluminación por presencia y hacer una zonificación inteligente de las zonas comunes del hotel, para evitar que se iluminen zonas que no se están utilizando.
- Análisis de la información histórica (se considera prudente un período de entre 12 y 24 meses) con el fin de establecer la línea base energética.
- Creación de un análisis energético detallado con el fin de identificar los usuarios energéticos significativos en la instalación.
- Análisis puntual de los mayores usuarios de energía.
- Identificación y recomendación de medidas de conservación energética que no impliquen un costo, aquellas que requieran una inversión menor y todas las que impliquen ahorros energéticos directos y ahorros económicos indirectos.
- Identificación de fallas en la operación y desperdicio de energía.
- Evaluación de la factibilidad de incorporar aplicaciones en materia de recursos renovables o con tecnología innovadora.

3.4. Conclusiones parciales

1. La Temperatura base para el hotel Los Caneyes es de 24⁰C obteniéndose un coeficiente de correlación de 90,43% y para el hotel América es de 22⁰C con un coeficiente de correlación de 77,5%.
2. Al evaluar los indicadores energéticos, mediante el uso de herramientas de control como el diagrama de Pareto, se determinó que para el hotel Los Caneyes la energía eléctrica representa el 90% del consumo total y para el América de aproximadamente un 80%, para el año analizado.

3. Se obtuvo un modelo matemático para pronosticar el consumo energético del hotel Los Caneyes considerándose como Línea base energética, este modelo matemático ajusta los valores experimentales de manera adecuada, con valores del coeficiente cuadrático de correlación 91,4%, no lográndose esto para el hotel América

Conclusiones

1. El marco regulatorio relativo a como establecer las mejores prácticas para gestionar la energía, está definido en la Norma Cubana, NC ISO 50001:2011.
2. Los casos de estudio analizados son una muestra de cómo actuar en los procesos industriales de cierta complejidad y poder obtener la Línea de Base Energética, contribuyendo con ello a facilitar el trabajo de aplicación de la norma ISO 50001.
3. Se obtienen los valores de los grados día para temperaturas base variables en el año 2016 para la ciudad de Santa Clara, utilizando el método reportado por especialistas del CEETA.
4. De los modelos de dispersión obtenidos al graficar grados día vs consumo energéticos en el año 2016 se determina la temperatura base (T_b) obteniéndose para Los Caneyes un valor de T_b de 24°C y para el hotel América de 22°C con coeficientes de correlación mayor de 75%.
5. Luego de aplicar el diagrama de Pareto se determina que la energía eléctrica representan el 90% del consumo total del hotel Los Caneyes para un consumo total de 858 MWh que representa 302 tcc/año y para el hotel América un 80% que equivale a 298 MWh que representa 105 tcc/año.
6. El modelo matemático obtenido y considerado como Línea base energética para pronosticar el consumo energético del hotel Los Caneyes se ajusta a los valores experimentales de manera adecuada, con valores del coeficiente de correlación de 91,4%.
7. Para el caso del hotel América no es posible utilizar este índice de consumo para evaluar la eficiencia energética en esta instalación hotelera, pues el coeficiente de correlación da valores muy bajos.
8. La aplicación de las medidas propuestas permitirán a los hoteles evaluados mejorar su desempeño energético.

Recomendaciones

1. Desagregar los portadores energéticos, para la evaluación más detallada de los consumos por áreas, equipos, etc.
2. Proponer otros índices que permitan lograr la línea base energética del hotel América para lograr una línea base energética que permita la aplicación
3. Establecer una política energética en los hoteles estudiados acorde a los requisitos que exige la NC ISO 50001(2011) que conduzca a la implementación y operación del Sistema de Gestión Energético.

Bibliografía

1. ALÍAS, H. M., & JACOBO, G. J. (2004) Aplicación de actualizaciones normativas del IRAM sobre aislamiento y acondicionamiento térmico de edificios. Cátedra “Estructuras II” - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
2. AL-HAWANI, W. et al. (2012), Short-term forecasting of electricity consumption using Gaussian processes. 2012. Tesis de Maestría. Universitetet i Ag
3. ÁLVAREZ, GUERRA P., y colaboradores. Innovación tecnológica en el sector turístico. Proyecto de implementación de Sistemas de Gestión Energética basados en la NC ISO 50001. Congreso Universidad Vol. 5, No. 5, 2016. ISSN-e: 2306-918 X |RNPS-e: 2318
<http://www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/congresouniversidad/index>.
4. ARTIGAS, J. M. (2016). Análisis de la influencia del cambio climático en las necesidades de climatización en Andalucía a escala de detalle territorial (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
5. BAUMERT, K., & SELMAN, M. (2003). Heating and cooling degree days. World resources institute.
6. BRAGUER, G.S. and de DEAR, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings*. Volume 27, Issue 1, February, Pages 83–96.
7. BORROTO, A. (2012). Recomendaciones Metodológicas ISO 50001.
8. CABRERA Gorrín, O. et al. Indicadores de eficiencia energética en hoteles turísticos en Cuba. *Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (Center of Energy Studies and Industrial Processes), Centro Universitario de Sancti Spíritus, Cuba*.
9. CASTRILLÓN, R. y colaboradores. (2015). Línea de Base Energética en la implementación de la norma ISO 50001. Estudios de casos. *El Hombre y la Máquina* No. 46 • Enero - Junio.
10. CHUNGA, Y.V. y otros. (2006). Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. *Applied Energy*. Volume 83, Issue 1, January 2006, Pages 1–14.

11. CIBSE, T. (2006). Degree-days: theory and application. Chartered Institute of Building Services Engineers, London.
12. CORREA, J. Y OTROS. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. Ingeniería Energética. versión On-line ISSN 1815-5901. Energética vol.35 no.1 La Habana ene.-abr. 2014.
13. DAY, A R (1999) Cooling degree-days and their applicability to building energy estimation.
14. Degree Days for Energy Management (2007). Practical introduction. Technology Guide CTG004. Carbon Trust. Crown UK.
15. DUFTON, A F (1934) Degree-days J. Inst. Heating Ventilating Eng.
16. De SCHILLER, S., & EVANS, J. (2015). Diseño bioclimático, eficiencia energética y energía solar en proyectos de vivienda social de argentina. Perspectiva, 3(5).
17. FONTE, A. y RIVERO, J. (2005). Métodos de grados día. Determinación de la temperatura base para la provincia de Camagüey. Camagüey. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar09/HTML/articulo04.htm>
18. FISCHER, (2010) Modelling and forecasting energy demand: principles and difficulties.
19. FUENTES, V. A., & RODRÍGUEZ, M. (2004). Ventilación natural: cálculos básicos para arquitectura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Rectoría de Unidad, Coordinación de Extensión Universitaria.
20. GALIMBERTI, P. y otros. (2008). Sistematización de variables climáticas para la ciudad de Río Cuarto. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente12, 05-97. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. pp 5-97-5-104.
21. GÁLVEZ, A. M. (2013). *Procedimiento para determinar índices de consumo de energía eléctrica en función de la temperatura ambiental* Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
22. GRANADOS, E. M. (2010). "Rehabilitación energética de edificios."
23. GONZÁLEZ BROCHE, R. L. (2016). Obtención de la temperatura base para el Hospital Arnaldo Milián Castro, con la aplicación y comparación de diferentes

- métodos de cálculo de los Grados día. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica.
24. Guide, A. S. H. V. E. (1933). American Society of Heating and Ventilating Engineers. New York, NY.
 25. HIDALGO, D. B., & GUERRA, Y. P. (2016). Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. *Revista Publicando*, 3(8), 218-238.
 26. HITCHIN, E. R. (1981). Building Services Engineering Research and Technology. Vol 2.
 27. MARGUIE, M. (2013). “RTE publishes its forecast analysis of the electricity supplydemand balance for summer.
 28. MARTÍNEZ, J. C. R., & FREIXANET, V. A. F. (2014). Bioclimatic analysis tool: An alternative to facilitate and streamline preliminary studies. *Energy Procedia*, 57, 1374-1382.
 29. ONE (2009). AE Anuario Estadístico Separata. *In*: 2011, -. (ed.).
 30. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) (2015a). Turismo internacional. Indicadores Seleccionados enero-diciembre 2015. Available in: <http://www.one.cu/publicaciones/06turismoycomercio/indturismointernac/publicaciondic14.pdf> .
 31. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) (2014a). Electricidad en Cuba. Indicadores seleccionados enero-diciembre 2015. Available in: <http://www.one.cu/publicaciones/04industria/prodconselectricidad/ProdConsElectDici14.pdf>.
 32. Oficina Nacional de Normalización (NC ISO 50001) (2011). Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Oficina Nacional de Normalización. Diciembre 2011. Cuba. Disponible en: www.nc.cubauindustria.cu.
 33. **Oficina de Nacional de Normalización (NC)**. ISO 50001: Recomendaciones para su uso. [aut. libro] Oficina de Nacional de Normalización (NC). Libro Blanco. <http://www.temas.cult.cu/catalejo/una-mirada-al-turismo-internacional-en-cuba-rumbo-2017>.

34. PERELLÓ, J. L. (2017) Una mirada al turismo internacional en Cuba rumbo a 2017. dossier: [La letra de Temas. ¿Cómo viene el 2017?](#)
35. RIVERO, R. (1988). *Arquitectura y clima : acondicionamiento térmico natural* . Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Arquitectura.
36. R, G. (1941). "Degree-days" J. Inst. Heating Ventilating Engineers 8 381–42.
37. SMTRACHEY, L. G. S. R. (1878). Paper on the computation and quantity of heat in excess of a fixed base temperature received at any place during the course of the year to supply a standard comparison with the progress of vegetation. Quarterly Weather Report.
38. SHANMUGA P. and MIGDALSKA, J. (2015). Cooling degree day analysis as a climate impact. Indicator for different locations of Poland and India. Proceedings of 2nd The IRES International Conference, Berlin, Germany, 13th June 2015, ISBN: 978-93-85465-28-4.
39. SENABRE, C., et al. (2009) Predicción de la Demanda Total de Energía Eléctrica Española Utilizando Mapas Auto-organizados como Modelo de Red Neuronal. Proceedings of the 11th Spanish Portuguese Conference on Electrical Engineering.