

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”



**Título: Estudio del indicador Grados Días de Enfriamiento
para instalaciones hoteleras. Caso de estudio en
Cienfuegos.**

Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico

Autor: Raúl Adael González Hernandez

Tutor: MSc. Kelvin E. Martínez Santos

Cienfuegos, 2022

Pensamiento

Si quieres encontrar los secretos del universo, piensa en términos de energía, frecuencia y vibración.

Nikola Tesla

Agradecimientos

A mi mamá por darme la vida, educación y siempre estar en cada situación y obstáculo que me ha puesto la vida...gracias porque hoy soy quien soy gracias a ti...

A mis papás y hermanas gracias por apoyarme en todo y por el sacrificio de todos estos años, a mi familia es lo que más quiero en la vida...

A mi tutor por ayudarme y aconsejarme en este proyecto...

A mis profesores por brindarme los conocimientos que me llevo a mi vida laboral.

A mis amigos por compartir conmigo y ser partícipes de todos estos difíciles años de universidad. Estos años me han presentado a la gente más linda y pura que he conocido y que para mí son familia...no mencionaré a nadie ellos saben quiénes son.

Agradezco al personal del hotel por la atención y trato recibido a la hora de facilitarme los datos necesarios sin los cuales la realización de esta tesis hubiese sido imposible.

En fin, le agradezco a todas las personas que de alguna forma u otra formaron parte de mi formación profesional y de este proyecto en específico.

Dedicatoria

A mi familia...

Resumen

Entre los distintos indicadores empleados para analizar la interacción del clima con el consumo de energía, sobre todo en procesos de climatización, refrigeración, acondicionamiento de locales, etc., se encuentra el indicador Grados Días de Enfriamiento. Los Grados Días representan un indicador climático versátil usado comúnmente en el análisis del rendimiento de energía de edificios, por ejemplo: para llevar a cabo la valoración energética de nuevos edificios existentes, analizar el consumo de energía de territorio, un análisis del futuro pronóstico consumo de energía, etc. Los métodos usados para determinar los valores de Grados Días pueden ser diferentes dependiendo de los datos climáticos disponibles de cada ubicación, por lo que en este trabajo se realiza un estudio de la herramienta desarrollada por la Universidad de Matanzas para el cálculo de los DGE. Por último, se aplica en un caso de estudio de un hotel de la provincia, comparando los diferentes resultados.

Palabras claves: indicadores, días grados, hoteles.

Summary

Among the different indicators used to analyze the interaction of climate with energy consumption, especially in processes of air conditioning, refrigeration, conditioning of premises, etc., is the indicator Cooling Degree Days. The Degree Days represent a versatile climatic indicator commonly used in the analysis of the energy performance of buildings, for example: to carry out the energy valuation of new existing buildings, to analyze the energy consumption of territory, an analysis of the future forecast consumption of energy etc. The methods used to determine the values of Degree Days can be different depending on the climatic data available for each location, so in this work a study of the tool developed by the University of Matanzas for the calculation of the DGE is carried out. Finally, it is applied in a case study of a hotel in the province, comparing the different results.

Keywords: indicators, degree days, hotels.

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Estado actual y tendencias en Cálculo del indicador Días Grados para la industria hotelera.....	3
1. Definición de indicadores.....	3
1.1 Tipos de indicadores.....	4
1.1.2 Indicadores Energéticos.....	5
1.1.3 Principales indicadores de hoteles.....	6
1.1.4 Indicador Días Grado.....	8
1.2 Metodologías para el Cálculo del Indicador Días Grados en hoteles.....	9
1.2.1 Introducción a la temperatura base.....	9
1.2.2 Métodos para calcular los Grados Días.....	9
1.2.3 Temperatura media diaria.....	10
1.2.4 Método para el cálculo de los Grados Días según Erbs.....	10
1.2.5 Método para el cálculo de los Grados Días según Hitchin.....	12
1.2.6 Método para el cálculo de los Grados Días según Thom.....	12
1.2.7 Método para el cálculo de los Grados Días según Schoenau-Kehrig.....	13
1.2.8 Método para el cálculo de los Grados Días según Rodríguez Santos.....	15
1.2.9 Determinación de θ_{mee} y θ_{mec} para el primer ($t_b \leq t_{min}$) y tercer intervalos.....	16
1.2.10 Determinación de θ_{mee} y θ_{mec} para el segundo intervalo. ($t_{min} \leq t_b \leq t_{max}$).....	16
1.2.11 Calculadora de DGE (días grado enfriamiento).....	18
Conclusiones Parciales.....	19
Capítulo II: Herramienta para el cálculo del Indicador Días Grado de enfriamiento.....	20
2.1 Electricidad y HDO.....	20
2.2 DGE-TBS.....	21
2.2.1 Ejemplo del cálculo de DGE en DGE-TBS.....	21
2.3 Metodologías para el cálculo del indicador DGE.....	22
2.3.1 Método PLM.....	22
2.3.2 Método Erbs.....	22
2.3.3 Método Hitchin.....	23
2.3.4 Método Schoenau-Kehrig.....	23
2.4 Comparación.....	24
2.4.1 Coeficiente de Regresión(R^2).....	24

Conclusiones Parciales	25
Capitulo III Aplicación de la herramienta para el cálculo del indicador Días Grado de Enfriamiento.	
Caso de Estudio, Cienfuegos.	26
3.1 Caracterización del hotel.....	26
3.1.1 Servicios del hotel.	28
3.2 Selección de la temperatura base para el caso de estudio.....	29
3.3 Cálculo de los DGE.....	29
3.3.1 Hoja Electricidad y HDO para Rancho Luna.....	29
3.3.2 Hoja DGE-TBS para Rancho Luna.....	30
3.3.3 Hoja PLM para Rancho Luna, $T_b=19^{\circ}\text{C}$	31
3.3.4 Hoja Erbs para Rancho Luna, $T_b=19^{\circ}\text{C}$	33
3.3.5 Hoja Hitchin para Rancho Luna, $T_b=19^{\circ}\text{C}$	36
3.3.6 Hoja Schoenau-Kehrig para Rancho Luna, $T_b=19^{\circ}\text{C}$	38
3.3.7 Hoja Comparación para Rancho Luna, tomando como referencia $T_b=19^{\circ}\text{C}$, $T_b=20^{\circ}\text{C}$ y $T_b=21^{\circ}\text{C}$	40
3.4 Resultados	42
Conclusiones	43
Recomendaciones	44
Referencia bibliográfica.....	45
Anexos.....	50

Introducción

El sector turístico es uno de los de mayor crecimiento de la economía global, con un estimado de crecimiento de 3,3% hasta 2030. Este es un sector energéticamente intensivo que contribuye en alrededor del 5% de los gases de efecto invernadero. En algunos países los hoteles se encuentran entre los edificios de mayor consumo de energía y consecuentemente el uso eficiente de energía en los hoteles es una oportunidad no sólo para mejorar su desempeño económico, sino para disminuir su impacto ambiental (Cabello, J. J et al., 2016). Con el objetivo de equilibrar los intereses económicos y las preocupaciones ambientales, el sector turístico ha implementado varias estrategias para aumentar la eficiencia energética y reducir la generación de residuos (Mihalic, T, 2016). Según el Informe el indicador de desempeño tradicional de estos hoteles es el kWh/HDO. Como emplear indicadores para estimar y evaluar el consumo eléctrico (mensual o anual) sobre la base de las habitaciones/día ocupadas (HDO) como parámetro de referencia no permiten detectar y mitigar rápidamente las malas prácticas y los sobreconsumos en las instalaciones del hotel, ni tampoco tienen en cuenta la influencia que ejercen los parámetros físicos como la temperatura exterior, se han desarrollado investigaciones para implementar indicadores más adecuados (Cabello, J. J et al., 2016) (Pazo, L et al., 2018). Según (Craig, C. A, 2016) se han desarrollado grandes trabajos empíricos que demuestran que el consumo de electricidad y gas natural están fuertemente relacionados con parámetros climáticos como los días grado de calentamiento (DGC) y los de enfriamiento (DGE). El indicador de días grados podría ser uno de los más prácticos y simples para determinar la energía requerida de confort (Roshan, G. R et al., 2017). Los días-grado de enfriamiento o climatización (DGE) se pueden determinar como la suma de diferencias positivas entre la temperatura ambiente y una temperatura base o de referencia, en un período determinado. Para un edificio enfriado activamente, la temperatura base es la temperatura exterior a la que la planta de enfriamiento no necesita funcionar, y nuevamente está relacionada con las ganancias de calor ocasionales en el espacio (que ahora se suman a la carga de enfriamiento). En este caso, los grados-día de

enfriamiento están relacionados con las diferencias de temperatura por encima de esta base (CIBSE, 2006).

Problema científico.

No existe un consenso para el Cálculo del indicador Días Grados en las instalaciones hoteleras, debido a los variados métodos de cálculo.

Hipótesis.

A partir del uso de la herramienta para el Cálculo del indicador Días Grados en las instalaciones hoteleras, se determinará su efectividad en un caso de estudio.

Objetivo general.

Determinar si la nueva herramienta para el Cálculo del indicador Días Grados en las instalaciones hoteleras es la adecuada, para su implementación.

Objetivos específicos.

1. Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de los diferentes métodos existentes para el Cálculo del indicador Días Grados en las instalaciones hoteleras.
2. Explicar el uso de la nueva herramienta para el cálculo del indicador Grados Días de Enfriamiento.
3. Implementar la nueva herramienta de Cálculo del indicador Días Grados, en un estudio de caso.

Capítulo I. Estado actual y tendencias en Cálculo del indicador Días Grados para la industria hotelera.

En el presente capítulo se abordan conceptos y definiciones dados en el marco de la investigación. Se abordan conocimientos de diferentes campos y disciplinas tales como: Indicadores y los indicadores energéticos e indicador Días Grado. También se conocerán detalles sobre los tipos de indicadores y los cálculos del indicador días grado los cuales servirán para el resultado final.

1. Definición de indicadores.

En los hoteles se consumen por lo general, energía eléctrica. La climatización, iluminación, equipos eléctricos y Sistema de Calentamiento de Agua (ACS por sus siglas en inglés) son los sistemas que más consumen y determinan la cuantía de las facturas de electricidad. A la hora de realizar la distribución del consumo energético en el Sector Hotelero se observa que, debido a la gran variedad de tipos de establecimientos, situación geográfica, etc., es difícil hacer una distribución estándar en el consumo de energía, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo. Los cuales quedan distribuidos de la siguiente forma: climatización 40%, iluminación 20%, lavandería y cocina 20%, ACS 15, además de otros sistemas que consumen un 5% de la energía.

Las labores destinadas a la climatización son las mayores consumidoras de energía de un hotel. Por lo tanto, los principales esfuerzos a la hora de realizar inversiones en ahorro energético han de ir dirigidos a la reducción de dicho consumo, bien mediante la utilización de energías más eficientes como la elección de tarifas más adecuadas. Para esto en el sector se usan varios indicadores para medir, controlar y prever dichos consumos.

De acuerdo con (Capace, G, 2016) la palabra indicador viene del latín *indicare* y refiere a mostrar o significar algo, con indicios y señales. En el uso científico el

término adquiere un sentido más preciso. Los indicadores son estadísticas seleccionadas por su capacidad de mostrar un fenómeno importante.

Por otra parte, (CEPAL, 2009) afirma que el término indicador puede aludir a cualquier característica observable de un fenómeno, suele aplicarse a aquellas que son susceptibles de expresión numérica y que son pertinentes o de máxima importancia para el interés público.

(Albornoz, M, 2013) define indicador como un instrumento de medición elegido como variable relevante que permite reflejar suficientemente una realidad compleja, referida a un momento o a un intervalo temporal determinado.

De acuerdo con el (Blogspot, 2020) un indicador es una herramienta para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos. Son medidas verificables de cambio o resultado diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar el progreso con respecto a metas establecidas, además, facilitan el reparto de insumos, produciendo productos y alcanzando objetivos.

El autor de la presente investigación asume el concepto abordado por el (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2022), el cual se refiere al indicador es una expresión cuantitativa observable y verificable que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad. Esto se logra a través de la medición de una variable o una relación entre variables.

1.1 Tipos de indicadores

Desde un punto de vista de operación por procesos, los indicadores pueden medir dimensiones de eficiencia, eficacia, efectividad y economía, lo que permite comparar una magnitud con un patrón preestablecido, además de observar el grado en que se alcanzan las actividades propuestas dentro de un proceso específico.

Por otra parte, en los últimos años, se ha incluido también indicadores frente al desempeño ambiental de la organización. De acuerdo con (Durán, L et al., 2018) estos pueden ser calificados como:

Eficacia: el cumplimiento de planes y programas, evaluando la oportunidad (cumplimiento de la meta en el plazo estipulado), al igual que la cantidad (volumen de bienes y servicios generados en el tiempo).

Eficiencia: Se enfoca en el control de los recursos o las entradas del proceso; evalúan la relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento por parte de los mismos.

Efectividad: Involucra la eficiencia y la eficacia, es decir el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles.

Economía: La capacidad de una institución para generar y movilizar adecuadamente los recursos financieros en pos del cumplimiento de sus objetivos.

Ambientales: Desarrollo de diferentes actividades para una gestión ambiental

1.1.2 Indicadores Energéticos.

El crecimiento de la población y el sobreconsumo y agotamiento de los recursos han llevado al desarrollo de una economía basada en la producción de grandes cantidades de bienes y servicios, provocando graves daños ambientales en comparación con la capacidad mundial. Esta situación plantea un importante desafío a nuestra civilización, donde se deben repensar los procesos productivos e implementar prácticas orientadas a la sustentabilidad.

Aplicando este concepto al medio ambiente, los indicadores son una importante herramienta de medición que puede expresar resultados relacionados con el desempeño ambiental y monitorear el progreso de las empresas en la implementación de acciones para mejorar el camino hacia la sostenibilidad.

En este sentido, los indicadores de desempeño energético son las expresiones y valores usados para monitorear, controlar y supervisar cambios en el rendimiento de la energía, además de reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo lo que permite, a cualquier organización a través de gestión, establecer planes estratégicos para alcanzar metas a corto, mediano y largo plazo, así como

obtener y mantener altos niveles de eficiencia energética (Ibarguen-Valverde et al., 2017)

Debido a que la eficiencia energética se refiere a cómo se usa la energía, cuánta energía se usa y qué tan eficientemente se usa esa energía para lograr los resultados deseados, es importante tener en cuenta que rara vez se puede representar con un solo valor o medida.

Según (Ibarguen-Valverde et al., 2017) los indicadores de desempeño energético deben contar con las siguientes características I) Estar basado en información confiable, II) Ser transparente y verificable, III) Estar basado en información específica con relación al proceso/sistema y el tiempo, IV) Poder medir cambios en una condición o situación a través del tiempo, v) Facilitar observar de cerca los resultados de iniciativas o acciones y VI) Ser instrumentos valiosos para determinar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo.

Los indicadores de desempeño energético logran mejorar la capacidad energético-productiva de cualquier organización, contribuyen a generar valor económico, alcanzar la competitividad y mitigar el impacto ambiental. Por otra parte, permite contar con información acerca de las tendencias del consumo histórico, y pueden ser empleados para proyectar la demanda futura de energía. Por tanto, el uso de indicadores de eficiencia energética en hoteles permite identificar ahorros energéticos en zonas turísticas.

1.1.3 Principales indicadores de hoteles.

Cuando se habla particularmente de las actividades desarrolladas por empresas Turísticas siempre se busca minimizar los impactos que se puedan ocasionar al medioambiente, mejorando la calidad de vida de los empleados, los clientes y la población local. En particular, las buenas prácticas ambientales buscarán potenciar actividades recreativas que respeten la naturalidad del medio en el que se desarrollan o que minimicen la creación de residuos o emisiones negativas. El mayor aporte del turismo y la recreación a la conservación de los recursos naturales tiene que ver con su capacidad de modificar actitudes y comportamientos negativos de las personas que realizan estas actividades (Muñoz, M. J, 2012).

En Cuba desde el año 1998 y como parte de un proyecto de investigación aplicada, se comenzó a trabajar en el mejoramiento de la eficiencia energética como alternativa para reducir los gastos totales, en aras de asegurar un producto más competitivo y menos contaminante para el medio ambiente. El trabajo se intensifica a partir del año 2006 con la Revolución Energética, a lo largo de estos años se ha logrado reducir el consumo de portadores energéticos aplicando tecnologías de avanzada, como es el caso de los calentadores solares, así como desde la óptica de una mejor administración de la energía (Borges, C. A et al., 2011).

El uso de indicadores de hotel puede contribuir a mitigar los efectos de la crisis económica mundial en el sector, estos indicadores proporcionan métricas importantes que contribuyen a una toma de decisiones más asertiva y estratégica, especialmente en ese escenario de incertidumbre. De acuerdo con Principales indicadores de hotel y cómo usarlos (OMNIBEES, 2020) entre los indicadores más destacados se encuentran:

Tasa de ocupación: se encarga del porcentaje de unidades ocupadas en relación con el total que ofrece la ubicación. Es decir, representa lo ocupado que está el hotel.

Tarifa diaria promedio (ADR): Consiste en datos importantes para la planificación presupuestaria del hotel y pueda ayudar a llevar a cabo un ajuste en el valor de las tarifas diarias. La fórmula para calcularlo es:

Tarifa diaria promedio = ingresos totales para el periodo / tarifas diarias vendidas en el periodo.

Los ingresos por habitación disponible (RevPAR): Son un indicador de rendimiento básico que solo tiene en cuenta los ingresos generados por las habitaciones de hotel.

El ingreso total por habitación disponible o (TrevPAR): Es un KPI utilizado excesivamente en el mercado hotelero para evaluar los resultados comerciales. Se

enfoca en evaluar los ingresos totales generados por habitaciones alquiladas y el espacio disponible.

Tarifa de cancelación de reserva: Este indicador es responsable de mostrar la cantidad de personas que cancelaron su reserva en su hotel.

Indicadores vinculados a la ocupación hotelera: Coeficiente de ocupación = número de habitaciones ocupadas / número de habitaciones disponibles.

Número medio de clientes totales por habitación = número total de clientes / número de habitaciones ocupadas.

Número medio de niños por habitación = número total de niño alojados / número de habitaciones ocupadas.

1.1.4 Indicador Días Grado.

Los Grados Días 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 (Rodríguez, M, 2013).

Los Grados Días son esencialmente la suma de las diferencias de la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria exterior. 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 (García, Y, 2017).

Los Grados Días 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. Pueden definirse como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados Celsius 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, M, 2013).

Los Grados Días calculados por cualquier técnica se pueden aplicar ya sea para crecimiento de los cultivos o en aplicaciones de cálculos de sistemas energéticos. Lo que hace los dos usos diferentes es la elección de la temperatura base de referencia, la forma en que se selecciona, y lo que luego se hace con el total resultante de Grados Días. Su uso en las edificaciones tiene como principal aporte estimar el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono debido a la calefacción y la refrigeración, para el monitoreo continuo de la energía y el análisis energético de nuevas construcciones y de los edificios existentes, sobre la base de datos históricos. Los primeros pueden ser utilizados con el fin de establecer los presupuestos de energía, y obtener un rendimiento aproximado del edificio con los patrones típicos. Este último puede ser utilizado para evaluar el rendimiento en uso e identificar los cambios en los patrones de consumo, y establecer futuros objetivos de consumo de energía (CIBSE, 2006).

1.2 Metodologías para el Cálculo del Indicador Días Grados en hoteles.

1.2.1 Introducción a la temperatura base.

La temperatura base es la temperatura de referencia que se utiliza para el cálculo de los Grados Días. La misma 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 utilizarse con el fin de mantener condiciones de confort (Landa, J, 2005). La temperatura base para aplicaciones de refrigeración se puede definir también como la temperatura exterior en que la planta de refrigeración no es necesario operar para satisfacer las necesidades de espacio de refrigeración.

1.2.2 Métodos para calcular los Grados Días.

Los Grados Días 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 Días (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 Días de calentamiento (HDD); si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior a la base, obtendremos los Grados Días de enfriamiento (CDD). Así que podemos tener dos tipos de Grados Días: de calentamiento o de enfriamiento (Rodríguez, M, 2013).

1.2.3 Temperatura media diaria.

El estándar (Erbs, D. G et al., 1983) define Grados Días adoptando la media temperatura diaria, definida como la media aritmética del máximo y temperaturas mínimas en un día dado, como se muestra en la ecuación (1):

$$\bar{T}_{e,d} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} \quad (1)$$

Por lo tanto, HDD y CDD pueden ser calculados fácilmente de acuerdo con la ecuación (2) y (3):

$$HDD_t = \sum_{d=1}^{D_t} (T_{b,hs} - \bar{T}_{e,d})_d^+ \quad (2)$$

$$CDD_t = \sum_{d=1}^{D_t} (\bar{T}_{e,d} - T_{b,cs})_d^+ \quad (3)$$

Este enfoque permite una reducción significativa de datos, requiriendo solo las temperaturas máximas y mínimas de cada día.

En este proceso no puede haber valores negativos, por ello, cuando en el caso de los CDD, si $\bar{T}_{e,d} \leq T_{b,cs}$, esto implica que $CDD=0$. De manera similar, para el caso de los HDD, si $\bar{T}_{e,d} \geq T_{b,hs}$, entonces esto significa que $HDD=0$. Ahora bien, debido a las características particulares del presente caso de estudio, sólo resulta de interés el cálculo de los CDD, y en ello se centrará el trabajo.

1.2.4 Método para el cálculo de los Grados Días según Erbs.

Una de las vías para calcular los Grados Días mediante las temperaturas promedio mensuales, es el método desarrollado por Erbs en 1983 (García, Y, 2017). Este método intenta corregir por debajo y/o por encima los Grados Días de calentamiento o enfriamiento al usar una temperatura media mensual. Típicamente al usar las

temperaturas medias mensuales, los Grados Días son calculados como D_m ($T_b - T_m$) para los Grados Días de calentamiento y D_m ($T_m - T_b$) para los Grados Días de enfriamiento, donde D_m es el número de días del mes y T_m es la temperatura media mensual ya que este método no responde a la variabilidad de temperatura dentro del mes, para determinar las necesidades de calefacción y/o climatización. Para compensar esto, el método de Erbs calcula la desviación estándar de la temperatura media mensual alrededor del año (σ_y), y la media diaria alrededor de la media mensual (σ_m). A su vez, se usa la desviación estándar de las temperaturas medias diarias alrededor de la media mensual para estimar la variabilidad de temperatura media diaria dentro del mes. Los Grados Días durante el mes pueden ser entonces calculados como (ecuación 4):

$$GD_m = \sigma_m * (D_m)^{1.5} * \left[\frac{h}{2} + \frac{\ln(e^{-ah} + e^{ah})}{2a} \right] \quad (4)$$

Donde:

$$h = \frac{(T_b - T_m)_{\frac{1}{2}}}{\sigma_m (D_m)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{para el cálculo de los Grados Días de calefacción})$$

$$h = \frac{(T_m - T_b)_{\frac{1}{2}}}{\sigma_m (D_m)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{para el cálculo de los Grados Días de enfriamiento})$$

$$a = 1.698(D_m)^{1/2}$$

$$\sigma_m = 1.45 - 0.29 \cdot T_m + 0.664 \cdot \sigma_y$$

(Esta fórmula está concebida para las condiciones meteorológicas del Reino Unido)

La ecuación para σ_m que se ajuste a las condiciones del Caribe es:

$$\sigma_m = 3.54 - 0.029 \cdot T_m + 0.00644 \cdot \sigma_y$$

Donde:

T_b : temperatura base.

T_m : temperatura media mensual.

σ_m : Desviación estándar de las temperaturas del mes.

D_m : Días del mes.

σ_y : Desviación estándar de las temperaturas medias mensuales de todos los meses del año.

1.2.5 Método para el cálculo de los Grados Días según Hitchin.

Hitchin, 1981 propuso una fórmula relativamente simple para los Grados Días de enfriamiento que mostró una buena correlación con el clima del Reino Unido. La fórmula de Hitchin es:

$$GD_m = \frac{N_m * \Delta T_m}{1 - e^{(-k\Delta T_m)}} \quad (5)$$

$$k = \frac{2.5}{\sigma}$$

$$\Delta T_m = \begin{cases} (T_b - \bar{T}_m) & \text{para HDD} \\ (\bar{T}_m - T_b) & \text{para CDD} \end{cases}$$

Donde:

GD_m : Grados Días mensual.

N_m : número de días del mes.

T_b : temperatura base.

\bar{T}_m : temperatura promedio mensual.

σ : desviación estándar de la temperatura diaria del mes.

1.2.6 Método para el cálculo de los Grados Días según Thom.

Thom ideó un método para estimar los valores medios de los Grados Días para cualquier temperatura base utilizando medias mensuales y desviaciones estándar

de la temperatura del aire. El método se basa en la observación de que las temperaturas medias de un día en particular a través de una serie de años se distribuyen normalmente. La implementación real de la especificación Thom se basa en la construcción de la variante normalizada definida como:

$$GD_{bm} = N(T_b - T_m + Y * S_m * N^{\frac{1}{2}}) \quad (6)$$

Donde:

GD_{bm} : valor medio mensual de grados días.

T_b : temperatura base.

T_m : temperatura media del mes.

N : número de días del mes.

S_M : desviación estándar de la temperatura media mensual.

Y : el factor empírico

1.2.7 Método para el cálculo de los Grados Días según Schoenau-Kehrig.

El método fue desarrollado por Schoenau y Kehrigm, 1980 y es uno de los métodos ampliamente adoptado. Este método utiliza la desviación de las temperaturas medias diarias alrededor de la media mensual, en comparación con el método que utiliza la desviación estándar de las temperaturas medias mensuales de año en año. Se considera la desviación estándar más apropiada para ser utilizada en el cálculo, el único supuesto hecho es que por cada mes las temperaturas medias diarias, T , se dispersan alrededor de la temperatura media mensual con una distribución normal (Landa, J, 2005).

$$GD_m = N_m \cdot \sigma_d [Z_b \cdot F(Z_b) + f(Z_b)]$$

Donde Z_b es dado por las siguientes ecuaciones (7) y (8):

$$Z_b = Z_{b,h} = \frac{T_{b,h} - T_m}{\sigma_d} \quad \text{para calcular HDD} \quad (7)$$

$$Z_b = Z_{b,c} = \frac{T_m - T_{b,c}}{\sigma_d} \quad \text{para calcular CDD} \quad (8)$$

La función $f(Z)$ es la función de densidad de probabilidad normal (gaussiana) con 0 de media y desviación típica igual a 1 (ecuación 9), mientras que $F(Z)$ es la función de probabilidad normal acumulativa (ecuación 10).

$$f(Z_b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-Z_b^2}{2}\right)} \quad (9)$$

$$F(Z_b) = \int_{-\infty}^{Z_b} f(Z_b) dZ \quad (10)$$

N_m : número día del mes.

Z_b : diferencia entre la temperatura de base.

T_m : temperatura media mensual.

σ_d : desviación estándar normalizada de las temperaturas medias diarias del mes.

T_b : temperatura base.

$f(Z)$: función acumulativa normal probabilística.

$F(Z_b)$: función probabilística de densidad (se mueve desde 0 a 1 desviación estándar)

Este modelo tiene la ventaja de usar funciones estadísticas fáciles de programar en cualquier tipo de hoja de cálculo. Tiene como desventajas, que se pierde la forma tradicional de la ecuación para el cálculo de los Grados Días y no propone un método para el cálculo de la desviación estándar de las temperaturas medias diarias mensuales.

1.2.8 Método para el cálculo de los Grados Días según Rodríguez Santos.

El modelo que se propone para el cálculo de los Grados Días de enfriamiento y/o calentamiento, establece como variables climatológicas, la temperatura media diaria (t_m), la temperatura media mínima diaria (t_{min}) y la temperatura máxima diaria (t_{max}), todas para un periodo de tiempo de un mes. Con estas variables se define el parámetro adimensional (α).

$$\alpha = \frac{t_m}{t_{max} - t_{min}} \quad (11)$$

Para el cálculo de los Grados Días de enfriamiento y calentamiento mensual con temperatura base variable, tradicionalmente se utilizan las expresiones (12) y (13) respectivamente:

$$GD_{me} = N \cdot (\theta_{mee} - t_b) \quad (12)$$

$$GD_{mc} = N \cdot (t_b - \theta_{mec}) \quad (13)$$

Donde:

GD_{me} : Grados Días mensuales de enfriamiento.

GD_{mc} : Grados Días mensuales de calentamiento.

t_m : temperatura media para el periodo.

t_b : temperatura base.

N : número de días del periodo correspondiente. Se toma $N = N_{mes}$ cuando el periodo se considera por un mes.

Estas expresiones resultan inexactas, para el caso en que la temperatura base toma valores en el intervalo comprendido entre la temperatura media mínima diaria hasta la temperatura media máxima diaria para el mes. El rango de valores en que la temperatura base toma valores, puede ser incluso mayor, con valores por debajo

de la temperatura mínima media o por encima de la máxima media mensual respectivamente.

En función de esto se definen 3 intervalos, los que se explican a continuación.

1.2.9 Determinación de θ_{mee} y θ_{mec} para el primer ($t_b \leq t_{min}$) y tercer intervalos ($t_b \geq t_{max}$)

Para todos los valores de t_b en esos intervalos, se cumple, que los valores que toman θ_{mee} y θ_{mec} son constantes e iguales a la temperatura media mensual t_m , los valores de los Grados Días mensuales de enfriamiento (GD_{me}) o calentamiento (GD_{mc}) que resulten negativos se consideran nulos.

1.2.10 Determinación de θ_{mee} y θ_{mec} para el segundo intervalo. ($t_{min} \leq t_b \leq t_{max}$).

En ese intervalo los valores de los términos θ_{mee} y θ_{mec} , varían en correspondencia con los valores que tome la temperatura base y se deben calcular siguiendo una determina secuencia de ecuaciones.

Primeramente, se definen los términos los términos t_{mee} y t_{mec} , que resultan similares a θ_{mee} y θ_{mec} , radicando la diferencia entre ellos, en que el valor de los parámetros θ_{mee} y θ_{mec} , se definen mediante ecuaciones no lineales.

El cálculo de las variables (t_{mee}) y (t_{mec}) se realiza mediante las ecuaciones (14) y (15):

$$t_{mee} = (t_b - t_{min}) \left(\frac{t_{max} - t_m}{t_{max} - t_{min}} \right) + t_m \quad (14)$$

$$t_{mec} = (t_b - t_{min}) \left(\frac{t_m - t_{min}}{t_{max} - t_{min}} \right) + t_m \quad (15)$$

Realizándose el cálculo de θ_{mee} y θ_{mec} , mediante las ecuaciones:

$$\theta_{mee} = (t_{mee} - t_{max}) e^{Ze(t_{mee} - t_m)} + t_{max} \quad (16)$$

$$\theta_{mec} = (t_{mec} - t_{min}) e^{Zc(t_m - t_{mec})} + t_{min} \quad (17)$$

Los coeficientes (Z_e) y (Z_c) para enfriamiento y calentamiento respectivamente, tienen valores constantes para todo el intervalo y se calculan por las ecuaciones (18) y (19).

Para un determinado valor de la temperatura base t_b , se propone calcularlos para el punto donde t_b iguala en valor a la temperatura media mensual t_m .

$$Z_e = \frac{\ln \frac{\theta_{mee} - t_{max}}{t_{mee} - t_{max}}}{t_{mee} - t_m} \quad (18)$$

$$Z_c = \frac{\ln \frac{\theta_{mec} - t_{min}}{t_{mec} - t_{min}}}{t_m - t_{mec}} \quad (19)$$

En las ecuaciones (18) y (19) se sustituyen los valores de (t_{mee}) y (t_{mec}) calculados por las ecuaciones (14) y (15) en las cuales, el termino t_b se sustituye por t_m , estos mismos valores de (t_{mee}) y (t_{mec}) se sustituyen en las ecuaciones (20) y (21), para el cálculo de los valores de θ_{mee} y θ_{mec} a sustituir en las ecuaciones (18) y (19).

$$\theta_{mee} = t_{mee} - Z \quad (20)$$

$$\theta_{mec} = t_{mec} + Z \quad (21)$$

El parámetro (Z), que relaciona los parámetros (θ_{mee} y θ_{mec}) con los parámetros (t_{mee} y t_{mec}), depende de las características climatológicas de la región geográfica de cada y se calcula como:

$$Z = A \cdot \varpi^{-B} \quad (22)$$

Dónde el término ϖ fue definido en la ecuación (9) y A y B son coeficientes específicos para la región.

Con los valores determinados de los coeficientes (Z_e) y (Z_c), para las expresiones (18) y (19) se calculan los valores de θ_{mee} y θ_{mec} para todos los valores de t_b en el segundo intervalo y se determinan los Grados Días de enfriamiento (GD_{me}) y calentamiento (GD_{mc}) por las ecuaciones (12) y (13).

El modelo permite determinar los (GD_{mc}) a partir del cálculo de los (GD_{me}) o viceversa, mediante las ecuaciones (23) y (24) y realizar comprobaciones, mediante las ecuaciones (25) y (26).

$$GD_{me} = N(t_m - t_b) + GD_{mc} \quad (23)$$

$$GD_{mc} = GD_{me} - N(t_m - t_b) \quad (24)$$

$$\theta_{mee} + \theta_{mec} = t_m + t_b \quad (25)$$

$$\theta_{mee} + \theta_{mec} = t_{mee} + t_{mec} \quad (26)$$

Con anterioridad se destacó que el procedimiento de cálculo se hace específico en dependencia de que los Grados Días se calculen prioritariamente para enfriamiento o para calentamiento, lo que posibilita que el modelo se pueda sintetizar en dos modelos, uno para el cálculo de los Grados Días de enfriamiento y otro para el cálculo de los Grados Días de calentamiento.

1.2.11 Calculadora de DGE (días grado enfriamiento).

Es un software creado en el marco del proyecto territorial IDENTUR por profesores del Departamento de Mecánica de la Universidad de Matanzas y presentado en el evento CIUM 2021 enfocado al cálculo de los Días Grado enfriamiento. Ha sido elaborado para el fácil empleo por especialistas energéticos del sector hotelero (Roque-Villalonga et al., 2021).

En el mismo se introducen los datos iniciales como: Consumo Eléctrico (kWh) y valor mensual del índice Habitación Día Ocupada (HDO) de la instalación estudiada, para posteriormente proceder a calcular el indicador mediante los métodos: PLM, Erbs, Hitchin y Shoenau-Kehrig.

El software realiza una comparación de los gráficos obtenidos por cada método de cálculo. El especialista deberá seleccionar cuál es el mejor de los métodos de cálculo empleados basándose en el mejor valor de R^2 obtenido y entonces utilizar el mismo en la instalación hotelera para tener una predicción de consumo eléctrico.

Conclusiones Parciales.

- Los indicadores de desempeño energético se definieron, demostrándose que los Días Grados de Enfriamiento, es el más eficiente, para determinar los consumos energéticos de las instalaciones hoteleras.
- En la bibliografía revisada se encontraron 4 métodos principales para el cálculo del indicador DGE (PLM, Erbs, Hitchin y Schoenau-Kehrig), usados en la industria hotelera a nivel mundial.

Capítulo II: Herramienta para el cálculo del Indicador Días Grado de enfriamiento.

El software necesita para su funcionamiento los valores de los consumos eléctricos y HDO mensuales del hotel a estudiar y la TBS media diaria de la zona geográfica donde se ubica dicho hotel.

2.1 Electricidad y HDO.

En la calculadora se introduce en la primera hoja (Electricidad y HDO) el nombre del hotel y el año de estudio, además, los valores del consumo eléctrico mensual en (kWh) de la institución y el valor de las habitaciones días ocupadas (HDO) correspondiente por cada mes. Solo se cambiará en la columna Días, el mes de febrero en caso de ser un año bisiesto se colocará (29) ver (Figura 1).

Hotel de muestra (año)			
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO
Enero	31	x	x
Febrero	28	x	x
Marzo	31	x	x
Abril	30	x	x
Mayo	31	x	x
Junio	30	x	x
Julio	31	x	x
Agosto	31	x	x
Septiembre	30	x	x
Octubre	31	x	x
Noviembre	30	x	x
Diciembre	31	x	x

Figura 1 Electricidad y HDO. Fuente: Calculadora de DGE.

2.2 DGE-TBS

En la hoja DGE-TBS (segunda hoja) se introduce la temperatura de bulbo seco media diaria del año de estudio por meses, y el programa te calcula los DGE diarios y mensuales o sea la diferencia con respecto a las distintas temperaturas base (desde 14 a 26°C) que puedes tomar y el color corresponde si el valor del cálculo es positivo o negativo, ver (Figura 2 y 2.1).

Días-Grado De Enfriamiento Para La Temperatura De Bulbo Seco Media																	
Días	TBS Media (°C)	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	2
1	24.2	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	
2	24.0	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	
3	24.9	10.9	10.4	9.9	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	
4	24.6	10.6	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	
5	25.3	11.3	10.8	10.3	9.8	9.3	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8	4.3	
6	24.1	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	
7	21.9	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	
8	20.6	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	
9	21.5	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	
10	23.0	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	

Figura 2 DGE-TBS, Días-Grado De Enfriamiento Para La Temperatura De Bulbo Seco Media. Fuente: Calculadora de DGE.

2.2.1 Ejemplo del cálculo de DGE en DGE-TBS.

Calculo de DGE para el día 1 (TBS=24.2) a $T_b=14^\circ\text{C}$ ver (Figura 2.1).

$$\text{DGE} = \text{TBS} - \text{TB (para climatización)}$$

$$\text{DGE} = 24.2 - 14$$

$$\text{DGE} = 10.2$$

Días	TBS Media (°C)	14.0
1	24.2	10.2

Figura 2.1 Cálculo para el día 1 y $T_b=14$. Fuente: Calculadora de DGE.

2.3 Metodologías para el cálculo del indicador DGE.

En las hojas (PLM, Erbs, Hitchin y Schoenau-Kehrig) solamente se introduce el valor de la temperatura base correspondiente ver (Figura 3), el programa te calcula los DGE mediante los diferentes métodos, graficando el indicador contra el consumo, además del indicador por las HDO contra el consumo. Métodos:

2.3.1 Método PLM.

Método de línea de operación (PLM), se aplica el método indicado por *American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)*, que está basado sólo en datos meteorológicos y consiste en la suma positiva de las diferencias entre la temperatura ambiente y una temperatura de referencia en un periodo de tiempo determinado.

$$DGE = \sum_1^n (\bar{T}_o - T_b) \quad (27)$$

Donde \bar{T}_o es la temperatura media y T_b la temperatura base.

2.3.2 Método Erbs.

Método Erbs, el segundo método aplicado utiliza la desviación estándar de las temperaturas medias diarias alrededor de la media mensual para estimar la variabilidad de temperatura media diaria dentro del mes y calcula la desviación estándar de la temperatura media mensual alrededor del año. Es presentado por Erbs en 1983 y se formula como:

$$DGE = \sigma_m * (D_m)^{1.5} * \left[\frac{h}{2} + \frac{Ln(e^{-ah} + e^{ah})}{2a} \right] \quad (28)$$

Donde D_m es el número de días del mes, σ_y es la desviación estándar de las temperaturas medias mensuales de todos los meses del año y:

$$h = \frac{(T_a - T_b)}{\sigma_m (D_m)^{0.5}}$$

$$a = 1.698 (D_m)^{0.5}$$

$$\sigma_m = 3.54 - 0.029 T_a + 0.664 \sigma_y$$

2.3.3 Método Hitchin.

Método Hitchin, el tercer método está basado en la temperatura media mensual y la desviación estándar a lo largo del mes. Es presentado por (Hitchin, E. R, 1983). Se formula como:

$$DGE = \frac{D_m * (T_b - T_m)}{1 - e^{-(T_b - T_m)}} \quad (29)$$

Donde T_m es la temperatura promedio mensual y k es la constante de la localidad que se calcula como:

$$k = \frac{2.5}{\sigma_t}$$

Donde σ_t es la desviación estándar de las temperaturas del mes.

2.3.4 Método Schoenau-Kehrig.

Método Schoenau-Kehrig, el último método utilizado fue desarrollado por (Schoenau, G & Kehrig, R. A, 1990) y es uno de los métodos más ampliamente adoptados. Este método utiliza la desviación de las temperaturas medias diarias alrededor de la media mensual, se considera la desviación estándar más apropiada para ser utilizada en el cálculo, el único supuesto hecho es que por cada mes las temperaturas medias diarias se dispersan alrededor de la temperatura media mensual con una distribución normal. Se formula como:

$$DGE = N * S_d [Z_d * F(Z_b) + f(Z_b)] \quad (30)$$

Donde Z_b se calcula como:

$$Z_b = \frac{T - T_b}{S_d}$$

A su vez N es el número de días del mes, T es la temperatura media mensual, S_d es desviación estándar normalizada de las temperaturas medias diarias para el mes, $F(Z_b)$ es la función acumulativa normal probabilística, $f(Z_b)$ es la función probabilística de densidad (se mueve desde 0 a 1 desviación estándar).

Introduzca el valor de Tb	X
---------------------------	---

Figura 3 Celda donde se introduce la Tb en las hojas (PLM, Erbs, Hitchin y Schoenau-Kehrig). Fuente: Calculadora de DGE.

2.4 Comparación.

El programa concluye con una comparación de todos los gráficos obtenidos por cada método de cálculo. Se debe seleccionar el mejor método de cálculo empleado basándose en el mejor valor de R^2 y utilizar el mismo en la instalación hotelera para tener una predicción de consumo eléctrico, ver (Figura 4).

Hotel de muestra (año)

Método	PLM	Erbs	Hitchin	Schoenau-Kehrig
Tb(°C)	x	x	x	x
R ²	x	x	x	x

Figura 4 Comparación. Fuente: Calculadora de DGE.

2.4.1 Coeficiente de Regresión(R^2)

La literatura especializada propone que para que un índice sea adecuado como IDEn, el coeficiente de regresión (R^2) entre las variables relacionadas, debe ser igual o mayor que 0,75. Se considera que indicadores con una correlación $R^2 > 0,6$ son indicadores potenciales, y aquellos con $R^2 > 0,8$ son indicadores potencialmente fuertes (Martínez, K. E, 2020).

Conclusiones Parciales.

-La herramienta calculadora de Días Grado de Enfriamiento incluye 4 de los principales métodos para el cálculo del indicador, usados a nivel mundial en las instalaciones hoteleras

-Presenta una interfaz de fácil manejo y permite la comparación, teniendo en cuenta el coeficiente de correlación, para la selección del método adecuado de cálculo de los DGE.

Capitulo III Aplicación de la herramienta para el cálculo del indicador Días Grado de Enfriamiento. Caso de Estudio, Cienfuegos.

El hotel Rancho Luna es uno de los hoteles más populares de la región cienfueguera, preferido tanto por el público nacional como por el extranjero. En el presente capítulo se caracterizará el hotel Rancho Luna. Además, se procederá a calcular el indicador Días Grados mediante diferentes métodos, para, con estos resultados realizar un análisis energético y proponer posibles mejoras en la instalación.

3.1 Caracterización del hotel.

La construcción del Hotel Rancho Luna se inicia a petición de la compañera Celia Sánchez Manduley, fue inaugurado oficialmente el 10 de julio de 1981. Inicialmente se concibió la idea de construir un motel, pero luego se le fueron adicionando instalaciones propias de los hoteles (Vázquez, M. C, 2014).

El Hotel Rancho Luna, forma parte del complejo hotelero Rancho Luna – Faro Luna perteneciente a la cadena Gran Caribe. El mismo se encuentra ubicado en la playa del mismo nombre, en las afueras de la bahía de la provincia de Cienfuegos, en el kilómetro 17 de la carretera de Pasacaballo, Cienfuegos, Cuba y a tan sólo 20 km del aeropuerto internacional Jaime González (Vázquez, M. C, 2014).

Debido a las características y atractivos del entorno, así como la cercanía a la playa del mismo nombre, es que a lo largo de los años en este hotel se ha recibido tanto turismo nacional como internacional. El principal mercado emisor es el canadiense, el cual comenzó a operar desde el año 1984 a través de la agencia Multitour. La temporada alta para el turismo canadiense se inicia en los meses de más crudo invierno en su país, de diciembre a abril.



Figura 5 Imágenes del hotel Rancho Luna.

El hotel, ostenta categoría tres estrellas, opera bajo la modalidad de Todo Incluido en la sección de Rancho Luna. La visita del turismo se caracteriza por una temporada alta, la que comprende los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, y una temporada baja durante los restantes meses del año (Madrigal, J. A, 2015).

El centro turístico Rancho Luna tiene 222 habitaciones de las cuales 213 son estándares, 6 minisuits y 3 suits. Todas las habitaciones están climatizadas, tienen televisión satelital, teléfono, agua fría y caliente, teléfono y caja de seguridad.

Consta de otros servicios como Bar en el Lobby, Restaurante a la carta, Buro de Turismo, Piscina, Snack Bar en la piscina, Tienda, Zona de Buceo, Restaurante Buffet, Rentas de autos y demás facilidades, que hace que el hotel sea de más capacidad habitacional y territorial en la provincia.



1. Bloque A
2. Bloque B
3. Bloque C
4. Área de Mantenimiento
5. Edificio Administrativo
6. Snack Bar de piscina
7. Piscina
8. Áreas deportivas
9. Ranchón de la Playa
10. Playa

Ac
10

Figura 6 Ubicación de las áreas del hotel de Rancho Luna.

3.1.1 Servicios del hotel.

La animación forma parte de los espectáculos del complejo turístico, siendo esta del disfrute de todos los huéspedes. En este sentido el complejo turístico en cuestión realiza actividades tales como ejercicios aeróbicos, clases de baile, español y percusión, deportes acuáticos y terrestres (tenis de mesa y campo, billar, mini golf, kayak, bicicletas acuáticas, catamarán, voleibol, etc.). Además, se realizan juegos participativos y juegos de mesa, espectáculos nocturnos (comedias musicales, desfiles de modas, etc.), música en vivo, karaoke, iniciación de buceo en la piscina, centro internacional de buceo, paseos a caballo.

La instalación también ofrece otros servicios entre los que se encuentran los servicios de consultoría, Productos gastronómicos, servicio de traducción e interpretación, servicios de fax – e mail, salón Multipropósito para la celebración de eventos, bodas, quince, actividades nocturnas, gimnasio con sauna, piscina para niños y adultos, servicios Médicos, tienda Caracol, alquiler de autos, servicios de taxis y parqueo

De acuerdo con lo expresado por (Vázquez, M. C, 2014) la misión del hotel está centrada principalmente a prestar servicios de alojamiento y gastronómicos, en

moneda libremente convertible y en moneda nacional para los clientes autorizados de acuerdo a las reglamentaciones vigentes. Hotel todo incluido y de playa que brinda a sus clientes una experiencia atractiva, en un entorno natural, sobre la base de un trabajo en equipo, dinámico y hospitalario, en función de la satisfacción del cliente.

Sosteniendo que el Hotel Rancho Luna es líder en el hotelería en Cienfuegos, donde el entorno natural, el calor humano, la calidad del servicio, el trabajo profesional y en equipo, la hospitalidad y el entretenimiento, acompañan su estancia.

3.2 Selección de la temperatura base para el caso de estudio.

En la literatura correspondiente se observa que el valor de la T_b para el cálculo de los DGE varía entre los 16 y 22 °C, usándose mayormente el rango de 18 a 20 °C ya que la temperatura considerada de confort es de 24 °C, esto depende de la región geográfica y el tipo de edificación a estudiar. Aplicando el método gráfico analítico se estableció como temperatura base más adecuada para los análisis energéticos en hoteles del municipio de Cienfuegos la de 20 °C (Raya, M, 2018). Se usarán valores de $T_b = 19, 20$ y 21°C , y se compararán para seleccionar el óptimo valor.

3.3 Cálculo de los DGE.

Se procede al cálculo del indicador DGE de noviembre del 2021 a octubre del 2022 en el Hotel Rancho Luna, usando La calculadora DGE que se explica en el capítulo anterior (del epígrafe 2.1 al 2.4). Se decide usar esta vía de cálculo porque, incluye diferentes métodos, por su fácil uso y exactitud en los resultados. Se explicará la metodología para su empleo paso por paso.

3.3.1 Hoja Electricidad y HDO para Rancho Luna.

En la Figura (7) se introduce el nombre del hotel, año de estudio, los datos mensuales del consumo eléctrico y las habitaciones días ocupadas (HDO) de noviembre del 2021 a octubre del 2022.

Rancho Luna			
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO
Noviembre 2021	30	72597.0	1525
Diciembre 2021	31	113914.0	3569
Enero 2022	31	112991.0	4152
Febrero 2022	28	118667.0	3883
Marzo 2022	31	136181.0	4203
Abril 2022	30	120493.0	3392
Mayo 2022	31	122053.0	3151
Junio 2022	30	107725.0	2511
Julio 2022	31	133323.0	3277
Agosto 2022	31	139451.0	3641
Septiembre 2022	30	118489.0	3225
Octubre 2022	31	128588.0	3868

Figura 7 Electricidad y HDO para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

3.3.2 Hoja DGE-TBS para Rancho Luna.

En la Figura 8 se muestra el valor de la TBS media diaria del año de estudio, en este caso como referencia de noviembre de 2021,

Días-Grado De Enfriamiento Para La Temperatura De Bulbo Seco Media																												
	Días	TBS Medi a (°C)	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	
Noviembre	1	24.2	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
	2	24.0	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3	24.9	10.9	10.4	9.9	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	
	4	24.6	10.6	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	
	5	25.3	11.3	10.8	10.3	9.8	9.3	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3	1.8	1.3	0.8	0.3	0.0	0.0	
	6	24.1	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
	7	21.9	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8	20.6	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9	21.5	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10	23.0	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11	23.4	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12	23.5	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	13	25.2	11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0
	14	24.7	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	15	23.9	9.9	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16	24.2	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	17	25.3	11.3	10.8	10.3	9.8	9.3	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3	1.8	1.3	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0
	18	26.1	12.1	11.6	11.1	10.6	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0
	19	25.7	11.7	11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0
	20	25.6	11.6	11.1	10.6	10.1	9.6	9.1	8.6	8.1	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.1	4.6	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0
	21	25.7	11.7	11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	8.7	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0
	22	24.5	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	23	22.2	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	24	21.2	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	25	22.2	8.2	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	26	22.3	8.3	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3	1.8	1.3	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	27	22.0	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	28	21.8	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3	1.8	1.3	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	29	21.4	7.4	6.9	6.4	5.9	5.4	4.9	4.4	3.9	3.4	2.9	2.4	1.9	1.4	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	21.7	7.7	7.2	6.7	6.2	5.7	5.2	4.7	4.2	3.7	3.2	2.7	2.2	1.7	1.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		706.7	286.7	271.7	256.7	241.7	226.7	211.7	196.7	181.7	166.7	151.7	136.7	121.7	106.7	91.7	77.1	63.0	50.6	40.4	30.9	22.0	14.1	8.1	3.9	1.1	0.1	

Figura 8 DGE-TBS, Días-Grado De Enfriamiento para La Temperatura De Bulbo Seco Media de noviembre del 2021(ver en los anexos de diciembre del 2021 a octubre del 2022) para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

3.3.3 Hoja PLM para Rancho Luna, Tb=19°C.

La Figura 9 corresponde al método de cálculo PLM y solo se introduce el valor de la Tb=19°C.

Introduzca el valor de Tb	19
----------------------------------	-----------

Obtención de Indicadores Tb=19						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	136.7	208467.5
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	146.8	523929.2
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	97.3	403989.6
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	137.9	535465.7
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	172.8	726278.4
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	181.6	615987.2
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	222.0	699522.0
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	220.6	553926.6
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	254.8	834979.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	250.3	911342.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	229.9	741427.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	205.2	793713.6

Figura 9 PLM. Obtención de indicadores con Tb=19°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

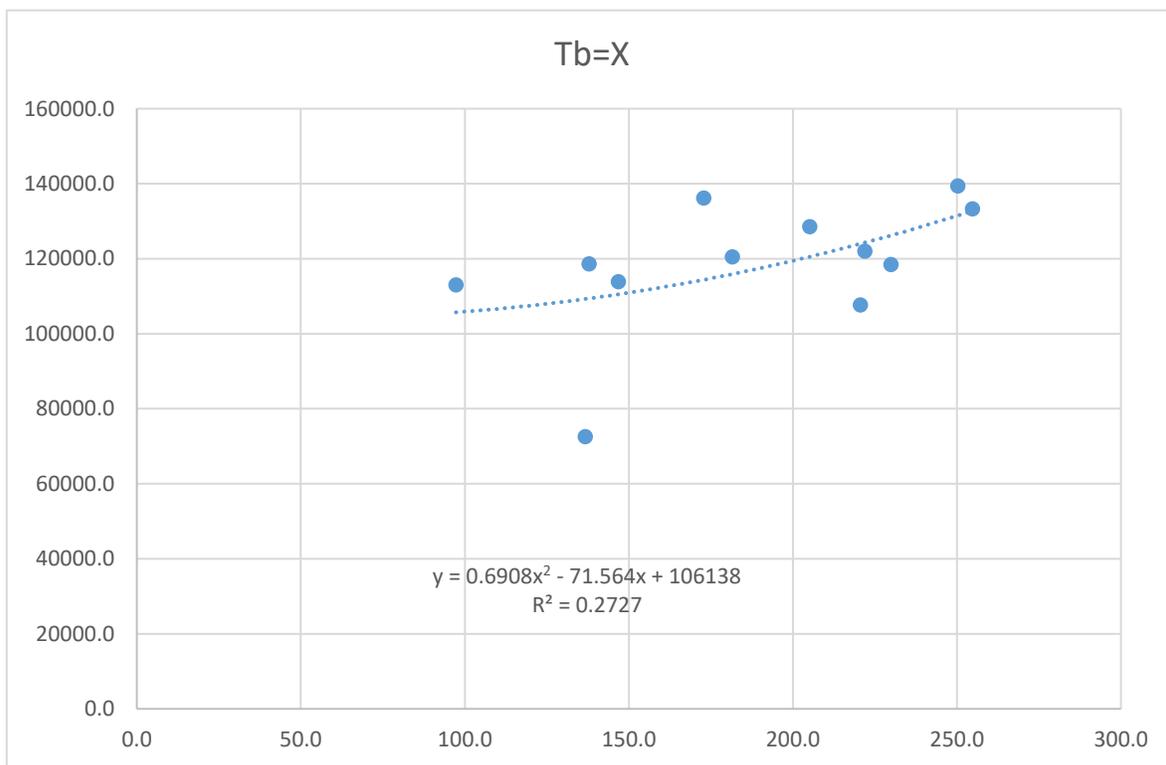


Grafico 1: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

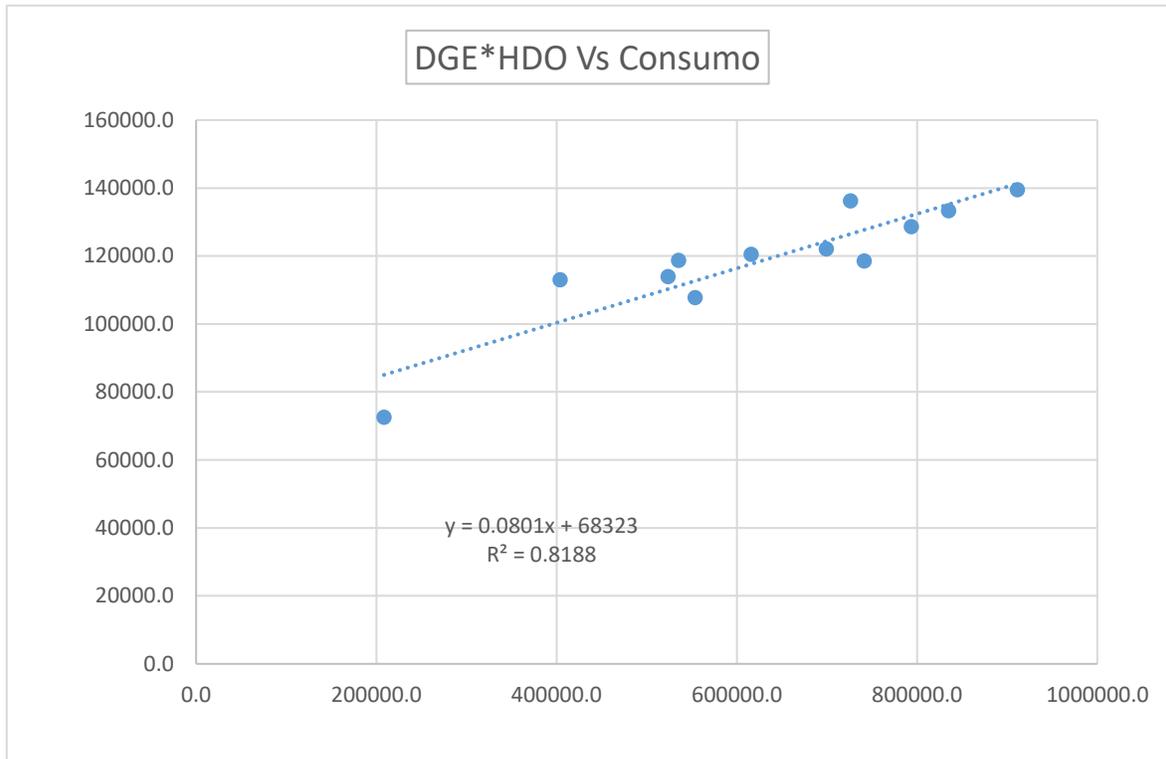


Grafico 2: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

3.3.4 Hoja Erbs para Rancho Luna, $T_b=19^\circ\text{C}$.

La Figura 10 y 10.1 corresponden al método de cálculo Erbs y solo se introduce el valor de la $T_b=19^\circ\text{C}$.

Introduzc
a el valor
de Tb

19

	Mes	Dias	Temp.Media(Ta)	om	a	Tbase	h	GDm
11	Noviembre	30	23.5567	2.8577	9.3003	19	0.2911	136.8100
12	Diciembre	31	23.7355	2.8525	9.4541	19	0.2982	146.8904
1	Enero	31	21.9194	2.9052	9.4541	19	0.1805	91.3586
2	Febrero	28	23.9250	2.8470	8.9850	19	0.3269	137.9638
3	Marzo	31	24.5742	2.8282	9.4541	19	0.3540	172.8294
4	Abril	30	25.0533	2.8143	9.3003	19	0.3927	181.6140
5	Mayo	31	26.1613	2.7821	9.4541	19	0.4623	222.0007
6	Junio	30	26.3533	2.7766	9.3003	19	0.4835	220.5997
7	Julio	31	27.2194	2.7515	9.4541	19	0.5365	254.7972
8	Agosto	31	27.0742	2.7557	9.4541	19	0.5263	250.2974
9	Septiembre	30	26.6633	2.7676	9.3003	19	0.5055	229.8986
10	Octubre	31	25.6194	2.7979	9.4541	19	0.4249	205.2052
		oy		0.1264				

Figura 10 Erbs. Obtención de indicadores con Tb=19°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Obtención de Indicadores Tb=19						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	136.8	208635.3
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	146.9	524251.7
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	91.4	379320.9
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	138.0	535713.4
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	172.8	726401.9
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	181.6	616034.6
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	222.0	699524.3
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	220.6	553925.9
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	254.8	834970.3
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	250.3	911333.0
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	229.9	741422.8
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	205.2	793733.7

Figura 10.1 Erbs. Obtención de indicadores con $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

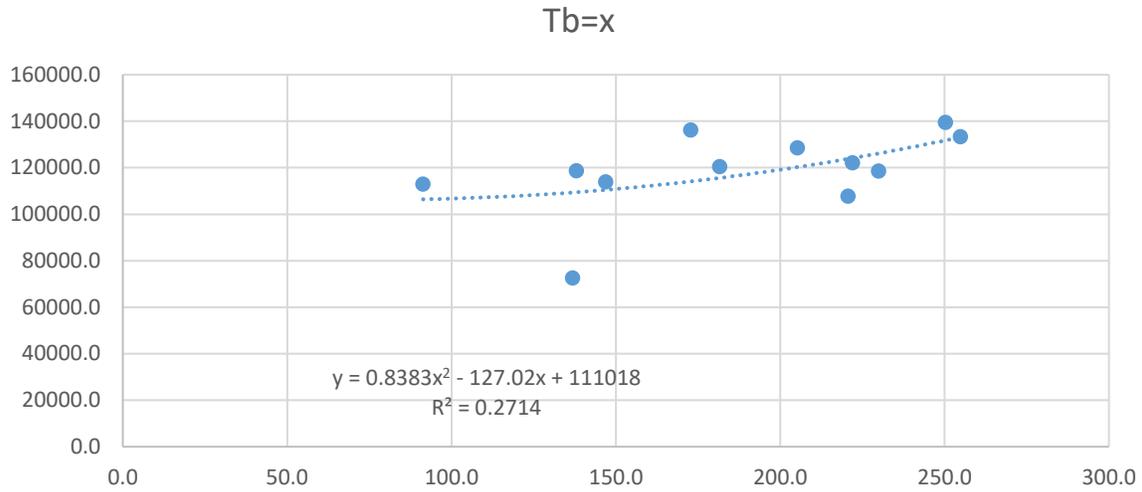


Grafico 3: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

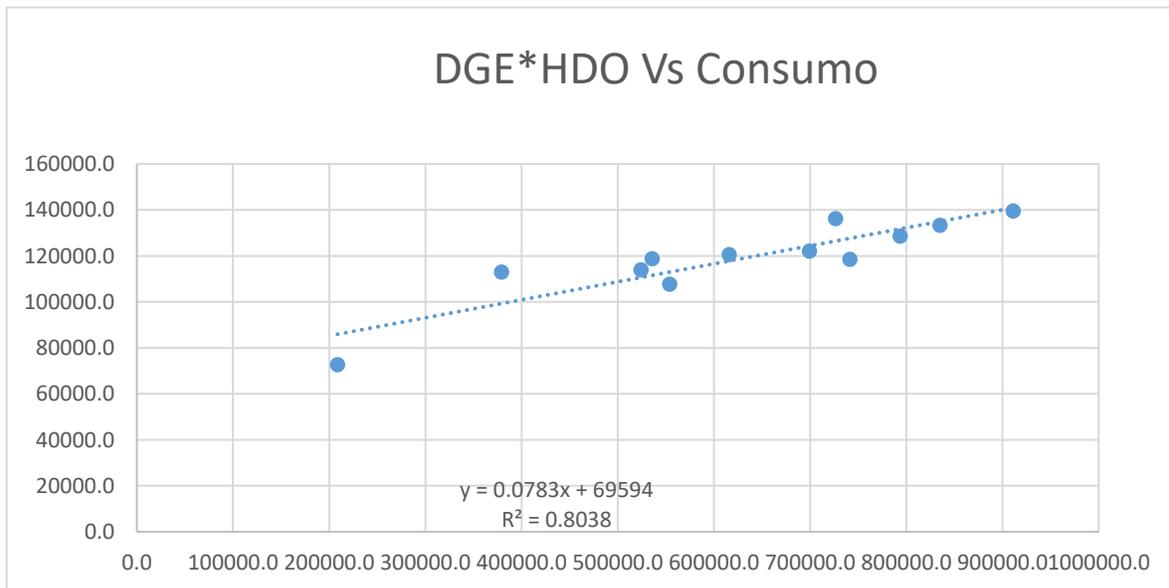


Grafico 4: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

3.3.5 Hoja Hitchin para Rancho Luna, $T_b=19^{\circ}\text{C}$.

La Figura 11 y 11.1 corresponden al método de cálculo Hitchin y solo se introduce el valor de la $T_b=19^{\circ}\text{C}$.

Introduzca el valor de T_b	19
--	-----------

	Mes	Días	Temp.Medio(T_m)	T_b	σ_t	k	DM
11	Noviembre	30	23.5567	19	1.6147	1.5482	136.82
12	Diciembre	31	23.7355	19	1.3795	1.8122	146.83
1	Enero	31	21.9194	19	2.3756	1.0524	94.90
2	Febrero	28	23.9250	19	1.0676	2.3417	137.90
3	Marzo	31	24.5742	19	1.2404	2.0154	172.80
4	Abril	30	25.0533	19	0.9644	2.5922	181.60
5	Mayo	31	26.1613	19	0.9570	2.6124	222.00
6	Junio	30	26.3533	19	0.9009	2.7751	220.60
7	Julio	31	27.2194	19	0.7012	3.5656	254.80
8	Agosto	31	27.0742	19	0.7492	3.3369	250.30
9	Septiembre	30	26.6633	19	0.8066	3.0993	229.90
10	Octubre	31	25.6194	19	1.2259	2.0392	205.20

Figura 11 Hitchin. Obtención de indicadores con $T_b=19^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Obtención de Indicadores Tb=19						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	136.8	208647.7
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	146.8	524027.5
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	94.9	394008.0
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	137.9	535470.9
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	172.8	726288.0
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	181.6	615987.3
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	222.0	699522.0
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	220.6	553926.6
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	254.8	834979.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	250.3	911342.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	229.9	741427.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	205.2	793714.7

Figura 11.1 Hitchin. Obtención de indicadores con Tb=19°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

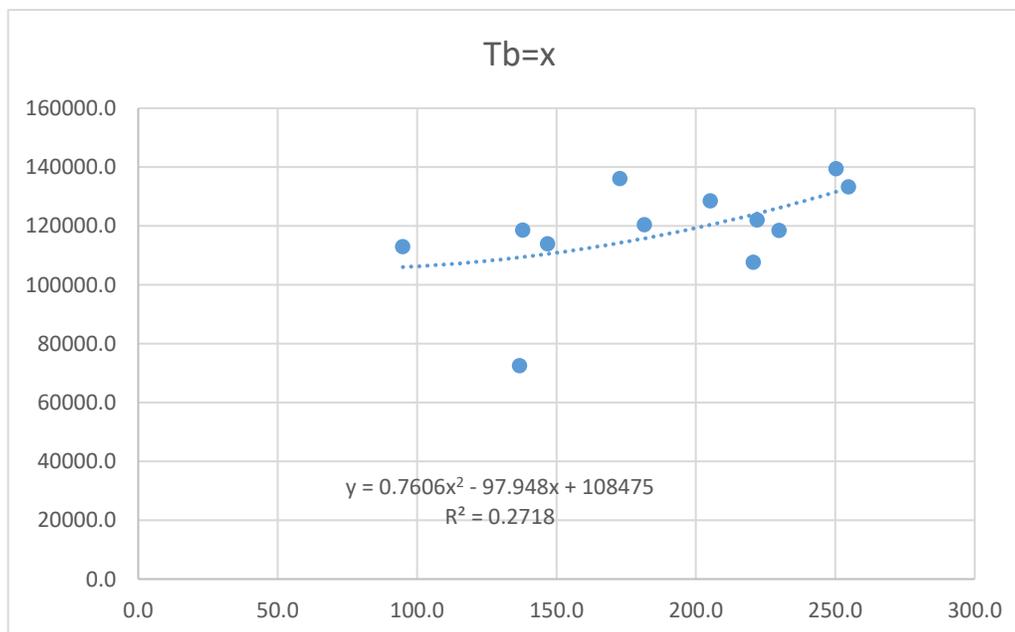


Grafico 5: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a Tb=19°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

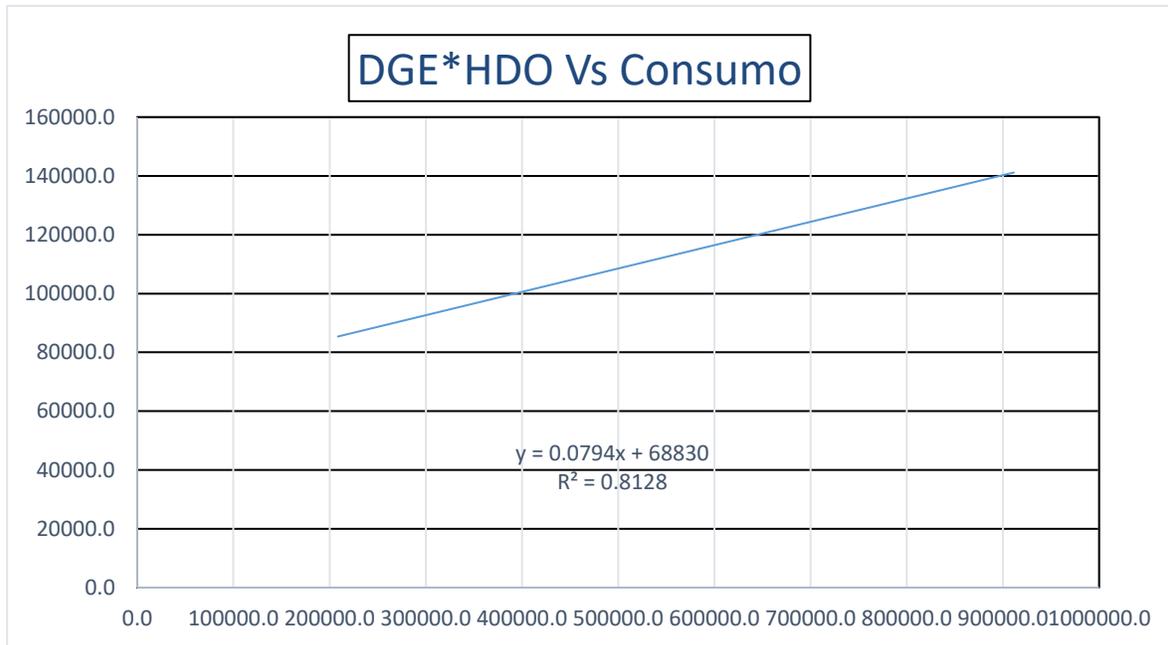


Grafico 6: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

3.3.6 Hoja Schoenau-Kehrig para Rancho Luna, $T_b=19^\circ\text{C}$.

La Figura 12 corresponde al método de cálculo Shoenu-Kehrig y solo se introduce el valor de la $T_b=19^\circ\text{C}$

Introduzca el valor de T_b	19
---------------------------------	----

Meses	Días del Mes (N)	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media ($^\circ\text{C}$)	Sd	T_b	Z_b	$F(Z_b)$	$f(Z_b)$	CDDb	CDD*HDO
Noviembre	30	72597	1525	23.56	1.59	19	2.87	1.00	0.01	136.73	208511.08
Diciembre	31	113914	3569	23.74	1.36	19	3.49	1.00	0.00	146.80	523938.36
Enero	31	112991	4152	21.92	2.34	19	1.25	0.89	0.18	94.17	390998.28
Febrero	28	118667	3883	23.93	1.05	19	4.70	1.00	0.00	137.90	535465.73
Marzo	31	136181	4203	24.57	1.22	19	4.57	1.00	0.00	172.80	726278.48
Abril	30	120493	3392	25.05	0.95	19	6.38	1.00	0.00	181.60	615987.2
Mayo	31	122053	3151	26.16	0.94	19	7.61	1.00	0.00	222.00	699522
Junio	30	107725	2511	26.35	0.89	19	8.30	1.00	0.00	220.60	553926.6
Julio	31	133323	3277	27.22	0.69	19	11.92	1.00	0.00	254.80	834979.6
Agosto	31	139451	3641	27.07	0.74	19	10.96	1.00	0.00	250.30	911342.3
Septiembre	30	118489	3225	26.66	0.79	19	9.66	1.00	0.00	229.90	741427.5
Octubre	31	128588	3868	25.62	1.21	19	5.49	1.00	0.00	205.20	793713.6

Figura 12 Shoenau-Kehrig. Obtención de indicadores con $T_b=19^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

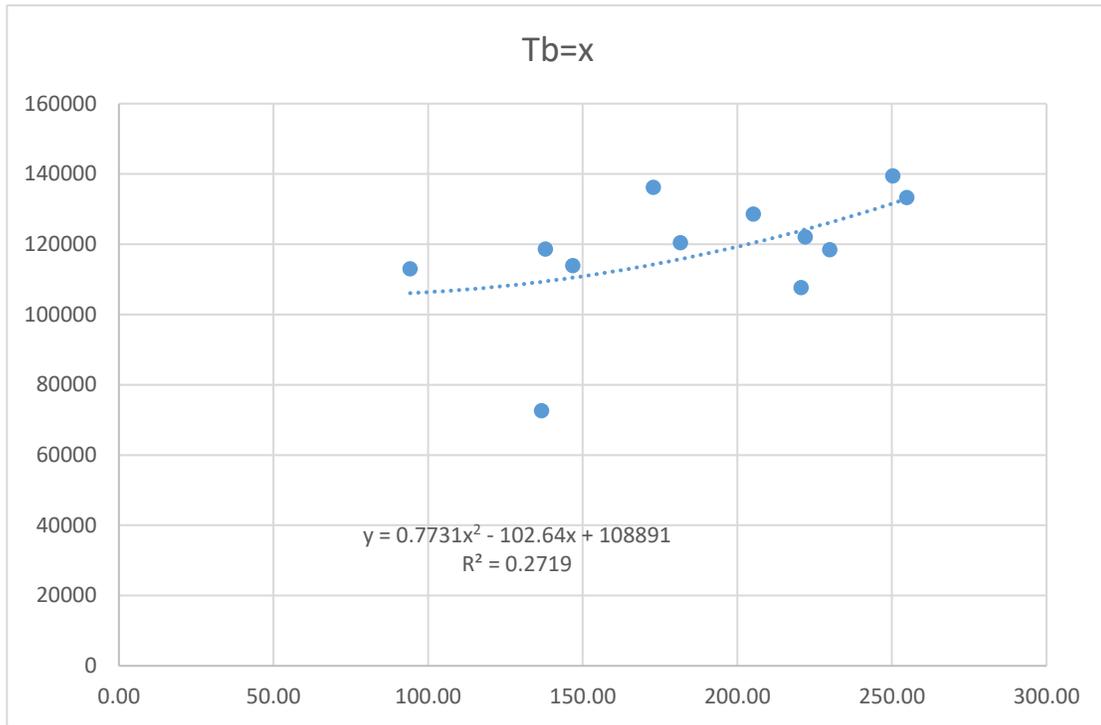


Grafico 7: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenau-Kehrig a $T_b=19^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

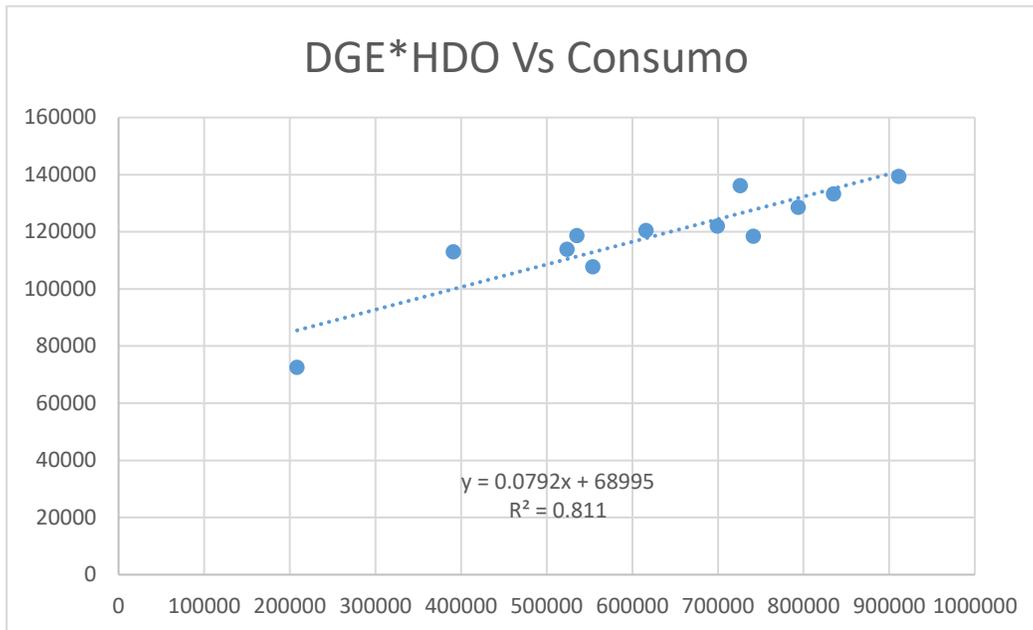


Gráfico 8: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenu-Kehrig a $T_b=19^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

3.3.7 Hoja Comparación para Rancho Luna, tomando como referencia $T_b=19^\circ\text{C}$, $T_b=20^\circ\text{C}$ y $T_b=21^\circ\text{C}$.

La Figura 13 corresponde a la comparación de todos los gráficos obtenidos por los diferentes métodos a $T_b=19^\circ\text{C}$, $T_b=20^\circ\text{C}$ y $T_b=21^\circ\text{C}$.

Rancho Luna

Método	PLM	Erbs	Hitchin	Schoenau-Kehrig
Tb(°C)	19	19	19	19
R ²	0.819	0.804	0.813	0.811

Figura 13 Comparación para Tb=19°C en Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Rancho Luna

Método	PLM	Erbs	Hitchin	Schoenau-Kehrig
Tb(°C)	20	20	20	20
R ²	0.749	0.724	0.742	0.741

Figura 13.1 Comparación para Tb=20°C en Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Rancho Luna

Método	PLM	Erbs	Hitchin	Schoenau-Kehrig
Tb(°C)	21	21	21	21
R ²	0.667	0.635	0.661	0.660

Figura 13.2 Comparación para Tb=21°C en Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

3.4 Resultados.

Como se observa en las tablas de comparación el mejor resultado del coeficiente de regresión (R^2) se obtiene mediante el método PLM y coincide como mayor en los diferentes valores de T_b . Por lo tanto, para el hotel Rancho Luna el método más apropiado a utilizar para estimar los DGE y el consumo de energía es el método PLM, que tiene el mayor valor de R^2 con una T_b de 19°C , debido que en esta temperatura se obtiene el mayor R^2 siendo igual a 0.819 y se encuentra dentro de los parámetros ya que debe ser igual o mayor que 0.75.

Conclusiones

- El indicador Días Grado de Enfriamiento es el más usado a nivel mundial para determinar y predecir el comportamiento energético en las instalaciones hoteleras, existen 4 metodologías de cálculo principales.
- La herramienta desarrollada para el cálculo de los DGE, incluye las principales metodologías de cálculo, permitiendo la comparación entre cada una de ellas y seleccionando la más adecuada.
- Para el caso de estudio en el Hotel Rancho Luna se determinó que el método PLM con una temperatura base de 19°C, permitirá predecir el comportamiento energético de la instalación.

Recomendaciones.

- Realizar los estudios en otras instalaciones hoteleras, con diferentes características del territorio o de otras provincias.
- Proponer el uso de la herramienta al MINTUR, para la predicción del consumo energético en instalaciones hoteleras de Cuba.

Referencia bibliográfica

- Albornoz, M. (2013). Innovación, equidad y desarrollo latinoamericano. *Ciencia, tecnología y sociedad*, 47.
http://old.centroredes.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=524:albornoz-innovacion-equidad-y-desarrollo&catid=10:articulos-publicados&Itemid=70
- Blogspot. (2020). *Tesis de Investigación: Indicadores*.
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2013/01/indicadores.html?m=1>
- Borges, C. A, Ribeiro, E. L, Mizubuti, I. Y, Da Silva, L. D, Pereira, E. S, Zarpelon, T. G, Constantino, C, & Favero, R. (2011). Replacement of whole corn grain by oat grain on performance of feedlot lambs receiving high grain diets. *Semina-Ciencias Agrarias*, 32. <https://www.feedipedia.org/node/18437>
- Cabello, J. J, Sousa, V, Sagastume, A, Álvarez, M, Haeseldonckx, D, & Vandecasteele, C. (2016). Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels. *Journal of Cleaner Production*, 137(20).
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.192>
- Capace, G. (2016). El uso de indicadores en la elaboración de tesis en turismo. *Revista de Ciencias Sociales*, 29, Article 29.
<http://www.unq.edu.ar/advf/documentos/59381a2230a1c.pdf>
- CEPAL. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe* (N.º 61).
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/5502-guia-metodologica-desarrollar-indicadores-ambientales-desarrollo-sostenible>

CIBSE. (2006). *TM41 Degree days: Theory and application*.

<https://www.cibse.org/knowledge-research/knowledge-portal/technical-memorandum-41-degree-days-theory-and-application-2006-pdf>

Craig, C. A. (2016). Energy consumption, energy efficiency, and consumer perceptions: A case study for the Southeast United States. *Applied Energy*, 165(1). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.069>

Durán, L, Medina, F. A, González, A. M, & Hernández, C. (2018). *Guía para la construcción y análisis de indicadores de gestión*.

Erbs, D. G, Beckman, W. A, & Klein, S. A. (1983). Estimation of degree-days and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures. *ASHRAE*.

https://scholar.google.com/cu/scholar?q=D.+G.+Erbs,+W.+A.+Beckman,+and+S.+A.+Klein,+1983&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

García, Y. (2017). *Comparación de métodos de obtención de grados-día y obtención de un Año Típico-grados-día* [Tesis de grado, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas].

<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8485/Garc%C3%A1Da%20G%C3%A1lvez%2C%20Yunior.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hitchin, E. R. (1983). Estimating monthly degree-days. *Building Services Engineering Research and Technology*, 4(4).

<https://doi.org/10.1177/014362448300400404>

Ibarguen-Valverde, Angulo-López, Rodríguez-Salcedo, & Prías-Caicedo. (2017). *Indicadores de desempeño energético: Una ruta hacia la sustentabilidad*.

- «Caso de estudio una industria torrefactora de café». *DYNA*, 84(203), Article 203. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.65336>
- Landa, J. (2005). Correlación lineal entre el consumo de energía eléctrica y parámetros climatológicos y ocupacionales. *Revista Retos turísticos*, 3(2).
- Madrigal, J. A. (2015). *Gestión del consumo de agua en el hotel Rancho Luna*. [Tesis de grado, Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez»]. http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-grado/ingenieria/mecanica/curso-2014-2015/diurno/Tesis_G%20Luis%20Enrique%20Madrazo%20Romero.pdf
- Martínez, K. E. (2020). *Procedimiento para el Benchmarking Energético de instalaciones hoteleras en Cuba* [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez».
- Mihalic, T. (2016). Sustainable-responsible tourism discourse – Towards ‘responsustable’ tourism. *Journal of Cleaner Production*, 111, 461-470. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.062>
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2022). *INDICADOR | Minciencias*. <https://minciencias.gov.co/glosario/indicador>
- Muñoz, M. J. (2012). *Reactivación turística de la parroquia crucita mediante la aplicación indicadores de gestión ambiental y su influencia en los estándares de calidad de los hoteles de la zona* [Tesis de grado, Universidad católica de Santiago de Guayaquil]. <https://typeset.io/pdf/reactivacion-turistica-de-la-parroquia-crucita-mediante-la-157yeucqfe.pdf>

- OMNIBEES. (2020). *Descubre cuáles son los principales indicadores de hotel y cómo usarlos*. <https://omnibees.com/es/2020/07/descubra-cuales-son-los-principales-indicadores-de-hotel-y-como-usarlos/>
- Pazo, L, García, O, & Dobarganes, O. (2018). Propuesta y validación de indicador de desempeño energético en un hotel de Varadero. *Retos Turísticos*, 17(2).
- Raya, M. (2018). *Evaluación de metodologías para la determinación de los Grados Días de enfriamiento* [Tesis de grado, Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez»]. http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-grado/ingenieria/mecanica/curso-2017-2018/crd/Tesis_G%20%20Marlon%20Raya%20Lajares.pdf
- Rodríguez, M. (2013). *Gestión integrada. Aprendemos el concepto uso y cálculo de los grados día*.
- Roque-Villalonga, García-Morales, O. F., & Camaraza-Medina, Y. (2021). *Herramienta de cálculo para la obtención de temperatura base en instalaciones hoteleras*. X Convención Científica Internacional.
- Roshan, G. R, Ghanghermeh. A. A, & Attia, S. (2017). Determining new threshold temperatures for cooling and heating degree day index of different climatic zones of Iran. *Renewable Energy*, 101, 156-167.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.08.053>
- Schoenau, G, & Kehrig, R. A. (1990). Method for calculating degree-days to any base temperature. *Energy and Buildings*, 14(4).
[https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90092-W](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90092-W)
- Vázquez, M. C. (2014). *Perfeccionamiento de la organización del trabajo en el Hotel Rancho Luna perteneciente a la cadena Gran Caribe* [Tesis de grado,

Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez»].

http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-grado/ciencias-economicas-y-empresariales/licenciatura-en-turismo/curso-2013-2014/fum/cienfuegos/Tesis_G%20Maria%20Caridad%20Vazquez%20Fuente.pdf

Anexos

Anexo 1

Rancho Luna		
Meses	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO
Noviembre 2021	72597	1525
Diciembre 2021	113914	3569
Enero 2022	112991	4152
Febrero 2022	118667	3883
Marzo 2022	136181	4203
Abril 2022	120493	3392
Mayo 2022	122053	3151
Junio 2022	107725	2511
Julio 2022	133323	3277
Agosto 2022	139451	3641
Septiembre 2022	118489	3225
Octubre 2022	128588	3868

Tabla 1: Valores de Electricidad y HDO

Anexo 2

Tabla 2: Valore de TBS media en (°C) de noviembre del 2021 a octubre del 2022												
Díaz	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abri	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Octu
1	24.2	23	23.7	21.1	24.2	25.7	26	25.6	28.3	28.7	25.4	25
2	24	23.2	23.6	23.7	22.3	26.2	25.9	24.3	27.4	28.6	26.8	24.9
3	24.9	21.9	23.4	24.4	24.2	25.6	26.3	24.5	28	27.2	27.5	24.4
4	24.6	22.9	22.9	24.7	23.6	25.9	25.6	26.6	26.6	27.1	26.9	23.9
5	25.3	23.5	22.9	23.5	24.3	26.1	25.5	25.9	26	26.6	27.4	25.2
6	24.1	25.3	22.8	22.5	25.1	26.2	26.4	26.2	26.8	27.7	27.5	26.3
7	21.9	25.3	23.8	23.2	25.7	26.3	26.6	27.3	27.9	26.9	26.9	26.3
8	20.6	25.7	24.3	23.7	25.4	25.7	27.5	26.5	27	26.8	27.2	25.9
9	21.5	25.2	24	24.2	24.9	23.5	26.7	25.8	26.7	26.3	27.4	27.8
10	23	24.4	24.2	23.6	25.2	22.7	26.5	26	26.1	27.8	27.3	27.2
11	23.4	25.1	22.9	24.2	25.1	24	25	26.6	26.8	27.2	27.6	27.5
12	23.5	25.7	21.6	24.3	25.2	24.8	24.5	27.4	27.8	26.4	26.8	27.5
13	25.2	24.6	21.2	24.4	23.2	26.3	25.9	27.5	27.8	26.1	25.8	26.8
14	24.7	24.1	20.2	21.5	25	26.6	25.9	27.7	27.4	27.1	25.8	26.2
15	23.9	23.6	20.8	22	25.6	25.2	25.2	26.5	26.6	27	26.2	26
16	24.2	24.5	21.1	24	25	23.9	23.5	25.7	26.9	27.2	27	26.3
17	25.3	24.7	20.8	25.6	25	24.5	26.2	26	27.5	26.3	27.4	27

18	26.1	25.3	18.8	25.4	25.6	24.2	26.1	25.3	28.5	28.1	25.8	27.1
19	25.7	24.2	20.7	24.9	26.1	25.1	26.8	26.1	28.3	27.2	26.6	25.4
20	25.6	23.9	24.5	24.5	26.3	25.4	27.2	27.6	27.5	28.9	27.3	23.4
21	25.7	23.6	24.2	24.3	25.2	25	28.1	27.7	26.9	27	27.1	23
22	24.5	22.9	24.9	24.5	25.7	25.8	28.2	26	26.3	26.2	27.3	24.6
23	22.2	20.5	22.8	24.5	25.2	25.1	26.2	26.7	27.8	26.8	26.4	25.1
24	21.2	20	19.6	24.1	25.5	23.8	25.7	26.7	27.7	27.1	26.4	25.2
25	22.2	22.5	20.2	23.5	23.2	24.3	26	27	27.4	27.1	26.1	25.1
26	22.3	23.5	22.6	24.1	22.6	25.5	26.8	25.8	26.1	27.3	24.2	24.3
27	22	22.6	23.9	25.1	21.7	24.4	26.2	25.4	27.8	27.3	27.2	24.7
28	21.8	22.6	22.7	24.4	22.3	24.6	25.5	25.7	26.9	26.2	26.7	25.2
29	21.4	23.2	18.8		22.9	24.2	25.4	26.9	26.3	26.5	26.7	25
30	21.7	24.3	15		24.7	25	26.7	27.6	26.9	26.7	25.2	25.3
31		24	16.6		25.8		26.9		27.8	25.9		26.6

Anexo 3

Introduzca el valor de Tb	20
---------------------------	-----------

Obtención de Indicadores Tb=20						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	FBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	106.7	162717.5
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	115.8	413290.2
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	70.7	293546.4
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	109.9	426741.7
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	141.8	595985.4
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	151.6	514227.2
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	191.0	601841.0
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	190.6	478596.6
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	223.8	733392.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	219.3	798471.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	199.9	644677.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	174.2	673805.6

Figura 14 PLM. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 4

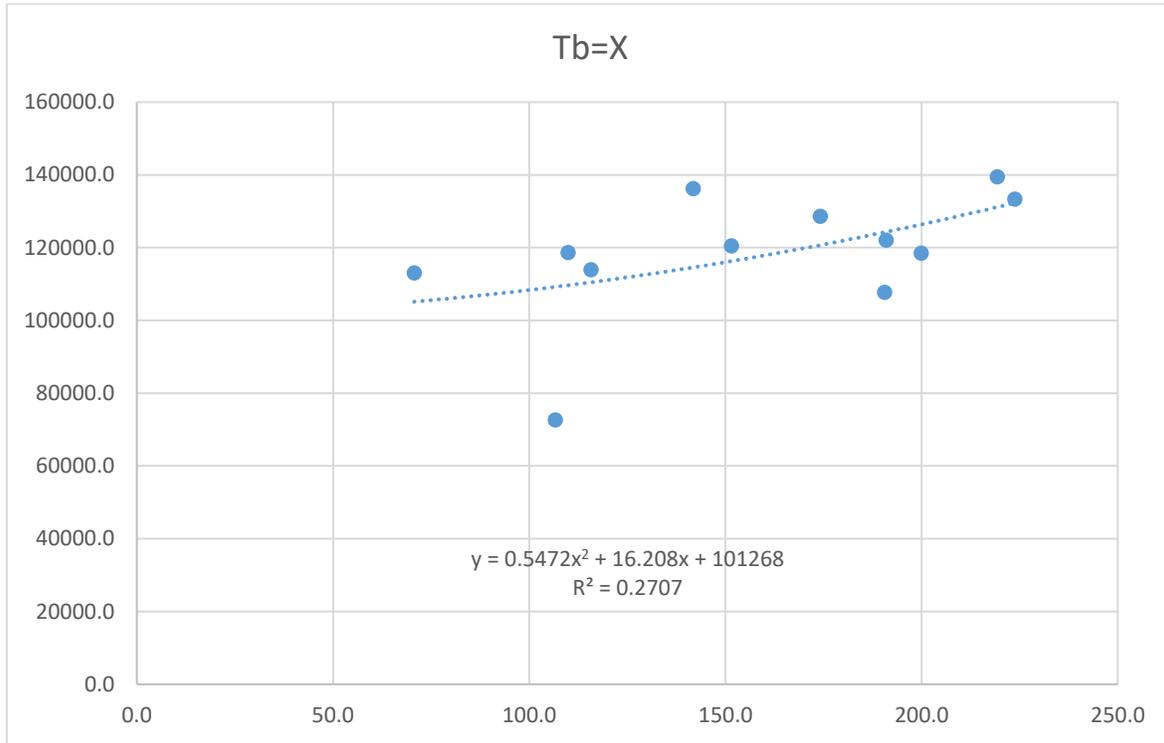


Gráfico 9: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 5

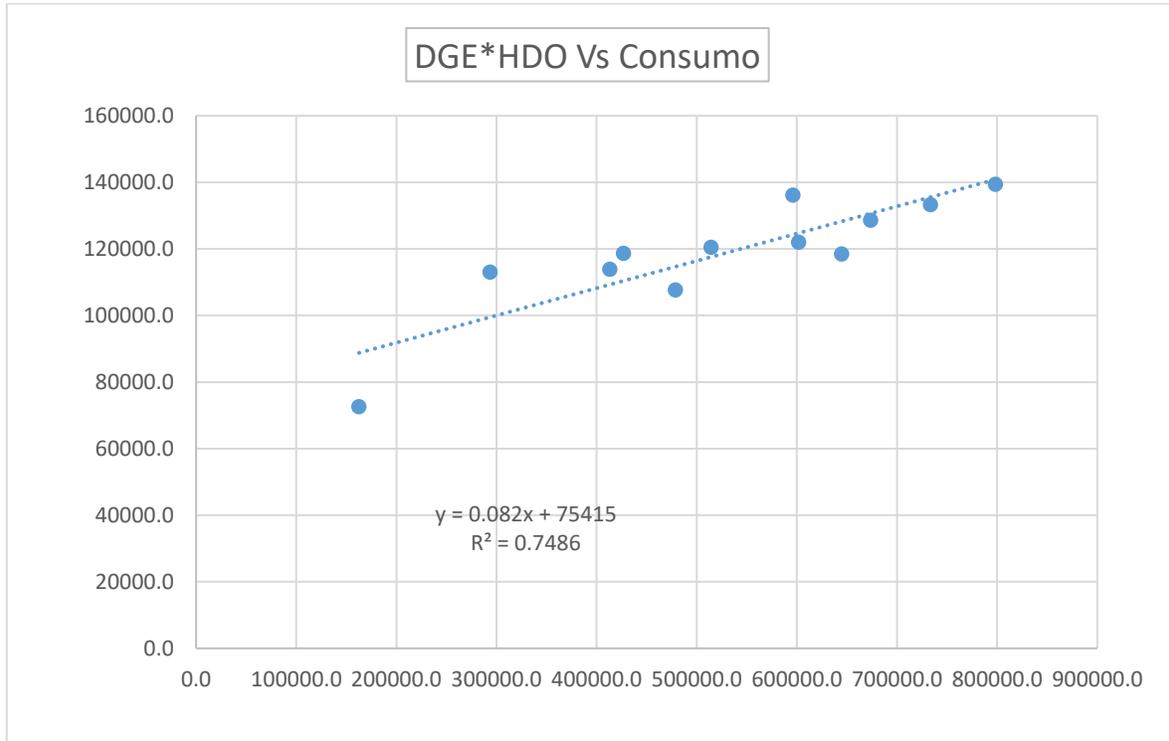


Gráfico 10: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a $T_b=20^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 6

		Introduzca a el valor de Tb							
				20					
	Mes	Dias	Temp. Media (T _a)	σ _m	a	T _{base}	h	GD _m	
11	Noviembre	30	23.5567	2.8577	9.3003	20	0.2272	107.0644	
12	Diciembre	31	23.7355	2.8525	9.4541	20	0.2352	116.1015	
1	Enero	31	21.9194	2.9052	9.4541	20	0.1187	62.1728	
2	Febrero	28	23.9250	2.8470	8.9850	20	0.2605	110.1148	
3	Marzo	31	24.5742	2.8282	9.4541	20	0.2905	141.9040	
4	Abril	30	25.0533	2.8143	9.3003	20	0.3278	151.6535	
5	Mayo	31	26.1613	2.7821	9.4541	20	0.3978	191.0109	
6	Junio	30	26.3533	2.7766	9.3003	20	0.4178	190.6075	
7	Julio	31	27.2194	2.7515	9.4541	20	0.4713	223.8000	
8	Agosto	31	27.0742	2.7557	9.4541	20	0.4611	219.3008	
9	Septiembre	30	26.6633	2.7676	9.3003	20	0.4396	199.9039	
10	Octubre	31	25.6194	2.7979	9.4541	20	0.3607	174.2252	
		σ _y	0.1264						

Figura 15 Erbs. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 7

Obtención de Indicadores Tb=20						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	107.1	163273.2
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	116.1	414366.1
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	62.2	258141.5
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	110.1	427575.7
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	141.9	596422.3
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	151.7	514408.8
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	191.0	601875.3
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	190.6	478615.4
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	223.8	733392.7
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	219.3	798474.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	199.9	644690.0
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	174.2	673903.2

Figura 15.1 Erbs. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 8

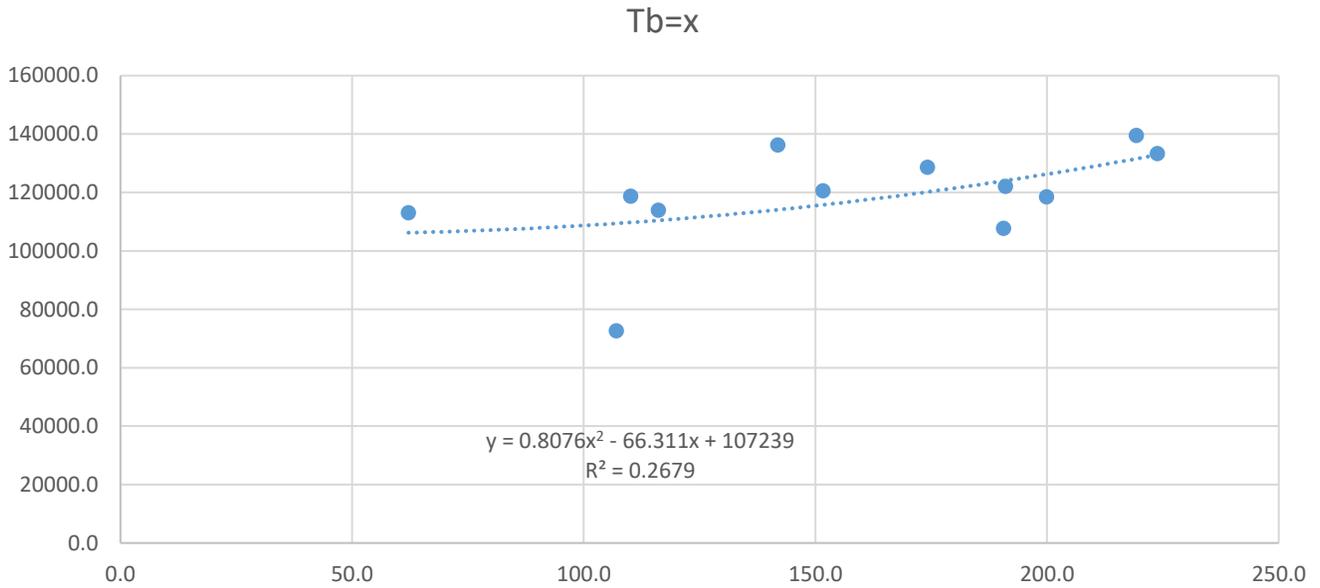


Gráfico 11: Representa los DGE vs Consumo (valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=20^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 9

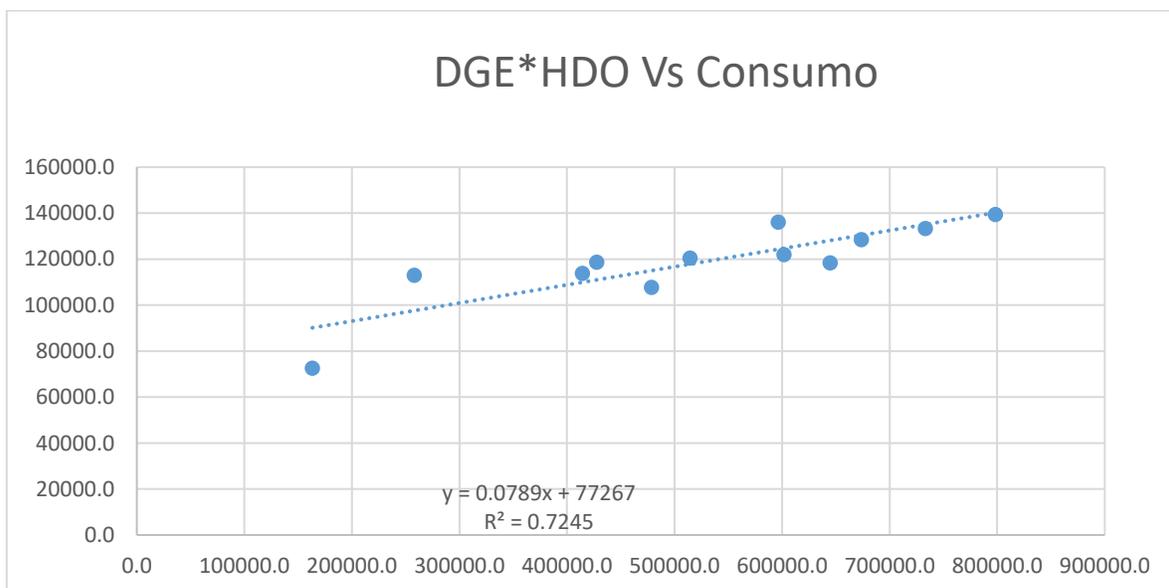


Grafico 12: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 10

Introduzca el valor de T_b	20
--	-----------

	Mes	Dias	Temp.Media(T_m)	T_b	σ_t	k	DM
11	Noviembre	30	23.5567	20	1.6147	1.5482	107.14
12	Diciembre	31	23.7355	20	1.3795	1.8122	115.93
1	Enero	31	21.9194	20	2.3756	1.0524	68.60
2	Febrero	28	23.9250	20	1.0676	2.3417	109.91
3	Marzo	31	24.5742	20	1.2404	2.0154	141.81
4	Abril	30	25.0533	20	0.9644	2.5922	151.60
5	Mayo	31	26.1613	20	0.9570	2.6124	191.00
6	Junio	30	26.3533	20	0.9009	2.7751	190.60
7	Julio	31	27.2194	20	0.7012	3.5656	223.80
8	Agosto	31	27.0742	20	0.7492	3.3369	219.30
9	Septiembre	30	26.6633	20	0.8066	3.0993	199.90
10	Octubre	31	25.6194	20	1.2259	2.0392	174.20

Figura 16 Hitchin. Obtención de indicadores con $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 11

Obtención de Indicadores Tb=20						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	107.1	163380.9
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	115.9	413765.4
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	68.6	284837.7
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	109.9	426785.2
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	141.8	596044.5
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	151.6	514228.3
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	191.0	601841.1
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	190.6	478596.6
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	223.8	733392.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	219.3	798471.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	199.9	644677.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	174.2	673812.7

Figura 16.1 Hitchin. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 12

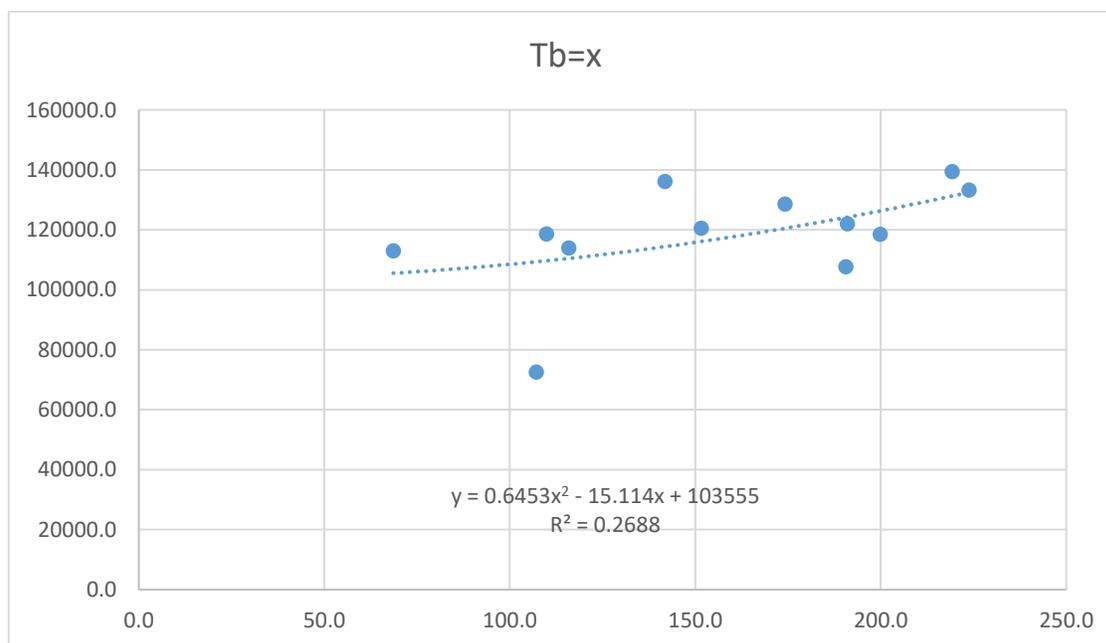


Grafico 13: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 13

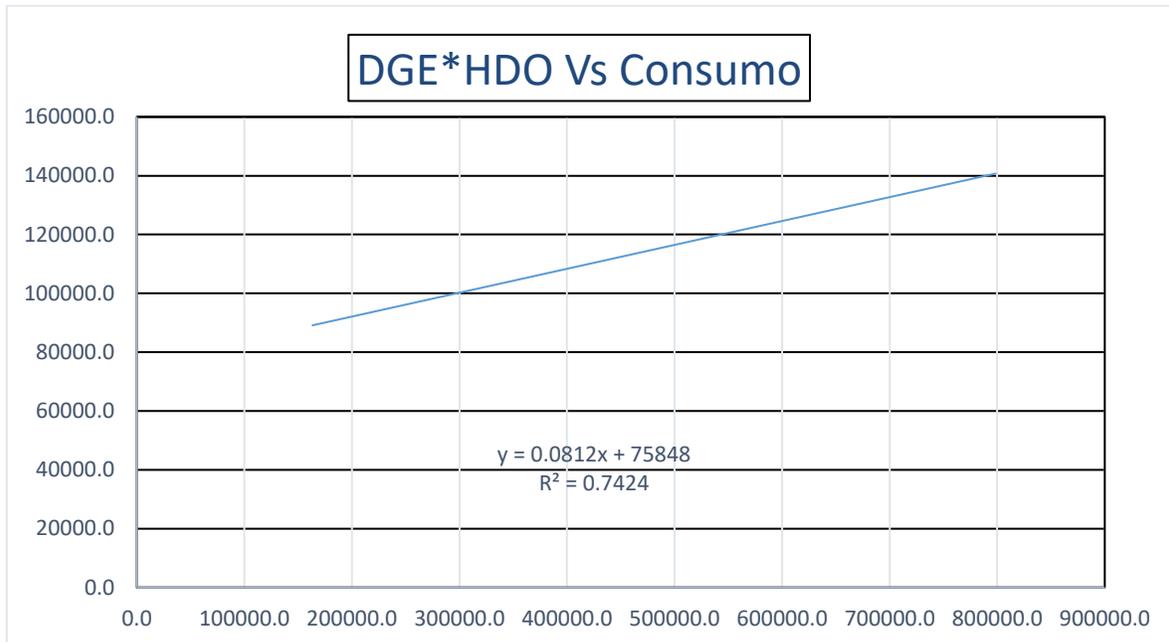


Grafico 14: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 14

Introduzca el valor de Tb	20
------------------------------	----

Meses	Días del Mes (N)	Consumo Eléctrico (kW)	HDO	TBS Media (%Sd)	Tb	Zb	F(Zb)	f(Zb)	CDDb	CDD*HDO
Noviembre	30	72597	1525	23.56	1.59	20	2.24	0.99	106.91	163033.8
Diciembre	31	113914	3569	23.74	1.36	20	2.75	1.00	115.84	413424.05
Enero	31	112991	4152	21.92	2.34	20	0.82	0.79	67.89	281865.17
Febrero	28	118667	3883	23.93	1.05	20	3.74	1.00	109.90	426744.16
Marzo	31	136181	4203	24.57	1.22	20	3.75	1.00	141.80	595988.76
Abril	30	120493	3392	25.05	0.95	20	5.33	1.00	151.60	514227.2
Mayo	31	122053	3151	26.16	0.94	20	6.54	1.00	191.00	601841
Junio	30	107725	2511	26.35	0.89	20	7.17	1.00	190.60	478596.6
Julio	31	133323	3277	27.22	0.69	20	10.47	1.00	223.80	733392.6
Agosto	31	139451	3641	27.07	0.74	20	9.60	1.00	219.30	798471.3
Septiembre	30	118489	3225	26.66	0.79	20	8.40	1.00	199.90	644677.5
Octubre	31	128588	3868	25.62	1.21	20	4.66	1.00	174.20	673805.65

Figura 17 Shoenu-Kehrig. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 15

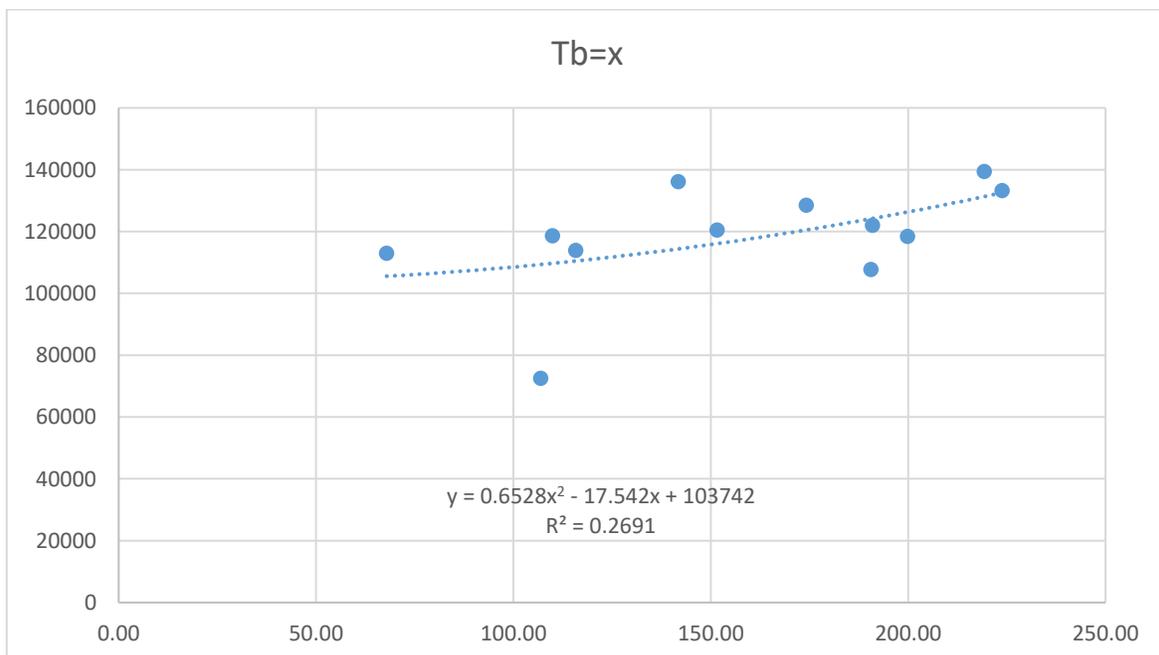


Grafico 15: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenu-Kehrig a $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 16

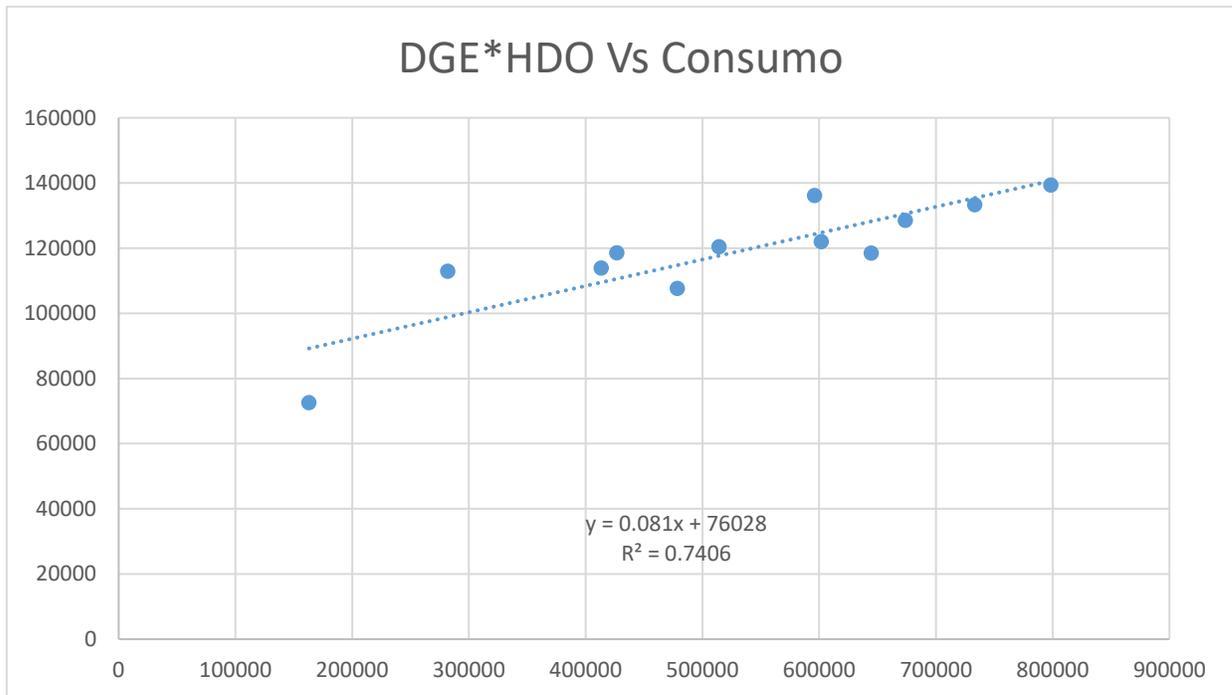


Grafico 16: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenu-Kehrig a $T_b=20^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 17

Introduzca el valor de Tb	21
---------------------------	----

Obtención de Indicadores Tb=21						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	77.1	117577.5
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	86.3	308004.7
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	47.0	195144.0
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	81.9	318017.7
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	110.8	465692.4
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	121.6	412467.2
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	160.0	504160.0
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	160.6	403266.6
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	192.8	631805.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	188.3	685600.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	169.9	547927.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	143.2	553897.6

Figura 18 PLM. Obtención de indicadores con Tb=20°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 18

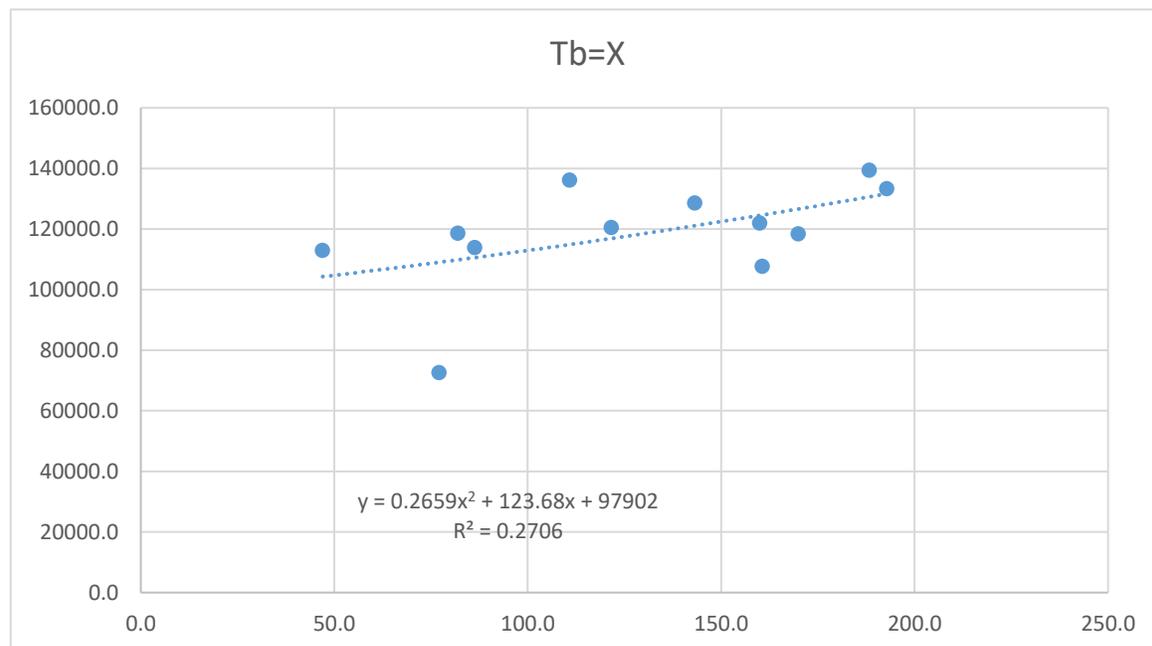


Grafico 17: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 19

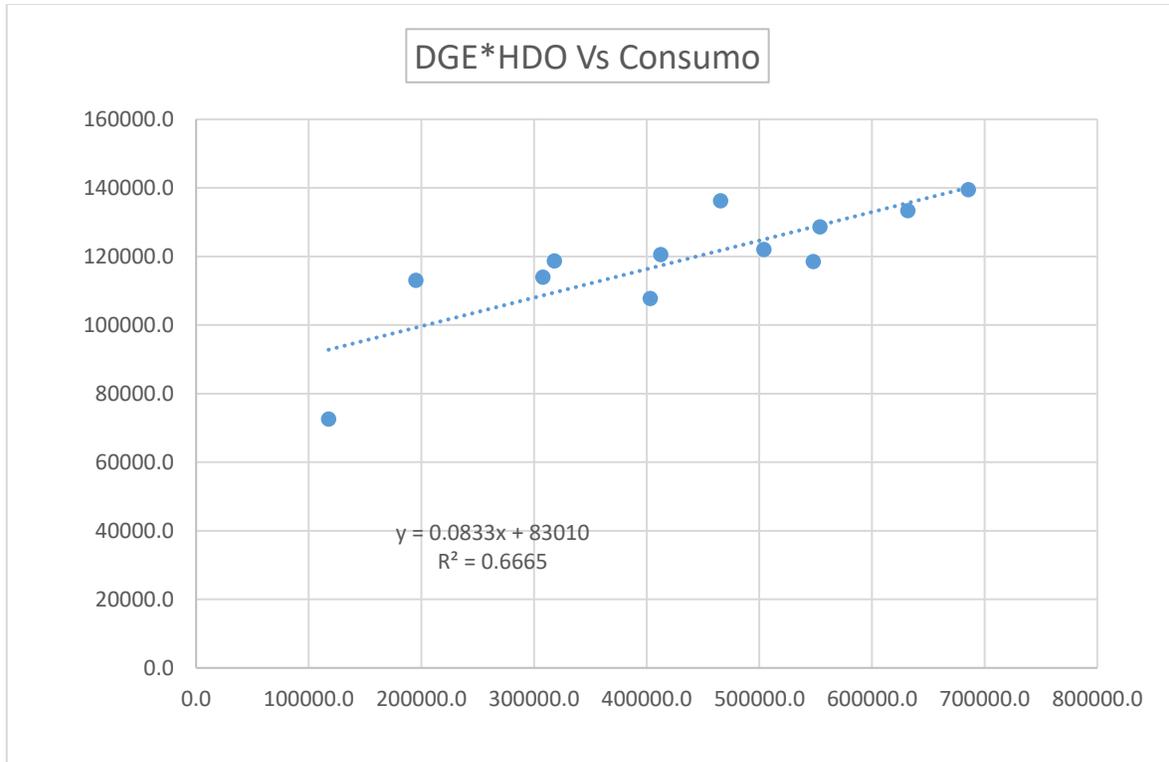


Grafico 18: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método PLM a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 20

Introduzc a el valor de Tb	21
---	-----------

	Mes	Dias	Temp.Medial(Ta)	om	a	Tbase	h	GDM
11	Noviembre	30	23.5567	2.8577	9.3003	21	0.1633	77.8805
12	Diciembre	31	23.7355	2.8525	9.4541	21	0.1722	85.7829
1	Enero	31	21.9194	2.9052	9.4541	21	0.0568	36.2890
2	Febrero	28	23.9250	2.8470	8.9850	21	0.1942	82.6048
3	Marzo	31	24.5742	2.8282	9.4541	21	0.2270	111.1492
4	Abril	30	25.0533	2.8143	9.3003	21	0.2630	121.7843
5	Mayo	31	26.1613	2.7821	9.4541	21	0.3332	160.0442
6	Junio	30	26.3533	2.7766	9.3003	21	0.3520	160.6327
7	Julio	31	27.2194	2.7515	9.4541	21	0.4060	192.8087
8	Agosto	31	27.0742	2.7557	9.4541	21	0.3959	188.3113
9	Septiembre	30	26.6633	2.7676	9.3003	21	0.3736	169.9209
10	Octubre	31	25.6194	2.7979	9.4541	21	0.2965	143.2915
		oy	0.1264					

Figura 19 Erbs. Obtención de indicadores con Tb=21°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 21

Obtención de Indicadores Tb=21						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	77.9	118767.8
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	85.8	306159.0
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	36.3	150671.9
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	82.6	320754.3
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	111.1	467159.9
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	121.8	413092.2
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	160.0	504299.2
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	160.6	403348.8
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	192.8	631834.3
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	188.3	685641.4
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	169.9	547994.9
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	143.3	554251.4

Figura 19.1 Erbs. Obtención de indicadores con Tb=21°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 22

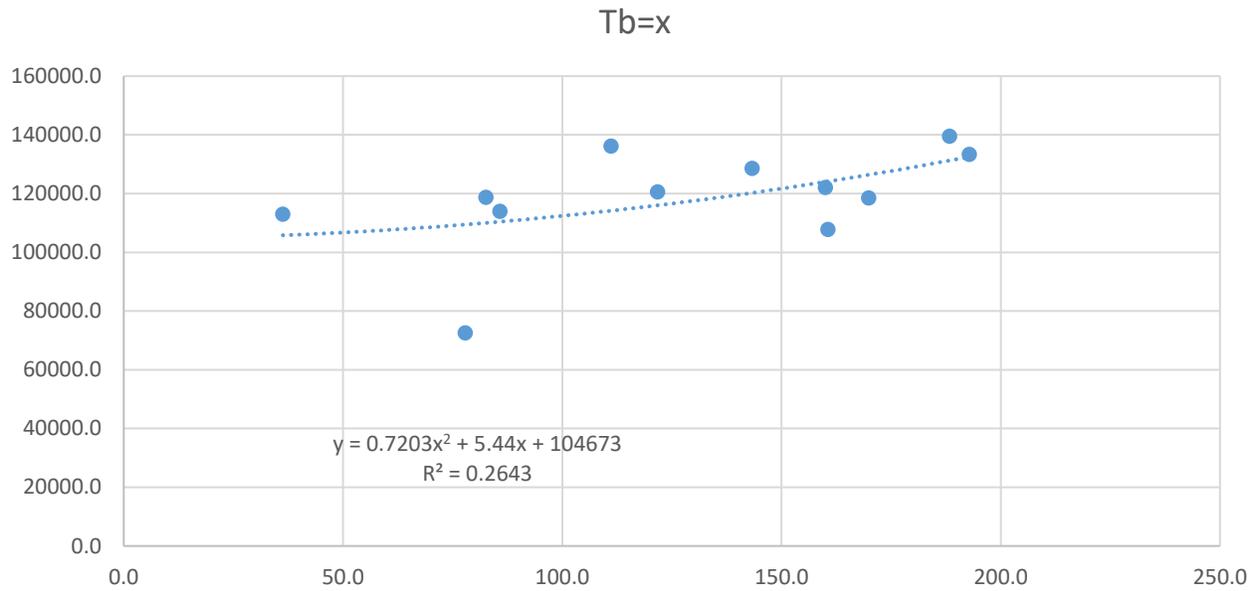


Gráfico 19: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=21^\circ\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 23

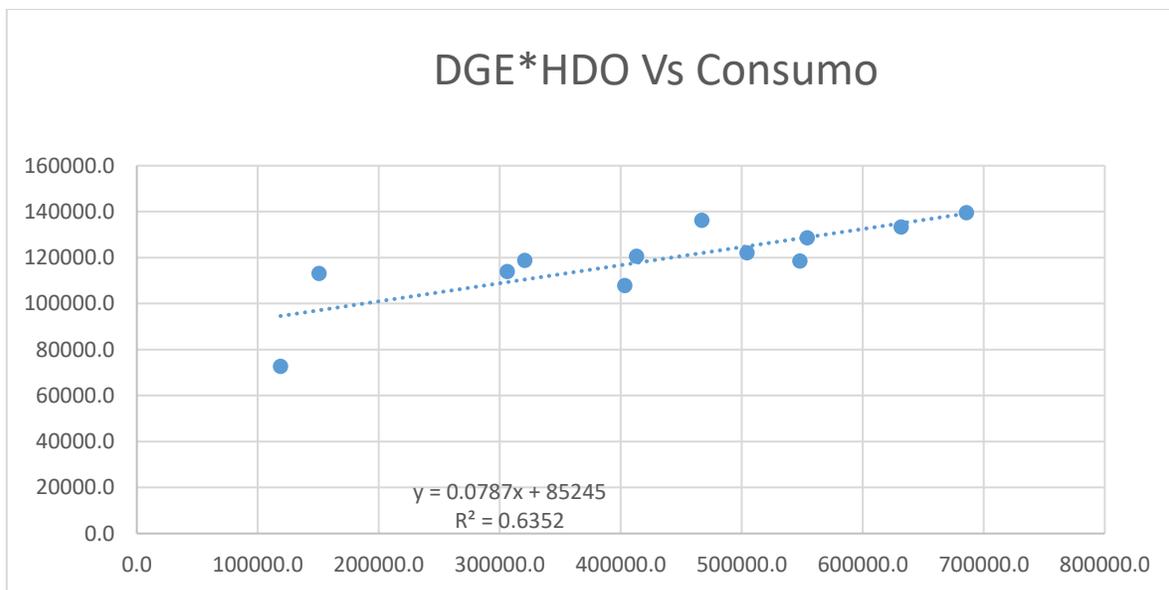


Grafico 20: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Erbs a $T_b=19^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 24

Introduzca el valor de T_b	21
--	-----------

	Mes	Dias	Temp.Medía(T_m)	T_b	σ_t	k	DM
11	Noviembre	30	23.5567	21	1.6147	1.5482	78.19
12	Diciembre	31	23.7355	21	1.3795	1.8122	85.40
1	Enero	31	21.9194	21	2.3756	1.0524	45.97
2	Febrero	28	23.9250	21	1.0676	2.3417	81.99
3	Marzo	31	24.5742	21	1.2404	2.0154	110.88
4	Abril	30	25.0533	21	0.9644	2.5922	121.60
5	Mayo	31	26.1613	21	0.9570	2.6124	160.00
6	Junio	30	26.3533	21	0.9009	2.7751	160.60
7	Julio	31	27.2194	21	0.7012	3.5656	192.80
8	Agosto	31	27.0742	21	0.7492	3.3369	188.30
9	Septiembre	30	26.6633	21	0.8066	3.0993	169.90
10	Octubre	31	25.6194	21	1.2259	2.0392	143.21

Figura 20 Hitchin. Obtención de indicadores con $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 25

Obtención de Indicadores Tb=21						
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	DGE	HDO*DGE
Noviembre	30	72597.0	1525.0	23.6	78.2	119244.7
Diciembre	31	113914.0	3569.0	23.7	85.4	304794.7
Enero	31	112991.0	4152.0	21.9	46.0	190873.0
Febrero	28	118667.0	3883.0	23.9	82.0	318355.2
Marzo	31	136181.0	4203.0	24.6	110.9	466039.2
Abril	30	120493.0	3392.0	25.1	121.6	412478.5
Mayo	31	122053.0	3151.0	26.2	160.0	504160.7
Junio	30	107725.0	2511.0	26.4	160.6	403266.7
Julio	31	133323.0	3277.0	27.2	192.8	631805.6
Agosto	31	139451.0	3641.0	27.1	188.3	685600.3
Septiembre	30	118489.0	3225.0	26.7	169.9	547927.5
Octubre	31	128588.0	3868.0	25.6	143.2	553942.5

Figura 20.1 Hitchin. Obtención de indicadores con Tb=21°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 26

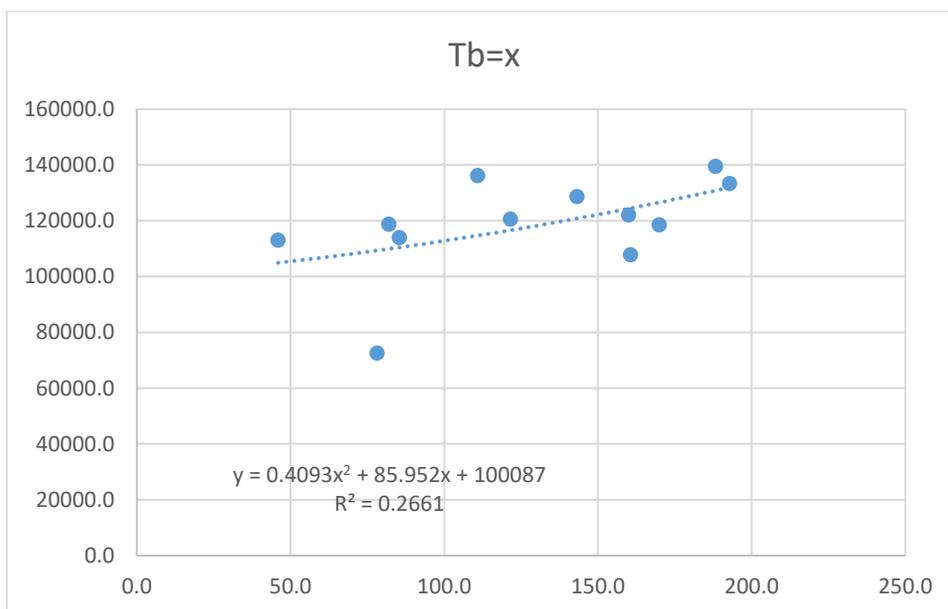


Grafico 21: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 27

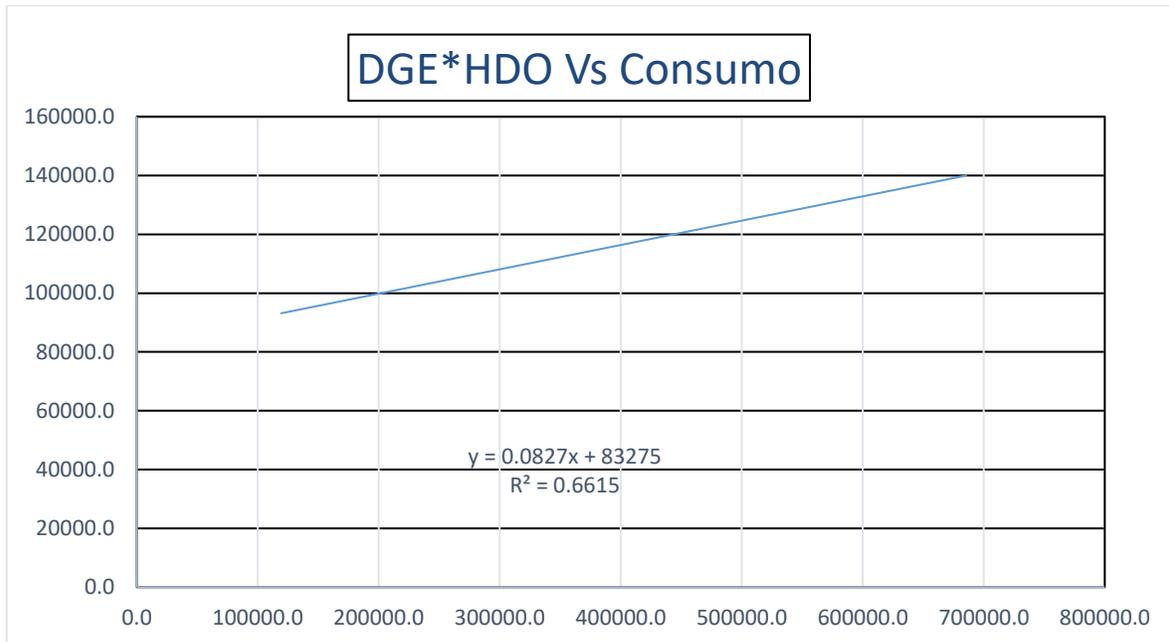


Grafico 22: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Hitchin a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 28

Introduzca el
valor de Tb **21**

Meses	Días del Mes (N)	Consumo Eléctrico (kWh)	HDO	TBS Media (°C)	Sd	Tb	Zb	F(Zb)	f(Zb)	CDDb	CDD*HDO
Noviembre	30	72597	1525	23.56	1.59	21	1.61	0.95	0.11	77.78	118614.65
Diciembre	31	113914	3569	23.74	1.36	21	2.02	0.98	0.05	85.14	303873.31
Enero	31	112991	4152	21.92	2.34	21	0.39	0.65	0.37	45.36	188335.34
Febrero	28	118667	3883	23.93	1.05	21	2.79	1.00	0.01	81.92	318107.37
Marzo	31	136181	4203	24.57	1.22	21	2.93	1.00	0.01	110.82	465770.29
Abril	30	120493	3392	25.05	0.95	21	4.27	1.00	0.00	121.60	412467.4
Mayo	31	122053	3151	26.16	0.94	21	5.48	1.00	0.00	160.00	504160
Junio	30	107725	2511	26.35	0.89	21	6.04	1.00	0.00	160.60	403266.6
Julio	31	133323	3277	27.22	0.69	21	9.02	1.00	0.00	192.80	631805.6
Agosto	31	139451	3641	27.07	0.74	21	8.24	1.00	0.00	188.30	685600.3
Septiembre	30	118489	3225	26.66	0.79	21	7.14	1.00	0.00	169.90	547927.5
Octubre	31	128588	3868	25.62	1.21	21	3.83	1.00	0.00	143.20	553899.76

Figura 21 Shoenu-Kehrig. Obtención de indicadores con Tb=21°C de noviembre del 2021 a octubre del 2022 para Rancho Luna. Fuente: Calculadora de DGE.

Anexo 29

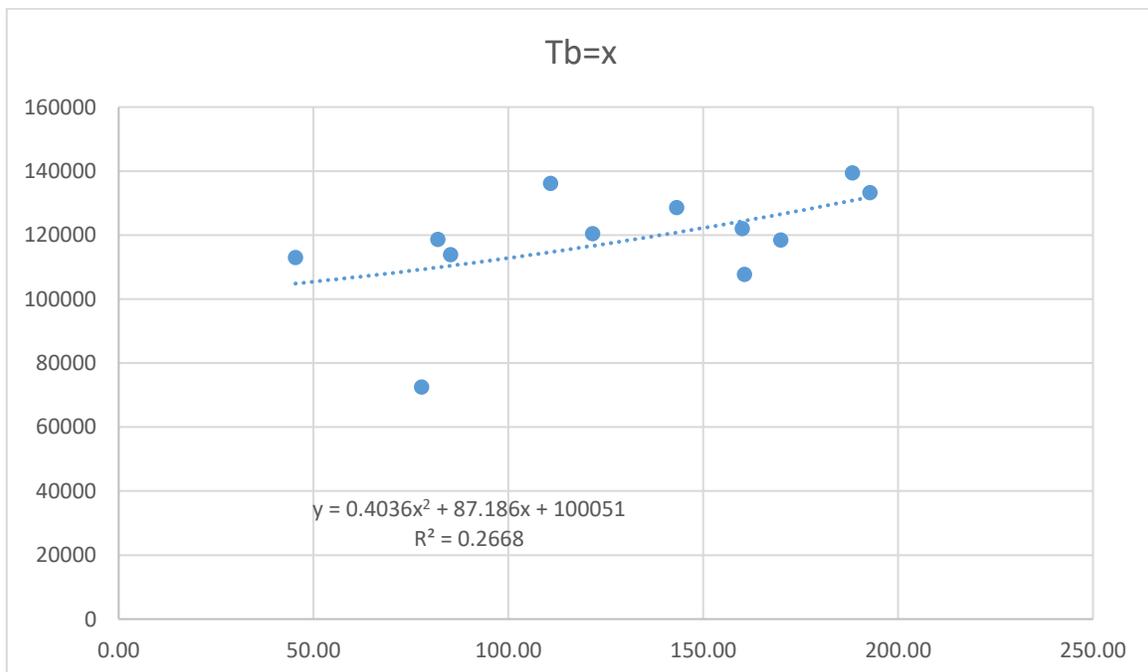


Grafico 23: Representa los DGE vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenu-Kehrig a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).

Anexo 30

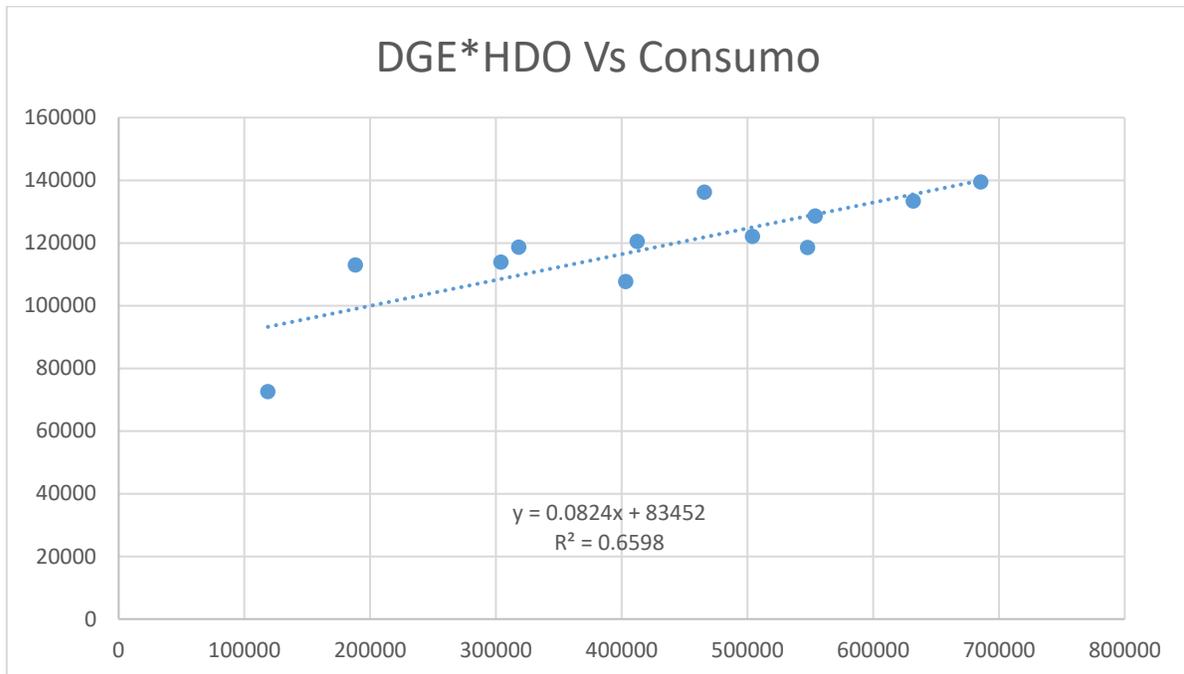


Grafico 24: Representa los DGE*HDO vs Consumo(valores obtenidos por el método Shoenu-Kehrig a $T_b=21^{\circ}\text{C}$ de noviembre del 2021 a octubre del 2022).