



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento Del CEETA

TRABAJO DE DIPLOMA

Tema: Vinculación de los Grados Días y el
Diseño Bioclimático a la Norma ISO 50001
para la gestión energética

Estudiante: Wilber Barrios Hernández

Tutor: M.Sc. Ovidio Rodríguez Santos

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

CEETA Department

DIPLOMA THESIS

Title: Linking the Degrees Days and Bioclimatic Design to ISO 50001 for energy management

Author: Wilber Barrios Hernández

Thesis: M.Sc. Ovidio Rodríguez Santos

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Resumen

Con la presente investigación se realizó una propuesta para el mejoramiento de la gestión energética en el interior de edificaciones, con una vista enfocada en las oficinas para ser más específicos. Esto se hizo a través de la vinculación de conceptos como el Diseño bioclimáticos, las cartas bioclimáticas y la herramienta Grados Días a la Norma Cubana ISO 50001. Para la investigación se utilizó el método bibliográfico-documental para realizar un estudio de los conceptos anteriormente planteados. Para la utilización de estas herramientas y conceptos se hizo una recolección de datos de las temperaturas y humedades del oriente de nuestro país, viendo así el comportamiento del clima desde una escala anual hasta el diario, se establecieron las zonas climáticas para una temperatura base de 18°C y a la vez definiendo el mismo como un clima caliente/húmedo. Finalmente, con estos resultados se creó una relación entre el comportamiento del clima con los tiempos de utilización de los equipos de climatización llegando a la conclusión de que si se aplican diferentes estrategias pasivas en algunos periodos del año se puede lograr alcanzar una temperatura de confort si la utilización de los equipos de climatización convirtiéndose esto en un ahorro energético y una ayuda a la economía tanto del país como de la empresa.

Palabras clave: *NC ISO 50001, Grados-Día, cartas bioclimáticas, Diseño bioclimático*

Abstract

With the present investigation, a proposal was made for the improvement of energy management within buildings, with a view focused on the offices to be more specific. This was done through the linking of concepts such as bioclimatic design, bioclimatic charts and the Degrees-Day tool to the Cuban Standard ISO 50001. For the research, the bibliographic-documentary methods were used to carry out a study of the previously mentioned concepts. For the use of these tools and concepts a data collection of the temperatures and humidity of the east of our country was made, seeing the behavior of the climate from a null scale to the daily, the climatic zones were established for a base temperature of 18 ° C and at the same time defining it as a hot / humid climate. Finally, with these results a relation between the behavior of the climate with the times of use of the air conditioning equipment was created, arriving at the conclusion that if different passive strategies are applied in some periods of the year, it is possible to reach a comfort temperature if the use of air conditioning equipment, converting this into energy savings and helping the economy of the country and the company.

Keywords: NC ISO 50001, Degrees-Day, Bioclimatic charts, Bioclimatic design

Índice

Introducción	1
1. Capítulo I Estudio del estado del arte	4
1.1 Norma ISO 50001	4
1.2 Metodologías de la Norma ISO 50001, los grados días, zonas climáticas y los climogramas	4
1.2.1 Norma ISO 50001	4
1.2.2 Metodología de trabajo	5
1.2.3 Las posibles herramientas a utilizar para gestionar y representar los datos recopilados son:	6
1.2.4 Para normalizar los datos se pueden utilizar:	6
1.3 Diseño Bioclimático	7
1.3.1 Métodos del diseño bioclimático para adaptar de los edificios al clima	7
1.4 Aplicación y uso del método de los grados-día	8
1.4.1 Método de cálculo para determinar los grados día	9
1.4.2 Método Horario Grados Días	9
1.5 Climogramas	10
1.5.1 Carta bioclimática de Olgyay	10
1.5.2 Carta bioclimática de Givoni	10
1.6 Vinculación del diseño bioclimático, los grados días, las zonas bioclimáticas y la Norma ISO 50001	11
1.7 Establecimiento de la zona climática para Cuba	12
1.7.1 Caracterización de clima en Cuba.	12
1.8 Clasificación de las zonas climáticas según los GD	12
1.8.1 Definición internacional de zonas climáticas	12
1.9 Estudio del estado arte	13
1.9.1 Estado arte en el mundo	13
1.9.2 Estudio del arte en Cuba	24
1.10 Conclusiones parciales	27
2. Capítulo II: Metodología y aplicación de los Grados Días, los climogramas y el Diseño Bioclimático a la ISO 50001	28
2.1 Introducción	28
2.2 Determinación de las zonas climáticas de Cuba	28
2.3 Resultados del cálculo de la t_m mensual de las provincias del oriente de Cuba	29
2.4 Modelo para el cálculo de las Temperaturas Máximas y Mínimas	29
2.4.1 Modelo base para el cálculo de los grados-día de enfriamiento.	30
2.5 Resultados de los cálculos de Grados Días	32

2.6 Escala Universal Termal.....	34
2.6.1 Calculo para la temperatura de 28°C	35
2.6.2 Resultados de la clasificación climática de las provincias para la tb de 18°C	36
2.7 Medidas pasivas para disminuir el consumo energético y mejorar el confort según las características del local.	36
2.7.1 Propuestas para la zona 1A y 2A.....	36
2.7.2 Propuestas para la zona 3A.....	37
2.7.3 Otros aspectos a tener en cuenta	37
2.8 Diagramas bioclimáticos	37
2.8.1 Valoración del clima en base a la tb de 18°C	37
2.8.2 Resultados del cálculo de las zonas de confort.....	39
2.9 Datos de las Humedades Relativas máximas y mínimas diarias.	39
2.9.1 Temperaturas y humedades horarias	41
2.9.2 Temperaturas horarias para Cabaiguán, Sancti Spíritus	41
2.9.3 Humedades horarias para Cabaiguán, Sancti Spíritus	42
3. Capítulo III: Calculo del ahorro energético a través de la vinculación de las variables climáticas y las horas de trabajo en la empresa UEB Transcupet Cabaiguán	43
3.1 Introducción	43
3.2 Consumo de los equipos utilizados para la climatización, iluminación y refrigeración de las oficinas de la empresa	44
3.3 Resultados que arrojaron las temperaturas y humedades horarias para Cabaiguán.....	45
3.3.1 Resultado de la unión de las temperaturas y humedades.....	46
3.3.2 Propuestas de medidas para las zonas de la tabla 3.....	47
3.4 Resultados tras la aplicación de las cartas bioclimáticas a las zonas propuestas.	48
3.4.1 Conclusiones del análisis de las cartas bioclimáticas	50
3.5 Calculo de la cantidad de horas a climatizar según los resultados arrojados por la tabla 3	50
3.5.1 Comportamiento del clima dado en horas	51
3.5.2 Para el intervalo del 3 al 6 tenemos que:.....	52
3.6 Cálculo del consumo real de los equipos de climatización de la empresa	52
3.6.1 Consumo de los equipos de climatización	52
3.6.2 Consumo real	52
3.6.3 Consumo teórico	52
3.7 Conclusiones.....	53
Bibliografía	54
Anexos	56

Introducción

Cuba al ser un país subdesarrollado tiene que invertir una gran cantidad de capital en la compra de combustible para la generación de electricidad al no ser este capaz de producir lo necesario para satisfacer la demanda existente, lo que hace que la gestión energética sea de gran relevancia para el país. La necesidad de crear una mayor eficiencia de la gestión energética es lo que impulsa a la creación de este trabajo de diploma. Se pretende lograr esto vinculando algunos conceptos y herramientas de la gestión energética a la Norma ISO 50001, como son los Grados Días, el diseño bioclimático y los climogramas, logrando así establecer una temperatura media para instituciones en específico o más generales como podrían ser provincias o el país. Las ventajas que posee esto es que permite decidir cuáles son las características a tener en cuenta a la hora de diseñar el edificio o que variaciones se le podrían hacer una vez construido para aprovechar las ventajas que puede proveer el clima de la región y utilizando otros parámetros climáticos que brinda la herramienta de los Grados Días, lograr una disminución del consumo energético y de las emisiones de dióxido de carbono en la entidad, también ya a la hora de climatizar el mismo se puede determinar en qué meses del año no es necesario la climatización del local así como definir horarios con este mismo propósito sin perder una temperatura de confort para el mismo.

Fundamentación

En la actualidad alrededor de la mitad del consumo energético mundial está destinado al funcionamiento de los edificios y las actividades que en ellos se realizan. Al mismo tiempo, la población urbana crece (más de la mitad de la población mundial vive hoy en ciudades), lo que lleva a que cada vez haya más edificios acoplados a los servicios modernos y más gente haciendo uso de ellos (Rosales, 2011). De aquí la importancia de la gestión energética sustentable para estos mismos.

Ahora; Cuba como país tiene como uno de los desafíos más grandes mantener el equilibrio de oferta y demanda de la energía eléctrica para hacer frente al incremento de la demanda energética asociada con el futuro crecimiento económico. En la proporción de las energías eléctricas según la fuente energética en 2014 en Cuba, la generación termoeléctrica incluyendo la generación con motor diésel representa el 94,8% aproximadamente, las energías renovables, al 5,2% (Biomasa: 4,5%, energía eólica: 0,1%, energía hidroeléctrica: 0,5%, y energía solar fotovoltaica: 0,1%). La importación de combustibles constituye una gran carga sobre el balance de pagos, además de que es susceptible a la situación internacional (Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, 2016). Debido a esto se presentan los siguientes problemas

Problemas Fundamentales de la Energía en Cuba

- Alta dependencia de combustibles importados para la generación.
- Alto costo promedio de la energía entregada.
- Alta contaminación ambiental.
- Baja utilización de las fuentes renovables de energía

Destacando en lo anteriormente dicho que la mitad del consumo mundial está destinado a la sustentación energética de los edificios y que Cuba tiene una alta dependencia de la importación de combustibles para la generación de electricidad, es necesario la implementación de medidas que requieran un bajo presupuesto o impacto económico y que a su vez puedan generar un ahorro energético. Para lograr lo anteriormente planteado se propone un estudio del Diseño Bioclimático como medida de carácter pasivo (medidas de bajo costo económico), con el fin de determinar cuáles son las más óptimas en cuanto a mejorar el confort térmico teniendo en cuenta las características del clima en nuestro país. Otro aspecto a tener en cuenta es que estas medidas son ambientalistas, es decir; que no generan contaminación al medio ambiente. Si relacionamos todo esto con los sucesos que están ocurriendo debido al cambio climático se puede definir que el trabajo posee importancia no solo para los países subdesarrollados como Cuba, sino que también para los más desarrollados.

Problema científico

El establecimiento de las relaciones entre las medidas pasivas del Diseño Bioclimático con la Norma ISO 50001, para la gestión energética en edificaciones.

Hipótesis

Es posible establecer la vinculación de las medidas pasivas del Diseño Bioclimático con la Norma ISO 50001, mediante la estimación del valor de Grados Días de enfriamiento y los períodos de funcionamiento de los sistemas de climatización.

Objetivos generales

Establecer las vinculaciones entre el Diseño Bioclimático y la Norma ISO 50001, mediante la estimación del valor de los Grados Días y los períodos de funcionamiento de los sistemas de climatización en las edificaciones.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio del estado del arte de la aplicación del Diseño Bioclimático y la Norma ISO 50001 en la gestión energética.
- Vincular los grados días, las zonas bioclimáticas, los climogramas a la Norma ISO 50001
- Trazar estrategias bioclimáticas como resultado de la relación de las variables de los Grados Días con los períodos de funcionamiento de los sistemas de climatización, logrando así una disminución del consumo energético

Viabilidad

La investigación se podrá realizar ya que no requiere de gran cantidad de recursos materiales, más bien se basa en cómo se deben ubicar o controlar para lograr mejoras. Se cuenta con la bibliografía necesaria para realizar la investigación y también se cuenta con un personal de apoyo con la suficiente experiencia y conocimiento para la guía de la investigación.

1. Capítulo I Estudio del estado del arte

1.1 Norma ISO 50001

En el año 2008 la ISO identificó la necesidad de desarrollar una Norma Internacional para los Sistemas de Gestión Energética. A partir de aquí desde el 2008 hasta el 2015 se realizaron estudios por parte de la New Work Item (NP), Working Draft (WD), Committee Draft (CD), Draft International Standard (DIS), Final Draft International Standard (FDIS) y la Publication-international Standard (IS) para crear la ISO 50001 que se publicó el mes de junio de 2011. Para ISO 50001, la gestión energética es uno de los cinco campos principales dignos del desarrollo y la promoción que ofrecen las Normas Internacionales. Dado que la norma está basada en una amplia capacidad de aplicación en todos los sectores económicos, se espera que afecte hasta un 60% de la demanda energética mundial (Bermúdez, 2017).

El propósito de la Norma Internacional ISO 50001 es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía.

La Norma ISO 50001 establece un marco internacional para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad.

Las organizaciones pueden decidir integrar la Norma ISO 50001 con las de otros sistemas de gestión, tales como las de gestión de calidad, medio ambiente, salud y seguridad ocupacional, responsabilidad social u otras (Díaz, 2016-2017).

1.2 Metodologías de la Norma ISO 50001, los grados días, zonas climáticas y los climogramas

1.2.1 Norma ISO 50001

- Propósito: Establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético.
- Destinada a: Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados.
- Reducción de los costes de la energía.
- A través de: Una gestión sistemática de la energía

1.2.2 Metodología de trabajo

Esta norma se basa en el ciclo de mejora continua

En el caso de la gestión energética este enfoque significa según Borroto, 2013:

- Planear: establecer objetivos y los procesos necesarios para alcanzar los resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar el comportamiento energético y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: monitorear, evaluar los procesos y los productos con referencia a las políticas, objetivos y sus características claves.
- Actuar: tomar acciones para la mejora continua del comportamiento energético.

Modelo del Sistema de Gestión de la Energía ISO 50001

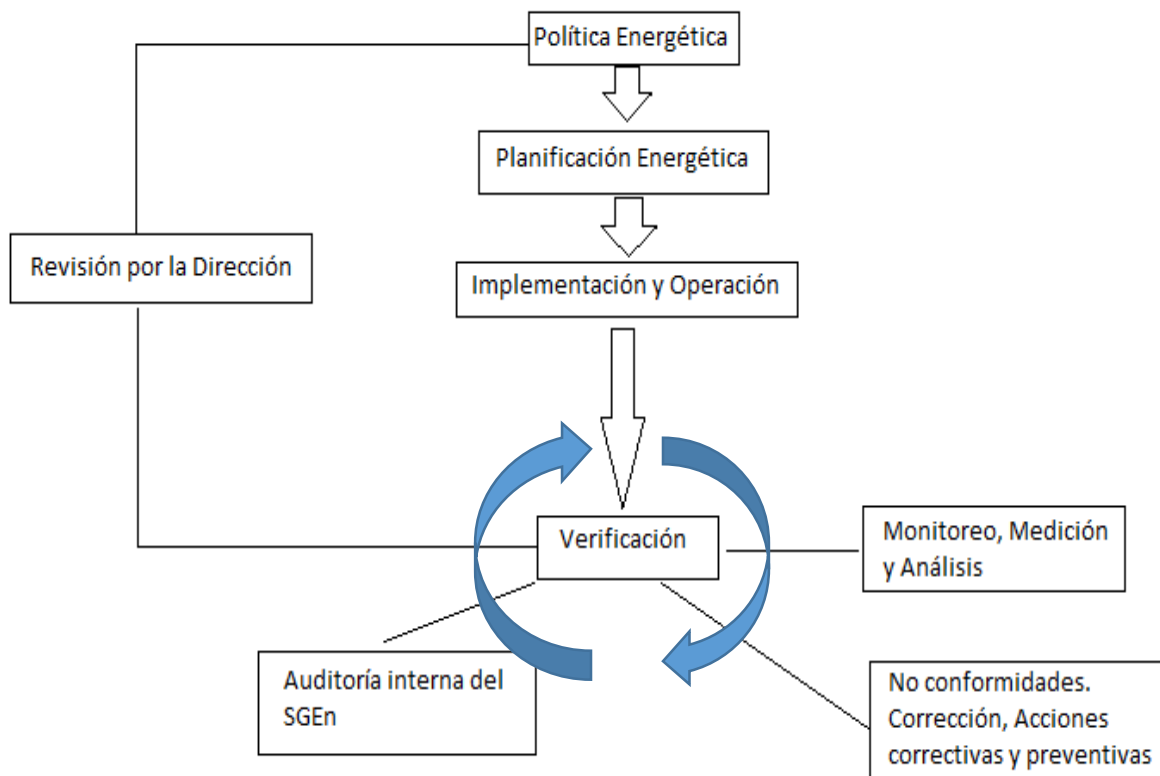


Figura 1

Este trabajo se verá asociado con la Norma ISO 50001 a través de su Política Energética (Nordelo, 2013) la cual plantea que esta constituye la base y la guía para la implementación, operación y mejora del SGen y del desempeño energético de la organización. Esta debe ser simple y breve, para que sea comprendida por todos los miembros y personal relacionado con la organización, y reflejar el compromiso de la Dirección para:

- Lograr la mejora continua del desempeño energético.
- Asegurar la información y los recursos para alcanzar los objetivos y metas.
- Cumplir los requisitos legales y otros requisitos relacionados con la energía.
- Apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño para mejorar el desempeño energético.

Tomando de este último aspecto como apoyo, se realizará la vinculación entre las cartas bioclimáticas y el Diseño Bioclimático con la ISO 50001 al ser estas estrategias sostenibles y de poco o nulo impacto al medio ambiente, cumpliendo así la Política Energética de esta norma.

1.2.3 Las posibles herramientas a utilizar para gestionar y representar los datos recopilados son:

En este trabajo se manejarán una gran cantidad de variables por lo que es imprescindible el uso de software o herramientas para lograr un correcto manejo de los mismos, dicho esto se presentan las siguientes opciones.

- Listas, tablas, gráficas, hojas de cálculo en general: En este trabajo se manejarán los datos a través de un Excel en donde se almacenarán y calcularán los datos requeridos en la investigación. El Excel posibilita un fácil manejo de los datos y métodos de cálculos sencillos por lo que la característica de este mismo cumple con lo necesario para una satisfactoria utilización para la investigación.
- Software especializado para la gestión de datos. Esta opción no será necesaria ya que la investigación no precisa de gran complejidad en manejo de datos.

1.2.4 Para normalizar los datos se pueden utilizar:

- Filtrado de datos (filtrado de outliers).
- Técnica de la Producción Equivalente.
- Técnica de Horas-Grado (o grados-día): En caso de nuestro trabajo este será el utilizado ya que este método utiliza las variables climáticas, los cuales se precisan para trabajar con las cartas bioclimáticas y establecer cuáles son los meses del año en los que se puede alcanzar una temperatura de confort apelando a medidas de carácter pasivo. Mientras que los otros dos métodos anteriormente planteados no trabajan con este tipo de datos o variables.

1.3 Diseño Bioclimático

En 1972 se realiza la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo, seguido de esto estuvo la crisis del petróleo en 1973 las cuales fueron algunas de las causas que impulsaron a crear el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Esta fue la primera vez que se consideró el medio ambiente como un aspecto a tener en cuenta en cuanto al desarrollo económico industrial. Al empezar a considerar y aplicar este aspecto en los modelos tradicionales del desarrollo este tuvo un gran impacto en los consumos de los mismos lo que dio un gran impulso a plantearse el uso de energías alternativas para la disminución del consumo eléctrico y a su vez el de los combustibles fósiles. Como los edificios se encuentran relacionados directamente con alrededor del 50% del gasto energético mundial (Kostov, 2000, 348; Underwood y Yik, 2004, prefacio; Usón, 2005, 12) a partir de más de tres décadas se crean organizaciones donde se exponen propuestas y métodos con el fin de disminuir este parámetro.

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. La arquitectura bioclimática está íntimamente ligada a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el medioambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción. También tiene impacto en la salubridad de los edificios a, través de un mejor confort térmico, el control de los niveles de CO₂ en los interiores, una mayor iluminación y la utilización de materiales de construcción no tóxicos avalados por declaraciones ambientales.

1.3.1 Métodos del diseño bioclimático para adaptar de los edificios al clima

Según la etapa del proceso de diseño en que se les utilice, a los métodos de apoyo al diseño se les puede dividir a grandes rasgos en:

a) métodos al inicio, indicativos de las estrategias arquitectónicas globales, basados en la relación, según el uso y el tipo de edificio, entre el clima y el criterio de confort térmico

b) métodos intermedios, utilizados en las etapas de definición morfológica y material del edificio, orientativos de los efectos particulares y combinados de las distintas decisiones de diseño arquitectónico en el confort térmico (decisiones relativas a la disposición de los volúmenes y los ambientes, la concepción general y detallada de la envolvente, las divisiones internas, la adecuación del entorno del edificio y, eventualmente, el acoplamiento de sistemas pasivos, híbridos o activos de climatización)

c) métodos finales, dirigidos a evaluar desde la perspectiva del confort térmico y el ahorro energético del edificio ya diseñado para eventualmente volver a él y corregir las fallas detectadas.

Se ha determinado que las complicaciones técnicas y los costes económicos de adaptar los edificios al clima con miras a satisfacer los criterios de confort térmico y ahorro energético crecen a medida que se retrase su consideración, llegando a ser máximos de dejarse ésta para cuando el edificio esté construido (DOE, 2001, 38; Altavilla et al., 2004; Zeiler et al., 2008).

De los métodos al inicio, los de mayor uso son tres:

- a) el cálculo de los grados-día o de los grados-hora
- b) los diagramas bioclimáticos
- c) las Tablas de Mahoney

También se tienen en cuenta varios factores a la hora de construir una vivienda bioclimática como la posición, los materiales y su estructura. El cumplimiento de estos mismos proporcionará el nivel de confort de la vivienda y por ende su eficiencia en cuanto a la gestión energética. Pero teniendo en cuenta que solo nos enfocaremos en edificaciones ya construidas, obviaremos estos y solo nos enfocaremos en aquellas características o herramientas que se puedan emplear ya una vez finalizada la edificación y que puedan proveer una ayuda a la gestión energética.

1.4 Aplicación y uso del método de los grados-día

Los Grados día son un indicador del grado de rigor térmico de una localidad, ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para la climatización. Este se basa en las estadísticas de temperatura de un intervalo de tiempo que puede ir de horas hasta años para lograr trazar una temperatura media.

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, 2013)

Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Los Grados día se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (generalmente un mes; aunque podrían ser semanales, o incluso horarios). Esta temperatura de confort es la temperatura base (TB) fijada. 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.

1.4.1 Método de cálculo para determinar los grados día

1.4.2 Método Horario Grados Días

Esta metodología será tomada debido a que para poder determinar los horarios en los cuales no es necesario la climatización, fue necesario llevar el comportamiento del clima a una escala de tiempo de horas diarias ya que al calcular los Grados Días a nivel mensual no se destacó diferencias entre el comportamiento del mismo por lo que se precisó realizar lo anteriormente dicho, lo cual se expondrá en el Capítulo II.

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

Calculo de temperatura media (T_m)

$$T_m = \frac{1}{2} (t_{\max} + t_{\min})$$

Calculo de Grados Días de enfriamiento (GDE)

$$GDE = T_m - T_b$$

Calculo de Grados Días calentamiento (GDC)

$$GDC = T_b - T_m$$

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

1.5 Climogramas

Para lograr el correcto diseño bioclimático de un edificio se deben analizar no sólo las condiciones de uso sino también los parámetros climáticos. (Fabiola Corrales Aguilar, 2016)

Para determinar las estrategias de diseño de espacios exteriores e interiores con el objetivo de alcanzar confort térmico podemos utilizar los llamados climogramas, diagramas bioclimáticos o cartas bioclimáticas. Al superponer las condiciones climáticas del lugar que estamos analizando nos permiten conocer qué estrategias pasivas y/o activas necesitamos para alcanzar las condiciones de confort. Entre los más conocidos y utilizados se encuentran el de Olgyay y el de Givoni.

1.5.1 Carta bioclimática de Olgyay

Está diseñada para espacios exteriores. En este diagrama, Olgyay establece una “zona de confort”, en la que las condiciones de temperatura y humedad brindan al cuerpo humano una sensación térmica agradable. Este diagrama se utiliza para conocer las estrategias de diseño (aprovechamiento/protección de la radiación solar e incremento y/o humectación del aire) y, aunque no se puede utilizar para condiciones interiores, puede ser de gran ayuda para corregir situaciones de incomodidad térmica en espacios exteriores.

Para temperaturas, establece un límite inferior para la zona de confort de 21 °C y superior entre los 27-28 °C, con una humedad relativa comprendida entre el 20 y el 80%.

1.5.2 Carta bioclimática de Givoni

El climograma de Givoni tiene en cuenta el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interior; el edificio amortigua las condiciones climáticas exteriores. Este diagrama permite conocer el tipo de materiales y sistemas constructivos adecuados para crear un ambiente interior que alcance el bienestar térmico, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores existentes del lugar en el que nos encontremos. Givoni plantea que las condiciones de confort, respecto a la temperatura y humedad, se encuentran entre los 21 y 26°C, con una humedad relativa entre el 20 y 75%.

La carta está diseñada sobre un diagrama psicrométrico y en ella se distinguen las siguientes zonas características y estrategias de actuación en la edificación.

Zona fría, (no entra dentro de los objetivos de este trabajo)

Zona cálida, temperatura por encima de las de confort:

- Protección solar
- Refrigeración por alta masa térmica
- Enfriamiento por evaporación

- Refrigeración por alta masa térmica con renovación nocturna
- Refrigeración por ventilación natural y mecánica
- Equipos climatizadores
- Deshumidificación convencional

Esta representación supone determinadas condiciones:

- Una persona con actividad ligera (caminando)
- Vestida con ropa ligera
- Sin viento y a la sombra

Como se ve anteriormente la carta que utilizaremos en este trabajo será la de Givoni ya que está encaminada a lograr el confort térmico en los espacios interiores de una edificación lo cual concuerda con los objetivos de nuestro trabajo.

1.6 Vinculación del diseño bioclimático, los grados días, las zonas bioclimáticas y la Norma ISO 50001

Las vinculaciones entre estos conceptos pudieran ser muchos, ya que se encuentran encaminadas a crear un desarrollo sostenible en la gestión energética, ejemplo de esto es que las dos cumplen con las políticas ambientalistas al tener como uno de sus objetivos disminuir los gases de efecto invernadero y la emisión de CO₂ a la atmósfera, los dos tienen como objetivo disminuir el uso de los recursos naturales y que como lo mencionamos anteriormente están encaminadas ambas a lograr una mejor gestión energética en las edificaciones. Debido a que cada vez crece la necesidad de crear métodos más eficientes gestión energética por las consecuencias del cambio climático y la disminución de los combustibles fósiles, estos conceptos han sido trabajados tanto en países desarrollados como subdesarrollados al ser la gestión energética el mayor consumidor de combustibles fósiles en ambos, lo que hace estos temas de vital importancia. La posible forma de vincular esto sería:

- El establecimiento de zonas climáticas y utilizar la herramienta grados días para la determinación de una temperatura base.
- Utilizar las zonas climáticas ya establecidas para a partir de esto establecer los parámetros de diseño bioclimático que debe poseer el edificio a analizar.
- Ya que la Norma ISO 50001, como toda norma establece el que y no el cómo, se utilizarán los conceptos anteriormente dichos para encaminar todo esto hacia una gestión energética sostenible.

1.7 Establecimiento de la zona climática para Cuba

1.7.1 Caracterización de clima en Cuba.

En la mayor parte de Cuba el clima predominante es del tipo cálido tropical. Con estación lluviosa en el verano. En general es bastante aceptado expresar que el clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo y con influencia marítima. En el país se reporta también la presencia de otros tipos climáticos como en las zonas más altas de los principales sistemas montañosos o el observado en la franja costera sur de las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo, el cual clasifica como tropical relativamente seco con pocas lluvias.

Como factores determinantes en la formación del clima de Cuba se identifican la cantidad de radiación solar que se recibe, las particularidades de la circulación atmosférica sobre el país, y la diferente influencia de las características físico-geográficas propias del territorio nacional.

En la temporada que va aproximadamente de noviembre a abril, las variaciones del tiempo y el clima se hacen más notables, con cambios bruscos en el tiempo diario, asociados al paso de sistemas frontales (invierno) y de mayo a octubre, por el contrario, se presentan pocas variaciones en el tiempo, con la influencia más o menos marcada del Anticiclón del Atlántico Norte (verano)

1.8 Clasificación de las zonas climáticas según los GD

1.8.1 Definición internacional de zonas climáticas

(Apéndice normativo B - ASHRAE 90.1 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings) (Rosales, 2011)

Nº	Nombre de las zonas climáticas	Criterio térmico
1A y 1B	Muy caliente / Húmedo (1A) - Seco (1B)	$5000 < GDE_{10^{\circ}C}$
2A y 2B	Caliente / Húmedo (2A) - Seco (2B)	$GDE_{10^{\circ}C} \leq 5000$
3Ay 3B	Cálido / Húmedo (3A) - Seco (3B)	$2500 < GDE_{10^{\circ}C} \leq 3500$
3C	Cálido / Marino (3A)	$GDE_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $GDC_{18^{\circ}C} \leq 2000$
4Ay 4B	Mixto / Húmedo (4A) - Seco (4B)	$GDE_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $GDC_{18^{\circ}C} \leq 3000$
4C	Mixto / Marino (4A)	$2000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 3000$
5A, 5B y 5C	5A, 5B y 5C Fresco / Húmedo (5A) - Seco (5B) - Marino (5C)	$3000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 4000$
6A y 6B	6A y 6B Frío / Húmedo (6A) - Seco (6B) $4000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 5000$	$4000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 5000$
7	Muy frío	$5000 < GDC_{18^{\circ}C} \leq 7000$
8	Subártico	$7000 < GDC_{18^{\circ}C}$

Definición de Marino (C): localidades que cumplan con todos los siguientes criterios:

1. Temperatura media del mes más frío entre -3 °C y 18 °C
2. Temperatura media del mes más cálido < 22 °C
3. Al menos cuatro meses con temperaturas medias mayores de 10 °C.
4. La temporada fría es la más lluviosa (Oct-mar en el hemisferio norte y abr-sep en el hemisferio sur).

Definición de seco (B): localidades que cumplan el siguiente criterio:

$$P < 2 (T+7)$$

Dónde:

P = precipitación anual en cm y

T = temperatura media anual en °C

Definición de húmedo (A): localidades que no sean marinas ni secas.

Tabla 1

1.9 Estudio del estado arte

En el mundo existe una gran cantidad de trabajos e investigaciones relacionado con los Grados Días y el Diseño Bioclimático ya que estos temas son de vital importancia para un desarrollo sostenible de la economía de cualquier país. En este trabajo analizaremos aquellos más convenientes para nuestro país, a partir de los cuales mediante un estudio e investigación de los mismos se trazarán estrategias relacionadas con el objetivo de nuestro trabajo.

1.9.1 Estado arte en el mundo

- La Tesis Doctoral realizada por Luis Rosales en el 2011(Rosales, 2011) trata el tema de los métodos de ayuda al diseño arquitectónico orientados a adaptar los edificios al clima con miras a satisfacer los requerimientos de confort térmico y ahorro energético en Venezuela. Su contribución se divide en dos partes. Primero, se describen los métodos más conocidos, haciendo énfasis en aquellos que se usan en las etapas iniciales del proceso de diseño (por ser los más influyentes en el cumplimiento de los requerimientos mencionados), con el fin subsiguiente de aplicarlos al contexto venezolano y de esta forma sintetizar y ofrecer información útil para la práctica profesional de la arquitectura en Venezuela. Segundo, como aporte principal, propone un método original orientado a generar información utilizable en las etapas iniciales del proceso de diseño, basado en aplicar, bajo ciertas hipótesis (ligadas al concepto de temperatura libre), modelos de regresión lineal simple a los resultados de la simulación, con lo que se logra desacoplar al edificio simulado del clima en el que se le simuló, quedando luego caracterizado por dichas regresiones. Éstas relacionan la temperatura interior del edificio a determinada hora (la variable dependiente) con la temperatura exterior (la variable independiente). Puesto que se pueden a su vez relacionar con la temperatura exterior (según hipótesis

propias) el criterio de confort térmico, por un lado, y la temperatura exterior de un clima particular, por otro, los tres elementos (edificio, confort y clima) quedan desacoplados y referidos a una misma variable. De esta forma se puede estimar la respuesta del edificio a cualquier clima desde la perspectiva del confort térmico sin necesidad de simular. Si además se determinan las regresiones correspondientes a cambios realizados en el edificio inicial (p.ej. basados en la aplicación de estrategias genéricas de diseño), se puede, finalmente, calcular de forma simple el potencial de dichas estrategias en cualquier clima (lo que se expresa negativamente en términos de grados-hora de malestar térmico).

También se expone que en el proceso de diseño los métodos de apoyo de este se dividen en tres grandes rasgos.

Métodos al inicio: Se toma en cuenta la caracterización climática de la zona y el tipo de edificio para lograr un buen criterio del confort térmico. Para lograr esto se usan mayormente las herramientas de los grados días, los diagramas bioclimáticos y las tablas de Mahoney, a pesar de que son viejas siguen siendo muy útiles debido a su fácil aplicación como guías iniciales del diseño.

Métodos intermedios: Esta se encuentra más dirigida a el diseño en específico y son muy variadas. Tienen como fin asistir al arquitecto durante el proceso de diseño y en particular desde la perspectiva del confort térmico y el ahorro energético. Aquí el arquitecto deberá utilizar su experiencia acumulada tanto en lo referente al diseño como a las variables climatológicas que existen en el lugar para de esta forma aplicar un diseño que provea confort térmico a la edificación.

Métodos finales: Estos se encuentran divididos en tres grandes tipos:

- a) métodos experimentales: Como medio de comprobación de la calidad ambiental de una propuesta arquitectónica han perdido peso en beneficio de la simulación computarizada. Esto no quita que, en casos complejos, en proyectos de presupuesto acorde, no se recurra a ellos para aclarar incertidumbres fuera de las posibilidades de la simulación.
- b) métodos manuales o simplificados (hipótesis estática): Fueron ideados fundamentalmente para estimar de forma sencilla (manualmente o usando hojas de cálculo) las transferencias de calor totales en un período de tiempo dado a través de la envolvente de edificios cuya temperatura interior se mantenga fija por medio de sistemas de climatización. El resultado es la carga necesaria para climatizar, la cual puede luego cotejarse con las normas u otros edificios del mismo tipo

- c) métodos computarizados (simulación dinámica): El principal uso que se le da en la actualidad a los métodos computarizados de simulación dinámica de edificios es calcular el comportamiento energético/ambiental de la propuesta arquitectónica para luego volver a ella y realizar los cambios que sugiera la interpretación de los resultados (según un proceso reiterativo de ensayo-error).

Evaluar la adaptabilidad de un edificio a un clima y sus variaciones desde la perspectiva del confort térmico y el ahorro energético demanda caracterizar y relacionar tres elementos: el comportamiento térmico del edificio, el clima y el criterio de confort térmico. En las etapas tempranas del proceso de diseño, cuando se está frente a problemas abiertos, el interés consiste en tomar decisiones correctas sobre la base de datos escasos y de carácter general. Habitualmente esto se hace aplicando métodos iniciales que relacionan el clima y el criterio de confort y sugieren con base en ello estrategias genéricas globales (como hacen por ejemplo los diagramas bioclimáticos) o aplicando métodos intermedios que dan indicaciones globales acerca de aspectos más puntuales como la forma de la planta del edificio, la orientación, la volumetría, la distribución espacial, la resistencia térmica de la envolvente, su inercia térmica, el control de la radiación solar, etc.

- En junio del 2009 en Uruguay se crea un informe llamado: Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo (Camacho, 2009). Este mismo fue bajo la dirección de Departamento de Clima y Confort en Arquitectura – Instituto de la Construcción Facultad de Arquitectura UDELAR y el Proyecto de Investigación financiado por el PDT – DIC y T – MEC. 2006 / 2008. En el trabajo se presentan pautas para lograr una arquitectura bioclimática desde la concepción del edificio, contribuyendo al confort de los usuarios, la economía energética y la preservación del medio ambiente.

Este proyecto tiene como propuesta reelaborar criterios más ajustados para la aplicación de las estrategias bioclimáticas, que contribuyan como herramientas para el proyectista. Esto se obtuvo a partir de estudios experimentales y recolección de datos importantes para establecer comparaciones y correlaciones. También se utilizó herramientas de simulación para el estudio del desempeño térmico y energético.

Se realizó una encuesta a los habitantes de dos localidades (Montevideo y Salto) preguntándoles sobre el confort de sus hogares tanto en la temporada de frío como de calor, cuantas horas permanecían en el y cuantos eran, a partir de aquí se determinó la posición y cantidad de los edificios analizados y se colocaron instrumentos para medir la temperatura y la humedad relativa de

los locales y con estos datos procedieron a las herramientas bioclimáticas. Después de analizar todos los datos del comportamiento del clima en esas localidades se utilizaron las cartas climatológicas de Olgyay y Givoni y las tablas Mahoney

Al analizar todos estos datos se obtuvo que cuando la orientación es Este –Oeste los consumos aumentan en relación al referente, tanto para refrigeración como para calefacción, (Montevideo 7% y en Salto máximo 23% en total). La estrategia que representa menor consumo de energía es la que relaciona mayor cantidad de área con relación al Norte que consigue un ahorro de 15% en Montevideo disminuyendo principalmente la refrigeración y del 9% en Salto, disminuyendo únicamente la refrigeración con respecto a la orientación original.

Con este estudio nos podemos dar cuenta que si queremos tener una mejor eficiencia energética debemos hacer que cada edificación por construir esté basada en diversas pautas climatológicas, culturales y tecnológicas locales si depender tanto de los modelos foráneos. Los roles de los ingenieros mecánicos y/o arquitectos son de gran importancia, ya que en sus decisiones y acciones se está involucrado un alto porcentaje del consumo energético del país y las situaciones de confort a las que serán sometidos los usuarios de dicha edificación. Esto demuestra la importancia de manejar las estrategias y pautas del diseño atendiendo a la diversidad climática y necesidades humanas del contexto; es decir; que mientras más se logre especificar las pautas a seguir dependiendo de la localidad en específico, mejor desempeño energético y confort se obtendrá.

- En el trabajo realizado por Jascha Julius Moie en su tesis de Maestría en Ciencias Ambientales(MOIE, 2012), se investigaron los requerimientos al diseño bioclimático para proveer de confort térmico a viviendas en el clima cálido húmedo del estado de Quintana Roo, México; analizando así varios factores externos como el nivel de vestimenta, la temperatura del aire, la radiación térmica, la humedad relativa, el movimiento del aire, la contaminación sonora o ruido y la iluminación de confort.

Los impactos ambientales correspondientes se estimaron a través del contenido energético primario y las emisiones de CO₂. Se realizaron mediciones de temperatura y humedad del clima interior en comparación al exterior a lo largo de varios días para tres diferentes tipos de edificios bioclimáticos en la temporada de temperaturas altas. Los valores obtenidos confirmaron las estimaciones por herramientas de cálculos que con exclusiva ventilación natural no cumplirán las exigencias de confort térmico para todo el año. Con temperaturas interiores a un metro del suelo, correspondiente a lugar de mayor estancia larga, que se mantuvieron a 4 Kelvin por debajo de los valores de las temperaturas exteriores en la tarde, los resultados de medición confirmaron la adecuación de techos naturales de dos vertientes (palapas). La sustitución de materiales naturales por otros más resistentes resulta en una

pérdida de permeabilidad, requiriendo entonces medidas sutiles para obtener la ventilación adecuada. Adicionalmente, el impacto ambiental aumenta varias veces, debido al gasto energético en la fabricación y el transporte. Por lo tanto, se prefieren materiales locales.

La reflexión y la absorción de la radiación solar son de gran impacto para la temperatura de las edificaciones, tanto las internas del local como las externas de este mismo. Para contrarrestar esto se propone la siembra de árboles de hojas caducas cerca de las edificaciones porque estas proveen sombra en tiempo de verano y permiten el paso de la radiación solar en invierno lo cual podría mejorar considerablemente las temperaturas interiores de los locales y ayudado de la ventilación natural podría evitar el encendido de equipos para lograr el confort térmico.

- La tesis realizada por Renato Perini(PERINI, 2009) en septiembre del 2009 trata la rehabilitación ambiental y energética de edificios de oficinas en el clima cálido húmedo de Brasil proponiendo una gran cantidad de variantes en cuanto al diseño bioclimático con carácter pasivo generalmente. Este divide las soluciones en 3 tipos:

Soluciones energéticas

Sistemas automatizados de control ambiental:

Equipos climatizadores

Alumbrado artificial

Fuentes alternativas de energía:

Reduce la dependencia energética de la edificación al suministro público

Integración de los sistemas artificiales a los sistemas pasivos

Soluciones Lumínico-Visuales

Repisas de Luz:

Protección solar directa

Incremento de la iluminación natural de las zonas más interiores

Ventanas Practicables:

Protección contra ganancias térmicas por la radiación solar directa

Reguladores lumínicos

Evitan el deslumbramiento

Distribución de luz natural hacia las zonas más profundas

Ventanas practicables permiten flexibilidad y adaptación a las condiciones exteriores

Conductos de luz natural:

Proporcionan luz difusa o conducen rayos solares atenuados a zonas internas

Persianas Automatizadas:

Evitar el deslumbramiento

Promueven la uniformidad lumínica del espacio

Controla la luz natural que penetra en el ambiente interior

Soluciones Climáticas

Plantas poco profundas privilegiando la iluminación natural y la ventilación cruzada.

Elementos sombreadores para control de la radiación

Persianas Fijas Reflectantes:

Cuando aplicadas en conjunto con una repisa de luz evitan ganancias térmicas por radiación directa sin comprometer la iluminación natural. Pueden ser fácilmente instaladas sobre fachadas existentes

Galerías ventiladas en fachadas:

Pueden ser autoportantes o conectadas a la fachada existente

Proporcionan una zona intermedia sombreada revestida por vegetación, persiana o doble acristalamiento

Vegetación en fachadas:

Pueden ser autoportantes o conectadas a la fachada existente

Modifica el microclima

Proporciona sombra y aire fresco en el interior

Desventajas: Hay que tener cuidados con el incremento de la humedad

Persianas practicables:

Permite al usuario mayor control de las condiciones interiores de confort

La practicidad de estos dispositivos posibilita modificaciones, de acuerdo con las condiciones exteriores

Vidrio reflectante de baja emisividad:

El vidrio con características reflectantes contribuye para la reducción de la transmisión de calor hacia el interior.

Refleja grande parte de la radiación incidente

Aberturas opuestas, Patios y Conductos de Extracción de Aire:

La entrada y el movimiento de aire fresco en el interior de una oficina son imprescindibles para la salubridad y el confort térmico del espacio laboral.

Ventilación cruzada y refrigeración nocturna: promovidas por diferencia de temperaturas y de presión

Ventilación cruzada: condicionada por la presencia de aberturas en lados opuestos

Pantallas:

Pueden actuar como: Dispositivo de retardo térmico, de uso interior.

Elemento de fachada que promueve regulación, difusión o detención lumínica;

Además de favorecer la comodidad visual, también pueden ayudar a disminuir las ganancias de calor por las fachadas

Como se dijo anteriormente los métodos que se emplean son generalmente de carácter pasivo y con vista a climas cálidos-húmedos lo cual tiene relevancia para nuestro trabajo debido a su similitud en el clima. Podemos ver que las medidas tomadas se enfocan en soluciones naturales de control ambiental y de eficiencia energética aplicadas a edificios ya existentes y al ser un clima con estas características su enfoque principal es en la protección solar y el movimiento del aire. Sería de gran importancia tener en vista estas medidas para su aplicación en las edificaciones de nuestro país al poder hacerse en edificaciones ya construidas, ya que no son de gran dificultad realizarlas y no requieren de muchos recursos o capital económico, exceptuando algunas como la implantación de paneles solares con sistemas automáticos para un mayor aprovechamiento de los rayos solares.

- El Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (2009-2012) que fue elaborado como producto resultado del proyecto “Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental y Uso Eficiente de Energía en Edificaciones Públicas, Mediante Monitorización de Edificios Construidos” recoge la experiencia de haber medido y observado, en época de invierno y verano, diez edificios públicos en uso, ubicados en cinco regiones, de acuerdo a una metodología acorde con el estado del arte en estos ámbitos, y teniendo presente las reglamentaciones y

normativas atingentes, propone estrategias, consideraciones y soluciones, para avanzar en el camino de tener edificios de uso público cada vez más sustentables, más eficientes y que a la vez otorguen óptimas condiciones medioambientales a sus usuarios. Esto permitirá desarrollar y establecer parámetros objetivos de diseño ambientalmente sustentable, permitiendo optimizar la inversión pública lo que beneficia también a la privada en términos de diseñar y construir edificios adecuados a las labores que allí se desempeñan -propiciando productividad, cualquiera sea la actividad y con bajos costos de operación

En términos generales, el desarrollo del Proyecto contempló tres etapas-objetivos:

- a) Crear las condiciones para la ejecución del proyecto. Esto instalando las capacidades para diseñar e implementar sistemas de monitorización para medir el desempeño energético y la calidad medioambiental de edificios; b) Desarrollar los bienes públicos. Instalando los sistemas de monitorización en los 10 edificios públicos, ubicados entre la II y XI Región del país, para determinar sus distintos desempeños y analizar los factores que lo afectan. En particular el diseño, la calidad de la construcción, las instalaciones y los hábitos de consumo energético y finalmente proponer soluciones de mejoramiento debidamente valorizadas en términos económicos y c) Transferir los resultados del proyecto, divulgando los productos y resultados, para el conocimiento y la toma de decisiones de los actores involucrados en el diseño, construcción, operación y gestión energética de los edificios y sus desempeños en general, promoviendo actividades en conjunto con la sociedad, para crear una cultura de calidad ambiental y eficiencia energética en los edificios públicos.

El proyecto se desarrolló en tres etapas, las que se ejecutaron en un plazo de treinta meses, durante el periodo comprendido entre diciembre de 2009 y mayo de 2012.

Etapas:

Etapas I: Instalación de Capacidades: periodo durante el cual se ejecutan las acciones necesarias para crear las condiciones para desarrollar el trabajo de monitorización. Se diseña e implementan los métodos de monitorización, se definen y validan los protocolos para evaluar energética y ambientalmente los edificios; se prepara el personal necesario para las campañas de mediciones y se caracterizan y levantan los edificios sujetos de estudio.

Etapas II: Desarrollo: periodo durante el cual se ejecutan las campañas experimentales y se construyen los productos resultados del proyecto; diagnósticos, métodos, propuestas de mejoras, manuales, guías técnicas, entre otros. Durante esta etapa se realizan dos campañas experimentales en cada uno de los diez edificios sujetos de estudio que consultó el trabajo: una que cubrió el periodo invernal y la otra el estival, cada una duró 25 días promedio.

Etapas III: Transferencia: periodo durante el cual se ejecutan las acciones conducentes a transferir a los usuarios los productos resultados del proyecto, y se

valida el modelo de sustentabilidad que se propuso a Innova Chile, para masificar los resultados en la fase post proyecto.

Monitorizaciones y Evaluaciones

El levantamiento de información en terreno, consideró la medición continua y/o puntual de una serie de parámetros físico constructivos, ambientales y de consumo energético, con el objetivo de evaluar un conjunto de prestaciones o desempeños del edificio. Desempeños entendidos como el conjunto de características, cualitativas o cuantitativas del edificio, identificables objetivamente, que contribuyen a determinar su aptitud para responder a diferentes funciones para los que ha sido diseñado. La determinación de indicadores y análisis de desempeños, combinó técnicas experimentales de monitorización con otras de simulación. Técnicas de monitorización para medir, bajo régimen dinámico, consumos energéticos, patrones de consumo horario, diario y estacional, junto con medición de variables ambientales y propiedades térmicas, acústicas y permeables de la construcción. Destaca el uso de técnicas de termoflujometría, presurización y termografía, no utilizadas combinadamente en Chile hasta entonces en edificios públicos. En paralelo, se aplicaron encuestas de percepción para medir el grado de satisfacción de los usuarios de los edificios

Después de la implementación de los instrumentos de medición en las edificaciones a evaluar se realizó un análisis del clima de cada región para ver las posibles ventajas y minimizar sus desventajas, con el objetivo de alcanzar el bienestar de los usuarios de las edificaciones públicas con un mínimo consumo de energía

Como Chile es un país que tiene gran variedad en su clima, el manual propone medidas de calentamiento y enfriamiento pasivo, pero solo hablaremos del enfriamiento pasivo, ya que es el que concuerda con el objetivo de nuestro trabajo.

Medidas propuestas

Estrategias de ventilación natural:

Ventilación cruzada

Ventilación convectiva

Ventilación nocturna de masa térmica

Estrategias de enfriamiento pasivo:

Enfriamiento evaporativo

Intercambiadores de calor geotérmicos

Si se quiere refrescar al ocupante (usuarios del recinto), se recomienda asegurar una diferencia de temperatura entre el aire exterior (a menor temperatura) y el interior. En el caso que la diferencia de temperatura no sea favorable, es posible crear la sensación de una menor temperatura al aumentar la velocidad del aire dentro de los espacios. Estas estrategias ayudarán al ocupante, siempre y cuando el movimiento de aire se produzca al nivel en que permanezca el usuario, es decir a un nivel no superior a los dos metros medidos desde el piso del recinto.

Si el propósito de la ventilación cruzada es enfriar la masa térmica de los elementos constructivos por la noche (ventilación nocturna de masa térmica), se recomienda maximizar el contacto del aire con los elementos constructivos para que éstos le transfieran calor.

- El proyecto Zebra 2020(TU Wien Grupo de Economía Energética -EEG Septiembre 2016) presentado por Raphael Bointner el cual es el coordinador del mismo, tiene como objetivo clave monitorizar la adopción del mercado de los EECN en toda Europa, proporcionar datos y entradas acerca de cómo alcanzar el estándar EECN. Este informe presenta toda la información recopilada de 17 estados miembros europeos. Los datos presentados aquí han sido recogidos y presentados con la implicación de investigaciones europeas, del mundo académico y las autoridades nacionales. En base a esta información, se han derivado recomendaciones encaminadas hacia una estrategia de descarbonización del parque de edificios. Este informe está estructurado de la siguiente manera:

(1) Datos de mercado sobre eficiencia de los edificios con estadísticas sobre actividades de renovación y de nueva construcción en los últimos años y una selección de edificios de alta eficiencia con especificaciones técnicas de diferentes países.

(2) Un análisis de los certificados de eficiencia energética y una encuesta de los agentes inmobiliarios que muestra el impacto de estos certificados en el mercado inmobiliario.

(3) resúmenes de los temas sobre políticas existentes a nivel nacional para el sector de la construcción.

(4) El nZEB-tracker (herramienta online estilo Wiki) que presenta criterios seleccionados que muestran la transformación y la madurez del mercado de los edificios de energía casi nula tanto a nivel nacional como de la UE.

(5) Escenarios que muestran la transición del mercado hacia los EECN y su impacto sobre la descarbonización del parque de edificios europeo hasta 2020, 2030 y 2050.

(6) Recomendaciones con el objetivo de apoyar a las autoridades políticas para establecer metas ambiciosas enfocadas a los EECN y la eficiencia energética en relación al parque de edificios.

La suposición del proyecto ZEBRA2020 se basa en los datos estimados en los informes WWF1 y GTR2. En el primer informe, se considera un total de cinco tipos de mejoras para viviendas existentes de distinta naturaleza (E2 Aislamiento +, E3 Aislamiento ++, E4 Renovables, E5 Planes Renove y E6 Mix) y sus efectos se comparan con respecto a una situación en la que no se lleva a cabo ninguna intervención del parque de viviendas (Tendencia) según diferentes tipos de edificios y zonas climáticas. En el segundo informe, se estima que las necesidades de renovaciones profundas reduzcan las necesidades energéticas de calefacción de los edificios hasta un 80% y de agua caliente hasta un 60% (para un objetivo de 10 millones de viviendas, es decir, el 64% del parque de viviendas hasta 2001) de acuerdo con el E6 Mix (ahorro del 85% en consumo energético). Por lo tanto, escogemos el E6 Mix como nivel de referencia para renovaciones profundas en España y, a continuación, se agrupan los cinco tipos de mejoras citados según los tres niveles de renovación definidos:

- Nivel 1 "leve": El promedio de ahorro esperado en consumo energético es del $((12 + 23) / 2)$ 17,5%.

Tipo de acciones:

- E4 Renovables: Considera la incorporación de instalaciones para el aprovechamiento de la energía solar térmica para producir agua caliente sanitaria (cobertura del 60-70% dependiendo de la zona climática) y la energía solar fotovoltaica para el consumo de electricidad (10%).

- E5 Planes Renove: Considera el impacto en el consumo energético de los edificios residenciales existentes de la aplicación de los Planes Renove de calderas y aire acondicionado, de acuerdo con el desarrollo experimentado por diferentes comunidades autónomas con la implementación del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de 2008-2012.

- Nivel 2 "media": El promedio de ahorro esperado en consumo energético es del $((57 + 72) / 2)$ 64,5%. Tipo de acciones:

E2 Aislamiento +: Considera una mejora de los niveles máximos permitidos actualmente según el documento HE1 del CTE para los parámetros de transmitancia térmica de los suelos, cubiertas y fachadas, así como las medidas para mejorar el tratamiento de grietas y puentes térmicos.

- E3 Aislamiento ++: Refuerza las mejoras introducidas en la solución E2 Aislamiento + incorporando criterios utilizados en el estándar Passive House: una envolvente del edificio muy aislada (máximo valor U de 0,15 W / m² K) y la recuperación de calor del aire extraído de la casa.

- Nivel 3 "profunda": El promedio de ahorro esperado en consumo energético es del 85%. Estas acciones son la combinación de aislamiento del edificio con E3 Aislamiento ++, E4 Renovables y E5 Planes Renove.

A continuación, se resumen los diferentes niveles para los ahorros energéticos esperados:

	Aplicación de mejoras térmicas	Ahorro energético esperado
Nivel 1	Aplicación de Planes Renove y/o incorporación de energía solar térmica/fotovoltaica	17,5%
Nivel 2	Mejora de aislamiento en elementos específicos del edificio (techos, fachadas, puentes térmicos...) y/o envolvente térmica global (incluyendo un sistema de recuperación de calor)	64,5%
Nivel 3	Suma del nivel 1 y 2	85%

Tabla 1.1

Como se puede ver existe una considerable reducción de consumo energético llegando hasta un 85%, esto demuestra la gran importancia de los materiales de construcción y aislamientos utilizados en cuanto a su influencia en la gestión energética; aspecto a considerar en el trabajo. También un aspecto a destacar es que en los países con normativas más estrictas con respecto a los diseños de edificaciones se logró una mayor gestión energética.

1.9.2 Estudio del arte en Cuba

El trabajo de diploma Lianny Madrigal Moreno (Moreno, 2013) realiza un proyecto hacia las ideas conceptuales para una zona de nuevo desarrollo de la ciudad de Manicaragua. Tomando como base el estudio de antecedentes internacionales, nacionales de viviendas que respondan positivamente a las condiciones ambientales de su entorno. Apoyándose en el resultado de la aplicación de una herramienta para la evaluación cualicuantitativa de la dimensión ambiental y energética del hábitat en la propia ciudad; herramienta que es elaborada en el presente trabajo a partir de los indicadores del Procedimiento de diagnóstico integral del Hábitat municipal. Todo ello tributa a la adecuación de los requisitos de diseño y premisas hacia la tarea técnica para el plan parcial de la zona de nuevo desarrollo Santo Domingo y propuestas de solución de vivienda para la ciudad de Manicaragua, formulando criterios de diseño ambientalmente comfortable.

Para lograr un diseño arquitectónico con tales características se tienen que cumplir con una serie de requisitos que ilustran como debe ser la nueva interpretación de la arquitectura. Dentro de estos preceptos podemos mencionar:

1. Adaptación a la temperatura.
2. Asoleamiento, orientación y protección solar del edificio.
3. Aislamiento térmico.
4. Ventilación cruzada.
5. Optimización de recursos naturales.
6. Integración de energías renovables.

También en este trabajo se utilizó la Herramienta Habitación 2 como apoyo a la investigación donde se calculó por el comité de experto, donde fueron necesarios 6 compañeros, para esta prueba piloto, se tomó como criterios de partida la evaluación del Procedimiento que entregó el CAM al Proyecto Hábitat 2, sobre la base de estos criterios y un proceso de estudio.

Los resultados obtenidos indican que la dimensión ambiental energética del hábitat en Manicaragua es evaluada de Regular con puntuación cuantitativa de 60,52 o lo que es lo mismo 0,61 en escala de 0 a 1.

También que los indicadores más deficientes por puntuación son los de fuentes renovables de energía con (0,36), Niveles de contaminación con (0,39), cultura ambiental energética (0,48) e impactos ambientales (0,56).

Todos ellos indican que no hay aplicación de arquitectura bioclimática, fuentes renovables en los diseños, reciclaje y reúso, mala educación y déficit de programas, así como impactos ambientales y energéticos de las realidades de la ciudad.

- El trabajo realizado por la Dra.Cs. Arq. Dania González Couret(Couret) presenta los resultados de varias investigaciones dirigidas a caracterizar y evaluar la arquitectura cubana en su evolución, desde el punto de vista de su adecuación a las condiciones climáticas. Para ello se combinan métodos de la investigación teórica con trabajos empíricos desarrollados y dirigidos por la autora durante varias décadas, así como otros resultados de investigaciones precedentes.

La discusión de los resultados permite demostrar la calidad de la tradición arquitectónica cubana y la necesidad de su rescate como principio esencial para la adaptación al cambio climático.

Aunque existen gran cantidad de estudios realizados internacionalmente sobre el diseño bioclimático llegando a adquirir estos mismos gran relevancia para lograr la sustentabilidad económica en nuestro país la arquitectura transita por un camino opuesto, caracterizado por la pérdida de la tradición y la adopción de modelos foráneos no apropiados al clima. El trabajo presenta los resultados de varias

investigaciones enfocadas en la caracterización y evaluación de la arquitectura cubana y su evolución, desde el punto de vista de su adecuación a las condiciones climáticas.

Por ser Cuba una isla larga y estrecha que ocupa un reducido rango de latitudes, su clima es bastante uniforme, a pesar de que pueden distinguirse tres regiones climáticas (las costas, las zonas montañosas y la zona central). El clima cubano, clasificado por Köpen [Jansa, 1974] como Tropical, es cálido y húmedo, caracterizado por altos valores de temperatura del aire a lo largo del día y el año, elevadas humedades relativas y abundantes lluvias, lo que lo hace diferente de otros climas también cálidos pero secos, catalogados por el referido autor dentro de los Áridos.

De las características del clima se derivan las estrategias de diseño bioclimático, que son más variadas en los climas cálido-secos, en los cuales es posible experimentar con recursos como la inercia térmica de la edificación, y del suelo, así como el enfriamiento evaporativo, pero en los cálido-húmedos las dos estrategias principales son reducir la ganancia térmica en la edificación y maximizar la ventilación natural

Es por ello que el esquema de diseño bioclimático recomendable para Cuba se corresponde con el edificio aislado protegido del sol y permeable a la ventilación, lo cual es posible en zonas rurales y suburbanas, o en las urbanizaciones abiertas al estilo del movimiento moderno. Sin embargo, los centros históricos de las ciudades tradicionales desarrolladas por los colonizadores españoles responden al modelo compacto mediterráneo más apropiado para los climas secos, en los que en lugar de la ventilación cruzada predomina la inercia térmica de la masa edificada que permite generar microclimas en los patios interiores.

1.10 Conclusiones parciales

- Se estableció la relación de los grados días, las zonas bioclimáticas y los climogramas a la Norma ISO 50001 con el fin de obtener una mejor gestión energética
- Se determinó que la carta bioclimática a utilizar en el trabajo es la de Givoni ya que es la que propone medidas para lograr una zona de confort en el interior de las edificaciones.
- De los trabajos investigados anteriormente que planteaban métodos pasivos se pudo establecer que las características del diseño pasivo a aplicar en nuestro país son:
 1. Protección solar todo el año
 2. Instalación de ventanas
 3. Refrigeración por ventilación natural
 4. Deshumidificación convencional
 5. La siembra de árboles de hojas caducas como ayuda para impedir las ganancias térmicas directas y la reflexión.

2. Capítulo II: Metodología y aplicación de los Grados Días, los climogramas y el Diseño Bioclimático a la ISO 50001

2.1 Introducción

En este capítulo se expondrá la metodología para calcular la temperatura máxima y mínima a través de la herramienta grados días. Se utilizará el Excel para facilitar el proceso de cálculos y a la vez ya tener los mismos como una herramienta más para una futura utilización. Se calculará las temperatura máxima y mínima disponiendo de una temperatura media que se obtuvieron a través de datos históricos de las provincias de Cuba(2018). Todo esto se hará utilizando el sitio web www.Climate-Data.org donde se obtendrán datos estadísticos fiables de la historia climática de las provincias de nuestro país y siguiendo lo metodología propuesta por Rodríguez Santos(Ovidio Rodríguez Santos) para el cálculo de los grados-día mensuales de enfriamiento y/o calentamiento con temperatura base variable.

Se determinará las zonas climáticas para las provincias orientales de nuestro país, partiendo desde Sancti Spíritus hasta Guantánamo. Esto se logrará utilizando un Excel como herramienta para los cálculos a realizar en la metodología propuesta por Rodríguez Santos.

2.2 Determinación de las zonas climáticas de Cuba

Para lograr la creación de zonas climáticas de un país te tomas en cuenta tres aspectos generalmente:

- a) Clasificaciones basadas en las variaciones geográficas de uno o más elementos del clima y orientadas a reunir las localidades con rangos y combinaciones similares. Aquí la perspectiva es básicamente climática y puede inspirarse en las clasificaciones climáticas clásicas (como la de Köppen) introduciendo aspectos como el relieve y la vegetación. Clasificaciones basadas en la sensación térmica característica de cada clima, evaluada por medio de algún indicador de confort (por ejemplo: la temperatura del aire, la temperatura operativa o la temperatura efectiva). El análisis puede ser sólo numérico o relacionarse con aspectos como el relieve y la vegetación.
- b) Clasificaciones basadas en un enfoque bioclimático que apele a métodos de ayuda al diseño iniciales (grados-día o grados-hora, diagramas bioclimáticos o tablas de Mahoney). Esta forma de definir zonas climáticas

quizá sea la más completa, al considerar la relación entre el clima, el confort y el diseño en términos del potencial de determinadas estrategias c) de diseño concebidas genéricamente (por ejemplo: enfriamiento, calentamiento, ventilación natural, masa térmica, etc.).

Atendiendo a este último aspecto como el más completo de los analizados pasaremos a esto a continuación

2.3 Resultados del cálculo de la t_m mensual de las provincias del oriente de Cuba

Temperatura media (t_m) mensual de las provincias occidentales de Cuba

Meses	SS	CA	Camg	LT	Holg	Gran	Gtm	SC
Ene	21.59	22.68	22.67	23.3	23.32	23.3	23.3	22.2
Feb	22.03	22.48	22.47	23.17	23.18	23.37	23.16	22.22
Marz	23.59	24.21	24.22	24.78	24.8	24.64	24.78	23.32
Abril	25.18	25.45	25.44	25.94	25.94	25.65	25.95	24.22
May	26.17	26.28	26.28	26.78	26.78	26.43	26.79	25.16
Jun	26.82	26.84	26.83	27.36	27.36	27.12	27.33	25.9
Jul	27.46	27.55	27.55	28.04	28.04	27.66	28.01	26.6
Ago	27.46	27.76	27.76	28.18	28.15	27.92	28.13	26.76
Sept	26.93	27.17	27.17	27.67	27.65	27.37	27.63	26.24
Oct	25.83	26.13	26.12	27	26.91	26.5	26.95	25.24
Nov	24.03	24.83	24.83	25.36	25.33	25.47	25.32	24.21
Dic	22.41	22.85	22.84	23.72	23.71	23.93	23.7	22.9

Tabla 2

Estos datos fueron obtenidos a través del cálculo de las t_m de las t_m mensuales del Excel (Hernández, 2018) de cada provincia quitando los municipios de cada una por la gran cantidad de datos de estos, los cuales se pueden ver accediendo al Excel en caso de necesitarse.

2.4 Modelo para el cálculo de las Temperaturas Máximas y Mínimas

Como se puede ver en la tabla 2.1 este modelo permite el cálculo de las temperaturas máximas y mínimas en cualquier periodo determinado de tiempo y también con cualquier temperatura base, en este trabajo se tomarán desde 10-25°C como temperatura base y se calculará para un periodo de tiempo mensual y anual mostrándose todos estos resultados dentro del Excel a utilizar (Hernández, 2018).

Región geográfica	Territorio nacional cubano.		
Escala de tiempo	Expresión	Coeficientes	
		a	b
Diaria	$t_{\min} = at_m^b$	0,2343	1,3888
	$t_{\max} = at_m^b$	3,7564	0,6492
Mensual	$t_{\min} = a + b.t_m$	-12,22	1,3669
	$t_{\max} = a + b.t_m$	9,238	0,7188
Estacional de verano	$t_{\min} = a + b.t_m$	-5,5621	1,0966
	$t_{\max} = a + b.t_m$	5,3765	0,8754
Estacional de invierno	$t_{\min} = a + b.t_m$	-22,338	1,7141
	$t_{\max} = a + b.t_m$	14,62	0,5295
Anual	$t_{\min} = a + b.t_m$	-38,526	2,2018
	$t_{\max} = a + b.t_m$	11,487	0,705

Tabla 2.1

2.4.1 Modelo base para el cálculo de los grados-día de enfriamiento.

El modelo base para el cálculo de los grados-día de enfriamiento con temperatura base y escala de tiempo variables, se sintetiza en el uso de siete expresiones.

Se establecen como variables de entrada tres parámetros: la temperatura media t_m , la temperatura mínima media $t_{\min}$ y la temperatura máxima media $t_{\max}$ de las temperaturas medias para el periodo, según la escala de tiempo que se tome.

Con estas variables se define el parámetro adimensional ζ expresado por la ecuación (1).

$$\zeta = \frac{t_m}{t_{\max} - t_{\min}} \quad (1)$$

Se asumen dos posibles intervalos de variación de la temperatura base t_b , un primer intervalo para $(t_b \leq t_{\min})$ y un segundo intervalo para $(t_{\min} \leq t_b \leq t_{\max})$.

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

$$GD_{me} = N(\theta_{mee} - t_b) \quad (2)$$

Donde, N es el número de unidades para el periodo de tiempo que se tome y θ_{mee} se conoce como temperatura media equivalente de enfriamiento.

La temperatura media equivalente de enfriamiento θ_{mee} debe ser determinada para cada intervalo. Para el primer intervalo ($t_b \leq t_{min}$) su valor se toma constante e igual a la temperatura media t_m , según el caso.

Para el segundo intervalo ($t_{min} \leq t_b \leq t_{max}$), el término θ_{mee} se calcula, mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_{mee} = (t_{mee} - t_{max})e^{Z_e(t_{mee} - t_m)} + t_{max} \quad (3)$$

El parámetro t_{mee} se determina según la expresión (4) para los diferentes valores que puede asumir la temperatura base t_b :

$$t_{mee} = (t_b - t_{min})\left(\frac{t_{max} - t_m}{t_{max} - t_{min}}\right) + t_m \quad (4)$$

Para el cálculo de la constante Z_e a sustituir en (3), se debe determinar el parámetro θ_{mee} por la expresión (6) y sustituir su valor en (5), t_{mee} se determina por la ecuación (4), (para el valor de temperatura base t_b igual a la temperatura

$$Z_e = \frac{\ln \frac{\theta_{mee} - t_{max}}{t_{mee} - t_{max}}}{t_{mee} - t_m}$$

media t_m y se sustituye su valor en (5) y (6)

(5)

$$\theta_{mee} = t_{mee} - Z$$

(6)

Los valores del parámetro Z que se sustituyen en la expresión (6) se obtienen a partir de la expresión (7), donde el término ζ fue definido en la ecuación (1).

$$Z = A\zeta^{-B} \quad (7)$$

La expresión (7) y los coeficientes que utiliza, son válidos para el cálculo de los grados-día para cualquier escala de tiempo. La expresión y los valores de sus coeficientes se pueden obtener para la región de estudio por la (tabla #1), anteriormente presentada.

Los grados-día de calentamiento se pueden obtener mediante la siguiente relación.

$$GD_{mc} = GD_{me} - N(t_m - t_b) \quad (7)$$

2.5 Resultados de los cálculos de Grados Días

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de las $t_{máx}$; t_{min} y t_m anuales obtenidos en cada provincia con sus respectivos municipios.

Sancti Spíritus								
Datos Anuales	Sancti Spiritus	Yaguajay	Taguasco	La Sierpe	Jatibonico	Fomento	Cabaiguán	Trinidad
T_m	25.53	25.59	25.5	25.68	25.68	24.8	24.88	25.77
T_{min}	17.68	17.81	17.61	18.01	18.01	16.07	16.25	18.22
$T_{máx}$	29.48	29.52	29.46	29.59	29.59	28.97	29.02	29.65

Tabla 2.2

Santiago de Cuba								
Datos Anuales	Contramaestre	Guamá Abajo	La Maya	Mella	Palma Soriano	San Luis	S de C	Segundo Frente
T_m	25.43	25.93	24.55	25.35	25.18	24.92	26.18	24.83
T_{min}	17.46	18.56	15.52	17.28	16.91	16.34	19.11	16.14
$T_{máx}$	29.41	29.76	28.79	29.35	29.23	29.05	29.94	28.99

Tabla 2.3

Las Tunas									
Datos Anuales	Puerto Padre	Manatí	Majibacoa	Las Tunas	Jobabo	Jesús Mdez	Guaro	Colombia	Amancio
T_m	26.12	26.16	25.68	25.74	25.76	26.4	26.23	25,6	25,78
T_{min}	18.98	19.07	18.01	18.14	18.19	19.6	19.22	17.84	18.23
$T_{máx}$	29.9	27.81	29.59	29.63	29.64	30.09	29.97	29.54	29.66

Tabla 2.4

Holguín								
Datos Anuales	Sagua de Tánamo	Rafael Freyre	Moa	Mayarí	Holguín	Gibara	Frank País	Cueto
Tm	26.02	26.39	25.96	25.97	25.44	26.48	26.03	25.91
Tmin	18.76	19.57	18.63	18.65	17.48	19.77	18.78	18.52
Tmáx	29.83	30.09	29.78	29.79	29.42	30.15	29.83	29.75
Datos Anuales	Calixto García	Cacocum	Banes	Báguanos	Antilla			
Tm	25.65	25.9	26.05	25.89	26.18			
Tmin	17.95	18.5	18.83	18.47	19.11			
Tmáx	29.57	29.74	29.85	29.73	29.94			

Tabla 2.5

Guantanamo								
Datos Anuales	San Ant del Sur	Puriales De Caujerí	Manuel Tames	Maisí	Jamal	Imías	Guantánamo	El Salvador
Tm	26.08	24.22	24.98	26.16	25.94	26.01	25.65	25.34
Tmin	18.89	14.8	16.47	19.07	18.58	18.74	17.95	17.26
Tmáx	29.87	28.56	29.09	29.92	29.77	29.82	29.57	29.35
Datos Anuales	Caimanera	Baracoa						
Tm	25.26	25.87						
Tmin	17.09	18.43						
Tmáx	29.29	29.72						

Tabla 2.6

Granma								
Datos anuales	Bayamo	Buey Arriba	Cabo Cruz	Campechuela	Cauto Cristo	Guisa	Jiguaní	Manzanillo
Tm	25.78	25.25	26.03	25.96	25.96	24.83	25.43	25.83
Tmin	18.23	17.06	18.78	18.63	18.63	16.14	17.46	18.34
Tmáx	29.66	29.28	29.83	29.78	29.78	28.99	29.41	29.69
Datos Anuales	Media Luna	Niquero	Pilón	Río Cauto	Veguitas	Yara		
Tm	25.98	26.04	26.13	25.95	25.89	25.89		
Tmin	18.67	18.8	19.01	18.61	18.47	18.47		
Tmáx	29.8	29.84	29.91	29.78	29.73	29.73		

Tabla 2.7

Camagüey								
Datos Anuales	Vertientes	Sibanicú	Santa Cruz del Sur	Palo Seco	Nuevitas	Najasa	Minas	Jimaguayú
Tm	25.32	25.24	25.75	25.37	25.53	25.17	25.34	25.32
Tmin	17.22	17.04	18.17	17.33	17.68	16.89	17.26	17.22
Tmáx	29.33	29.28	29.64	29.37	29.48	29.23	29.35	29.33
Datos Anuales	Guáimaro	Florida	Esmeralda	Céspedes	Camagüey			
Tm	25.53	25.36	25.25	25.26	25.17			
Tmin	17.68	17.31	17.06	17.09	16.89			
Tmáx	29.48	29.36	29.28	29.29	29.23			

Tabla 2.8

Ciego de Ávila								
Datos Anuales	Venezuela	Primero de Enero	Morón	Majagua	Júcaro	Florencia	Ciro Redondo	Ciego de Ávila
Tm	25.56	25.59	25.28	25.37	25.46	25.36	25.38	25.45
Tmin	17.75	17.81	17.13	17.33	17.53	17.31	17.35	17.50
Tmáx	29.5	29.52	29.31	29.37	29.43	29.36	29.38	29.42
Datos Anuales	Chambas	Callo Guillermo	Bolivia	Baraguá				
Tm	25.58	25.59	25.6	25.75				
Tmin	17.79	17.81	17.84	18.17				
Tmáx	29.52	29.52	29.53	29.64				

Tabla 2.9

En el Excel se calcularon los GD anuales para todas las provincias con sus respectivos municipios para la temperatura base desde 10°C hasta los 25°C, como parte de la investigación del comportamiento de las variables; pero nuestro país al ser de clima tropical solo nos interesa los GD de enfriamiento para 18°C, esto es según la Norma Internacional ASHRAE 90.1 donde definen una temperatura base de 10°C y 18°C donde se plantea tomar la mayor para los climas más cálidos.

Para hacer la caracterización climática para los GDE con una tb de 18°C se utilizó Escala Universal Termal y los resultados de las tm calculadas en el Excel.

2.6 Escala Universal Termal

Severamente caluroso: Tm mensual de 35 °C o mayor.

Muy caluroso: 28 a 35 °C

caluroso: 23 a 28 °C

templado: 18 a 23 °C

medio: 10 a 18 °C

fresco: 0 a 10 °C

frío: -10 a 0 °C

muy frío: -25 a -10 °C

severamente frío: -40 a -25 °C

excesivamente frío: -40 °C o menor.

Ahora, se deben calcular las temperaturas máximas y mínimas para cada rango de temperatura, que sería de 18-28°C para al obtener las mismas poder calcular los rangos que delimitan las zonas climáticas a través de los Grados Días Anuales. Para esto se utilizará las fórmulas y coeficientes planteados en la tabla 2.1.

2.6.1 Calculo para la temperatura de 28°C

$$t_{\min} = a + b.t_m$$

$$t_{\min} = -38.526 + 2,2018 \cdot (28) = 17,98$$

$$t_{\max} = 11,487 + 0,705 \cdot (28) = 31,227$$

Localidades	tmax	tm	tmin	tb		tme	ζ	nee(tr)	A	B	Z	'mee'	Ze	θmee	GDme	Gda
	31.23	28	17.98	18	VERDADERO	28	2.113	30.44	2.333	0.779	1.303	29.14	0.4	28	9.999	3649

Figura 2

De igual forma se procede para calcular las tmin y max con las tb de 23 y 18°C

Rangos en GDA en los que se clasifican las temperaturas

GDA ≤ 1900: Se clasifica como 3A y corresponde a la zona climática Templada/Húmeda

1900 ≤ GDA ≤ 3600: Que se clasifica como 2A que corresponde a la zona climática Caliente/Húmeda

3600 ≤ GDA: Se clasifica como 1A y corresponde a la zona climática Muy Caliente/Húmeda

1900 ≤ GDA ≤ 3500				GDA ≤ 2000
Sancti Spiritus: 2749 Trinidad: 2837 Cabaiguán: 2512 Fomento: 2485 Jatibonico: 2801 La Sierpe: 2795 Taguasco: 2737 Yaguajay: 2770 Segundo Frente: 2492 Santiago de Cuba: 2985 Palma Soriano: 2620 San Luis: 2525 La Maya: 2390 Mella: 2682 Guamá Abajo: 2894 Contramaestre: 2711 Amancio: 2839 Colombia: 2774 Bayamo: 2839 Vertientes: 2671 Baraguá: 2828 Bolivia: 2774	Jobabo: 2832 Las Tunas: 2825 Majibacoa: 2803 Manatí: 2978 Puerto Padre: 2963 Antilla: 2985 Báguanos: 2879 Banes: 2938 Cacocum: 2920 Calixto García: 2792 Cueto: 2887 Frank País: 2930 Holguín: 2715 Mayarí: 2909 Moa: 2905 Sagua de Tánamo: 2927 Baracoa: 2872 El Salvador: 2679 Guantánamo: 2792 Imías: 2923 Jamal: 2898	Buey Arriba: 2646 Cabo Cruz: 2930 Campechuela: 2909 Cauto Cristo: 2909 Guisa: 2492 Jiguaní: 2711 Manzanillo: 2857 Media Luna: 2912 Niquero: 2934 Pilón: 2967 Río Cauto: 2901 Veguitas: 2879 Yara: 2876 Camagüey: 2617 Céspedes: 2649 Esmeralda: 2646 Florida: 2686 Guáimaro: 2748 Jimaguayú: 2671 Minas: 2679 Najasa: 2617 Nuevitas: 2748 Palo Seco: 2690	Ciro Redondo: 2694 Florenia: 2685 Júcaro: 2722 Majagua: 2691 Morón: 2658 Primero de Enero: 2770 Venezuela: 2759 Guaro: 3003 Caimanera: 3011 Gibara: 3095 Rafael Freyre: 3062 Jesús Menéndez: 3066 San Ant del Sur: 2949 Callo Guillermo: 2770 Chambas: 2767 Ciego de Ávila: 2722 Maisí: 2978 Manuel Tames: 2547 Puriales De C: 2270 Santa Cruz del S: 2828 Sibanicú: 2642.6	Topes de Collantes: 1181 La Gran P: 522

Tabla 2.9

2.6.2 Resultados de la clasificación climática de las provincias para la tb de 18°C

Meses	Sancti Spíritus	Ciego de Ávila	Camagüey	Las Tunas	Holguín	Granma	Guantánamo	Santiago de Cuba
Enero	3A	3A	3A	2A	2A	2A	2A	3A
Febrero	3A	3A	3A	3A	3A	2A	3A	3A
Marzo	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Abril	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Mayo	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Junio	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Julio	2A	2A	2A	1A	1A	2A	1A	2A
Agosto	2A	2A	2A	1A	1A	1A	1A	2A
Septiembre	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Octubre	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Noviembre	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Diciembre	3A	3A	3A	2A	2A	2A	2A	3A

Tabla 2.10

Con la ayuda de la tabla 2.10 se puede apreciar que el mes de diciembre, enero y febrero entra en una zona climática 3A para casi todos los municipios, ya que este es el período de invierno de nuestro país. Mientras que en el resto del año se mantiene en 2A en la mayoría de los meses y destacándose los meses de julio y agosto como los más calurosos del año entrando en una zona climática de 1A para casi todo el año y aunque solo son pocos meses, los valores de los otros que no entraron en este rango se aproximaron bastante desde los meses desde julio hasta octubre.

2.7 Medidas pasivas para disminuir el consumo energético y mejorar el confort según las características del local.

2.7.1 Propuestas para la zona 1A y 2A

Utilizar los climatizadores de aire durante todo el año.

En las edificaciones que no poseen climatizadores de aire utilizar la ventilación natural amplia y los ventiladores, por la noche y por el día si la temperatura exterior no excede la interior.

Para la reflexión del sol se propone pintar de un acabado muy claro de reflectividad 0,9 (casi un espejo). De esta forma el sol absorbido por el techo y las fachadas es sólo el 10% de la radiación solar incidente. (Rosales, 2011)

Usar una vestimenta ligera y de ser posible de colores claros

A modo de propuesta para edificaciones con climatizadores de aire:

Utilizar un ventilador de tiro forzado durante la noche cuando la temperatura es más fresca para mantener una temperatura de confort en las habitaciones y disminuir el uso de los climatizadores de aire por lo mañana. Se tendría que calcular si el consumo que genera el ventilador durante la noche supera al de los climatizadores de aire en el periodo de tiempo que no se pondrían debido al

ventilador. De ser así retirar el ventilado, utilizar la ventilación natural durante la noche y los aires desde el comienzo del horario laboral.

2.7.2 Propuestas para la zona 3A

Apagar los climatizadores de aire utilizar la ventilación natural amplia y los ventiladores

Limitar la ventilación en los días más frescos y maximizarla en los más cálidos o encender los climatizadores de aire de ser necesario.

Para la reflexión del sol se propone pintar de un acabado muy claro de reflectividad 0,9 (casi un espejo). De esta forma el sol absorbido por el techo y las fachadas es sólo el 10% de la radiación solar incidente

2.7.3 Otros aspectos a tener en cuenta

La cantidad de personas por metro cuadrado: Según CTE (Código Técnico de la Edificación) y reglamentos específicos la distancia recomendable varia en cuanto a los objetivos y actividades que se realizan en los locales (Group, 2015), para este trabajo tomaremos una distancia de $0.90m^2$ a $1m^2$ entre personas al ser esta la que se plantea para los locales de oficinas con la recomendación siempre de ampliar esta distancia siempre de ser posible.

A manera de propuesta ya teniendo en cuenta que a la hora de instalar cualquier equipo de climatización es necesaria la realización de un cálculo de cargas térmicas del local para ver de cuantos BTU debe ser el equipo de climatización, aprovechar estos mismos cálculos para ver cuales o por donde son las mayores ganancias térmicas del local y aplicar medidas para la reducción de estas mismas.

2.8 Diagramas bioclimáticos

Para aplicar los Diagramas bioclimáticos es necesario calcular la temperatura neutra y para esto tomaremos a la provincia de Sancti Spíritus.

Para aplicar los diagramas bioclimáticos tomaremos zonas con diferentes características geográficas del relieve, ya sea llanuras, montañas o marítimas.

2.8.1 Valoración del clima en base a la t_b de $18^{\circ}C$

Montañoso: Topes de Collante: Se clasifica como un clima Caliente/Húmedo

Llanura: Cabaiguán: Se clasifica como un clima Muy Caliente/Húmedo

Marítimo: Trinidad: Se clasifica como un clima Muy Caliente/Húmedo

Cálculo de la zona de confort para los diagramas bioclimáticos.

Con la temperatura media anual calculada (T_{ma}) anteriormente en el Excel se pasa a calcular la temperatura neutra (t_n) con las fórmulas propuestas por Szokolay, en las cuales se determinan los límites máximos y mínimos de la zona de confort térmico como se describe a continuación: (Alfredo Luna Soto, 2014)

Llanura: Cabaiguán:

Temperatura media anual (Tma)= 24.8°C

$$T_n = (T_{ma} * 0.31) + 17.60 \quad (1)$$

Dónde:

Tn= temperatura neutral (°C)

Tma= temperatura media anual (°C)

$$T_n = (24.8 * 0.31) + 17.60 = \mathbf{25.3^\circ C},$$

$$ZC_{mín} = T_n - 2 \quad (2)$$

Dónde:

ZCmín= Límite de confort térmico mínimo (°C)

Tn= Temperatura neutra (°C)

$$ZC_{mín} = 25.3 - 2 = \mathbf{23.3^\circ C},$$

$$ZC_{máx} = T_n + 2 \quad (3)$$

Dónde:

ZCmáx= Límite de confort térmico máximo (°C)

Tn= Temperatura neutra (°C)

$$ZC_{máx} = 25.3 + 2 = \mathbf{27.3^\circ C}$$

$$dT_{mín} = [0.023(ZC_{mín} - 14) * 13] + ZC_{mín} \quad (4)$$

Dónde:

dT= desplazamiento térmico

$$dT_{mín} = [0.023(23.3 - 14) * 13] + 23.3$$

$$dT_{mín} = \mathbf{26.1^\circ C}$$

$$dT_{máx} = [0.023(ZC_{máx} - 14) * 13] + ZC_{máx} \quad (4)$$

$$dT_{máx} = [0.023(27.3 - 14) * 13] + 27.3$$

$$dT_{máx} = \mathbf{31.3^\circ C}$$

De igual forma se procede para las zonas de Topes de Collante y Trinidad

2.8.2 Resultados del cálculo de las zonas de confort

Localidades	Tma (°C)	Tn (°C)	ZCmín (°C)	ZCmáx (°C)	dTmín (°C)	dTmáx (°C)
Topes de Collante	21.2	24.2	22.2	26.2	24.7	29.8
Cabaiguán	24.8	25.3	23.3	27.3	26.1	31.3
Trinidad	25.7	25.6	23.3	27.6	26.5	31.6

2.9 Datos de las Humedades Relativas máximas y mínimas diarias.

Topes de Collante				
Meses	Humedad		Temperatura	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	60.3	89.3	12.93	22.30
Febrero	61.5	84.6	12.52	22.09
Marzo	62.6	84.5	14.84	23.29
Abril	63.0	82.1	16.62	24.21
Mayo	64.6	83.4	18.12	25
Junio	65.0	84.1	18.94	25.42
Julio	66.5	88.1	19.76	25.85
Agosto	70.4	90.3	20.03	25.99
Septiembre	66.0	91.4	19.49	25.71
Octubre	64.7	92.1	18.39	25.14
Noviembre	62.2	84.8	15.52	23.65
Diciembre	67.3	90.1	13.88	22.79

Cabaiguán				
Meses	Humedad		Temperatura	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	67.3	93.3	17.03	24.43
Febrero	62.4	89.7	17.71	24.78
Marzo	62.3	88.1	20.17	26.06
Abril	63.0	82.4	22.22	27.13
Mayo	64.5	85.3	23.45	27.76
Junio	65.3	90.3	24.41	28.26
Julio	66.1	92.2	25.09	28.62
Agosto	71.2	90.3	24.95	28.55
Septiembre	67.0	91.1	24.54	28.33
Octubre	64.2	93.8	22.90	27.48
Noviembre	60.1	87.3	20.55	26.27
Diciembre	66.4	92.1	18.39	25.14

Trinidad				
Meses	Humedad		Temperatura	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	63.6	91.6	19.62	25.78
Febrero	62.2	83.8	19.27	25.56
Marzo	62.1	86.5	20.99	26.49
Abril	63.2	84.0	22.90	27.48
Mayo	62.3	87.2	24.41	28.26
Junio	67.5	84.0	25.09	28.62
Julio	68.4	88.0	26.05	29.11
Agosto	74.5	90.9	25.91	29.04
Septiembre	68.7	93.8	25.50	28.83
Octubre	66.4	92.8	24.41	28.26
Noviembre	60.9	87.7	21.95	26.98
Diciembre	67.0	92.0	20.03	25.99

Al tener todos estos datos se procede a trabajar con el software PsychTool que será la herramienta a utilizar para la determinación de las zonas de confort según las localidades analizadas anteriormente.

Pasos a seguir para trazar la zona de confort correspondiente a cada localidad.

1. Partiendo del punto definido por la temperatura de neutralidad (calculada con la temperatura media anual exterior) y la humedad relativa de 50%, su ancho corresponde a 2°C a cada lado, siguiendo la curva de 50% (aceptabilidad de 90%);
2. Sus límites izquierdo y derecho son líneas de igual temperatura efectiva según la norma ASHRAE 55 (1981)
3. Sus límites inferior y superior se fijan según esta misma norma en humedades absolutas de 4 y 12 g/kg, la humedad relativa no puede exceder 90%.
4. Ubicar las temperaturas $ZC_{mín}$ y $ZC_{máx}$ en la escala del bulbo seco de la carta. Trazar una línea desde estos puntos hasta la intersección con la curva 50% de humedad relativa.
5. Ubicar las temperaturas de desplazamiento térmico $dT_{mín}$ y $dT_{máx}$ en la escala del bulbo seco y trazar una línea de estos puntos a la intersección de las temperaturas anteriores con las intersecciones obtenidas en el punto anterior.

6. Para ubicar los límites horizontales se toman los niveles de 4 a 12 gr/kg de la escala vertical de la tabla, humedad específica (W) y se extienden hasta las intersecciones anteriores formando un paralelogramo.

Los resultados obtenidos tras aplicar las cartas bioclimáticas a estas tres zonas seleccionadas se podrán encontrar en el Capítulo III de este trabajo.

2.9.1 Temperaturas y humedades horarias

La determinación de las temperaturas y humedades horarias nos permitirá ver cuál es el comportamiento del clima durante el día, viendo en este mismo cuáles son los horarios más calurosos y los más frescos representando estos mismos un posible ahorro energético al vincular estos con medidas pasivas para lograr una temperatura de confort dentro de las edificaciones de oficinas sin la necesidad de equipos de climatización.

Esto se hará dividiendo las 24 horas del día en 8 intervalos, en donde cada uno de estos es el promedio de 3 horas.

2.9.2 Temperaturas horarias para Cabaiguán, Sancti Spíritus

En esta tabla se exponen las temperaturas horarias de la localidad de Cabaiguán. El rango de temperatura de confort dentro de edificaciones se encuentra entre 21° y 26°C según el climograma de Givoni.

Las temperaturas por debajo de 21°C estarán representadas por el color azul y las que estén por encima de 26°C con el color rojo.

Temperaturas °C																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
Ene	18,8	18.3	18.3	20.1	23.3	24.5	22.3	21.1	21.1																
Feb	19.3	18.4	19.4	20.3	23.5	25.3	21.8	17.8	20.7																
Mar	21,4	20.5	17.6	24.9	28.5	27.3	23.7	21.2	23.4																
Abr	20.8	21.1	18.9	26.9	28.3	29.4	24.9	22.3	24.1																
May	21.5	21.8	20.2	29.1	30.6	29.3	25..2	22.9	25.1																
Jun	23.8	24.7	24.1	29.3	31.3	30.1	26.7	24.3	26.8																
Jul	24.2	25.6	24.3	29.6	31.5	30.4	26.9	25.3	27.2																
Ago	25.4	23.9	23.5	29.7	32.9	30.2	26.1	24.6	27.																
Sep	23.8	23.5	23.3	28.3	31.4	29.6	25.3	23.3	26.1																
Oct	23.2	22.8	22.5	27.4	27.4	28.3	24.6	23.6	25.0																
Nov	20.4	19.4	19.4	25.7	26.3	25.5	22.3	21.4	22.6																
Dic	21.1	19.4	21.2	24.9	26.9	28.2	23.1	22.1	23.7																
Anual	22.4	21.6	21.0	26.6	28.5	28.2	24.3	22.5	24.4																

Como demuestra la tabla 2.11 se puede ver que las temperaturas frescas del día de encuentran en los primeros 3 intervalos horarios entre los meses de enero a mayo en su mayoría y a medida que las horas del día avanzan y nos adentramos en el año vemos que las temperaturas aumentan por encima de los 26°C pasando el límite de confort que plantea Givoni, esto es entre los meses de marzo a diciembre en su mayoría de intervalos.

2.9.3 Humedades horarias para Cabaiguán, Sancti Spíritus

La carta bioclimática de Givoni establece una humedad de confort entre el 20 al 75 % por lo que se señalara de color azul las humedades que excedan el límite de confort máximo de azul

Humedad Relativa %																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Horas	1		2		3		4		5		6		7		8		9		Prom						
Ene	93.4		95.6		96.3		84.3		67.1		69.5		84.4		92.4		84.0								
Feb	94.3		95.8		96.2		75.4		63.2		64.5		75.8		92.5		82.2								
Mar	92.4		96.1		95.4		64.9		51.9		56.7		73.4		88.2		77.4								
Abr	92.4		95.4		93.3		58.7		44.8		49.2		71.2		84.3		73.3625								
May	91.1		95.3		93.5		61.4		49.4		48.6		76.2		88.8		75.5								
Jun	93.2		96.8		94.6		66.8		60.4		54.6		83.2		91.3		80.1								
Jul	95.8		96.8		95.3		68.7		62.5		66.7		82.8		91.2		82.7								
Ago	95.3		97.2		95.5		74.3		64.4		72.2		83.5		93.4		84.475								
Sep	95.7		97.3		96.9		72.5		63.5		71.3		85.2		94.5		84.6								
Oct	95.5		96.7		96.1		76.7		67.9		72.3		83.9		94.2		85.4								
Nov	95.3		95.2		95.8		74.4		59.5		64.3		83.5		92.6		82.4								
Dic	94.2		95.8		96.4		77.4		59.4		62.3		85.3		92.4		82.9								

3. Capítulo III: Calculo del ahorro energético a través de la vinculación de las variables climáticas y las horas de trabajo en la empresa UEB Transcupet Cabaiguán

3.1 Introducción

Teniendo en cuenta las necesidades económicas actuales del país y el impacto que tiene la gestión energética en la misma, es necesario crear cada vez más un buen desempeño energético y la aplicación de medidas de carácter pasivos para lograr una disminución del consumo eléctrico. Para lograr esto nos enfocaremos en este capítulo en la influencia del clima en cuanto a alcanzar una temperatura de confort dentro de una edificación y se determinará las relaciones existentes entre las temperatura y humedades utilizando las cartas bioclimáticas con la necesidad de climatizar un local. La investigación se realizará en la Empresa UEB Transcupet de Cabaiguán ubicada en el municipio Cabaiguán, Provincia Sancti Spíritus.

Dicho esto, se presenta una breve caracterización de dicha empresa.

La Unidad Empresarial de Base de Transporte Transcupet de Cabaiguán creada el 1 de octubre del año 2004 se subordina al Ministerio de la Industria Básica.

Tiene como **Objeto Empresarial** brindar servicios de transportación de combustibles y lubricantes al sistema de la Unión Cupet y a terceros en ambas monedas, a partir de una óptima explotación de los recursos disponibles y la seguridad de los servicios al cliente y como **Visión** ser la Empresa transportista por excelencia de los combustibles y lubricantes del país.

Misión

Utilizar eficientemente las capacidades de refinación, comercializar eficazmente los productos derivados para satisfacer las necesidades de los clientes y la sociedad con calidad, seguridad, sostenibilidad y bajos costos, exigiendo un uso y control eficiente de los combustibles; como resultado de la participación cohesionada, íntegra, profesional y ética de nuestros trabajadores comprometidos con la lucha por la independencia y el bienestar de nuestro país.

En la actividad energética logramos un ahorro de 8 000L de diésel teniendo en cuenta el plan de ahorro confeccionado en la base, lo que cual se debe por las medidas aplicadas fundamentalmente al montaje de viajes y el trabajo en coordinación con los GPS. En cuanto a los lubricantes se logró emplear multigrados de mayor calidad lo que posibilita alcanzar el ciclo de cambio de aceites ahorrando con ello 475L de los mismos como promedio 2.5 M Watt en el año debido a sustituciones de luminarias, de aires y otras medidas de ahorro que posibilitaron el cumplimiento del plan.

Inmersos en el perfeccionamiento empresarial estamos llamados a ser portadores de una cultura de **protección e higiene al trabajo**, así como al medio ambiente, lo que se ha demostrado con 0% en accidentabilidad en la UEB. Nos encontramos a un 85 % de

soluciones de posibles riesgos y accidentes, se continúa trabajando en el cumplimiento de medidas para evitar los riesgos.

La categoría emulativa de nuestro centro es entre las UEB a nivel de país, así como compiten también entre sí todas las áreas de la UEB. Podemos destacar el reconocimiento a la UEB por haber sido seleccionada la MEJOR UNIDAD EMPRESARIAL en el 1er. Semestre del año 2005 y la MEJOR durante el año 2006. En año 2007 nuestra UEB fue reconocida por resultar Destacada a Nivel Nacional en la actividad de Seguridad y Protección. Al finalizar el 2008 obtuvimos el Primer Lugar a nivel Nacional en Área Contable Financiera. Y durante el 2009 resultamos ser la Mejor Entidad en la actividad de Capital Humanos.

3.2 Consumo de los equipos utilizados para la climatización, iluminación y refrigeración de las oficinas de la empresa

Teniendo en cuenta que este trabajo se enfoca en lograr una temperatura de confort dentro de una edificación nos enfocaremos solo en los equipos que se utilizan dentro de las oficinas de la empresa UEB Transcupet Cabaiguán y analizaremos su impacto en el consumo de la empresa.

Equipos de Refrigeración	Cantidad	Consumo de electricidad kWh	Hora de trabajo diario	Días de trabajo al mes	Consumo diario kWh	Consumo Mensual total kWh
Refrigerador pequeño	2	0.15	8	24	2.4	57.6
Refrigerador Grande	3	0.16	8	24	3.84	92.16
Caja de Agua	1	0.2	8	24	1.6	38.4
Equipos de climatización				24		
Consola(1.0 Ton)	10	1.0	7	24	70	1680
Consola(1.5 Ton)	4	1.2	7	24	33.6	806.4
Iluminación						
Lámpara 20	54	0.02	8	24	8.64	207.36
Lámpara 40	22	0.04	8	24	7.04	168.96

Tabla 13

Según la información brindada por la empresa el consumo promedio es aproximadamente de 7000kWh/mes, esto es el consumo total de la empresa por lo que determinaremos cual es el porciento que representa el consumo dirigido a las oficinas, determinando así su nivel de impacto.

Al realizar la suma de todos los consumos de los equipos destinados a las oficinas tenemos un total de 3050.88 kWh/mes y al sacar el promedio que este representa del consumo total, es decir, 7000 kWh/mes, obtuvimos como resultado que este representa el 43.6% del consumo de la empresa.

Al obtener como resultado que el consumo destinado a las oficinas representa casi la mitad del consumo total de la empresa, se decidió especificar, ya de los equipos de consumo eléctrico de las oficinas, cuál es el de mayor impacto.

Entonces tenemos que:

Si calculamos el % que representa los equipos tanto de refrigeración, iluminación y los de climatización del consumo total obtenemos que:

Equipos de refrigeración

$$(188.16/7000) * 100\% = 2.6\%$$

Lámparas

$$(376.32/7000) * 100\% = 5.4\%$$

Equipos de climatización:

$$(2486.4/7000) * 100\% = 35.5\%$$

Como podemos ver el impacto más significativo en el consumo de la empresa lo tienen los equipos de climatización, siendo este de un 35.5%, lo cual nos indica la relevancia de una buena gestión de estos mismos y el gran impacto positivo que tendría para la economía de la empresa el poder disminuir sus horas de funcionamiento. Para lograr disminuir las horas de funcionamiento sin perder una temperatura de confort dentro de las oficinas se establecerá la siguiente relación entre las variables climáticas con las cartas bioclimáticas y las horas de funcionamiento de los equipos de climatización.

3.3 Resultados que arrojaron las temperaturas y humedades horarias para Cabaiguán

Las humedades que exceden el límite máximo de confort son las señaladas por el color verde, las temperaturas que se encuentran por debajo del límite mínimo de confort de color azul, las temperaturas que exceden el límite máximo de confort de color rojo y tanto las humedades y temperaturas que se encuentran dentro de los límites de confort planteados por Givoni de color blanco.

Temperaturas °C y Humedades Relativas %																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Horas	1			2			3			4			5			6			7			8		
	T	H		T	H		T	H		T	H		T	H		T	H		T	H		T	H	
Ene	18.8	93.4		18.3	95.6		18.3	96.3		20.1	84.3		23.3	67.1		24.5	69.5		22.3	84.4		21.1	92.4	
Feb	19.3	94.3		18.4	95.8		19.4	96.2		20.3	75.4		23.5	63.2		25.3	64.5		21.8	75.8		17.8	92.5	
Mar	21.4	92.4		20.5	96.1		17.6	95.4		24.9	64.9		28.5	51.9		27.3	56.7		23.7	73.4		21.2	88.2	
Abr	20.8	92.4		21.1	95.4		18.9	93.3		26.9	58.7		28.3	44.8		29.4	49.2		24.9	71.2		22.3	84.3	
May	21.5	91.1		21.8	95.3		20.2	93.5		29.1	61.4		30.6	49.4		29.3	48.6		25.2	76.2		22.9	88.8	
Jun	23.8	93.2		24.7	96.8		24.1	94.6		29.3	66.8		31.3	60.4		30.1	54.6		26.7	83.2		24.3	91.3	
Jul	24.2	95.8		25.6	96.8		24.3	95.3		29.6	68.7		31.5	62.5		30.4	66.7		26.9	82.8		25.3	91.2	
Ago	25.4	95.3		23.9	97.2		23.5	95.5		29.7	74.3		32.9	64.4		30.2	72.2		26.1	83.5		24.6	93.4	
Sep	23.8	95.7		23.5	97.3		23.3	96.9		28.3	72.5		31.4	63.5		29.6	71.3		25.3	85.2		23.3	94.5	
Oct	23.2	95.5		22.8	96.7		22.5	96.1		27.4	76.7		27.4	67.9		28.3	72.3		24.6	83.9		23.6	94.2	
Nov	20.4	95.3		19.4	95.2		19.4	95.8		25.7	74.4		26.3	59.5		25.5	64.3		22.3	83.5		21.4	92.6	
Dic	21.1	94.2		19.4	95.8		21.2	96.4		24.9	77.4		26.9	59.4		28.2	62.3		23.1	85.3		22.1	92.4	

Tabla 3.1

3.3.1 Resultado de la unión de las temperaturas y humedades

Precisar primeramente que los intervalos del 3 al 6 son los más importantes ya que en estas horas se realizan las actividades laborales en la empresa.

Al analizar la tabla 3 podemos dividir tres regiones por así decirlo.

La zona #1 es la que está dentro de los bordes azules, aquí las temperaturas se encuentran por debajo del límite mínimo de confort con una humedad relativa alta lo que impide alcanzar el confort térmico naturalmente.

La zona #2 en la que está dentro de los bordes rojos. En esta zona pasa lo contrario de la #1, mientras la humedad entra dentro de la zona de confort establecida por Givoni la temperatura excede el límite máximo de confort.

Y la zona #3, (zonas delimitadas en negro), donde tanto las temperaturas como las humedades relativas entran en las zonas de confort. Ahora lo que hay que destacar aquí es que solo coinciden en los intervalos 5 y 6 del mes de enero y febrero, el intervalo 4 de marzo, el intervalo 4 y 6 de noviembre y el intervalo 6 de diciembre, lográndose alcanzar solo en estos una temperatura de confort naturalmente. Siendo esto solo un total de 8 intervalos que representan 24 horas de todo el año.

Al tener en cuenta todo lo que sucede en cada zona podemos ver que no se puede alcanzar una zona de confort sin aplicar alguna estrategia bioclimática, ya que cuando las temperaturas entran en las zonas de confort, las humedades no y viceversa, exceptuándose esto únicamente en los intervalos referidos en la zona #3. Por lo dicho anteriormente se propondrán medidas de carácter pasivo y mecánico para lograr el confort.

3.3.2 Propuestas de medidas para las zonas de la tabla 3

Para la zona #1 se propone como medidas pasivas la ventilación natural ya que solo en las horas de 7 a 12 del día están por debajo de límite mínimo de confort establecido por Givoni y el comportamiento tanto de las temperaturas como de las humedades están dentro de la zona de confort a lo largo de las horas de actividades laborales. Otra medida que se podría tener en cuenta para esta zona es la ganancia térmica por radiación solar en caso de las temperaturas sean demasiado frías para el personal por lo menos en las primeras horas de trabajo.

Para la zona #2 se requiere de la utilización de equipos de climatización ya que las temperaturas exceden el límite máximo de confort propuesto por Givoni y se puede ver que hay intervalos en donde coinciden las humedades y las temperaturas que están por arriba del límite máximo de confort y otros donde las humedades entran dentro de los límites de confort establecidos, pero debido a que factor más influyente en lograr una zona de confort es la térmica se le dará mayor relevancia a esta, siendo preciso entonces la utilización de los equipos de climatización en todos los intervalos enmarcados en esta zona.

Para la zona #3 tenemos que las temperaturas se encuentran dentro de los límites de confort, pero no así las humedades que le corresponden por lo que nuevamente la propuesta para esta zona es la ventilación natural, respaldado esto mismo al encontrarse en esta zona los meses desde junio hasta octubre los cuales están dentro de la zona #4 de la carta bioclimática de Givoni donde se puede alcanzar una temperatura de confort apelando a la ventilación natural.

Al ver las características que poseen estas 3 zonas, se puede precisar que es posible alcanzar una temperatura de confort para todas ellas apelando a la ventilación natural, exceptuando aquellos horarios dentro de la zona #2 donde tanto las temperaturas como las humedades se encuentran sobre el límite máximo de confort, aquí si se precisa de la utilización de equipos de climatización.

Algo muy importante a destacar es que para lograr una temperatura de confort a través de la ventilación natural es necesario tener instaladas ventanas en las oficinas, para poder aprovechar todo lo anteriormente dicho, ya que como es obvio sin estas no puede haber ventilación en el local y esto es incluido hasta para los meses donde las temperaturas están por debajo y en el límite de confort propuesto por Givoni, porque como podemos ver los altos valores de la humedad relativa

están durante todo el año lo cual impide que se alcancen temperaturas de confort sin una correcta ventilación.

3.4 Resultados tras la aplicación de las cartas bioclimáticas a las zonas propuestas.

Leyenda de las cartas bioclimáticas

1-Zona de confort

2-Zona en la que se puede alcanzar el confort apelando a la masa térmica

3- Zona en la que se puede alcanzar el confort apelando a la ventilación nocturna

4- Zona en la que se puede alcanzar el confort apelando a la ventilación natural

5- Zona en la que se puede alcanzar el confort apelando a la evaporación del agua

NOTA: Las rectas describen el comportamiento mensual del clima regional

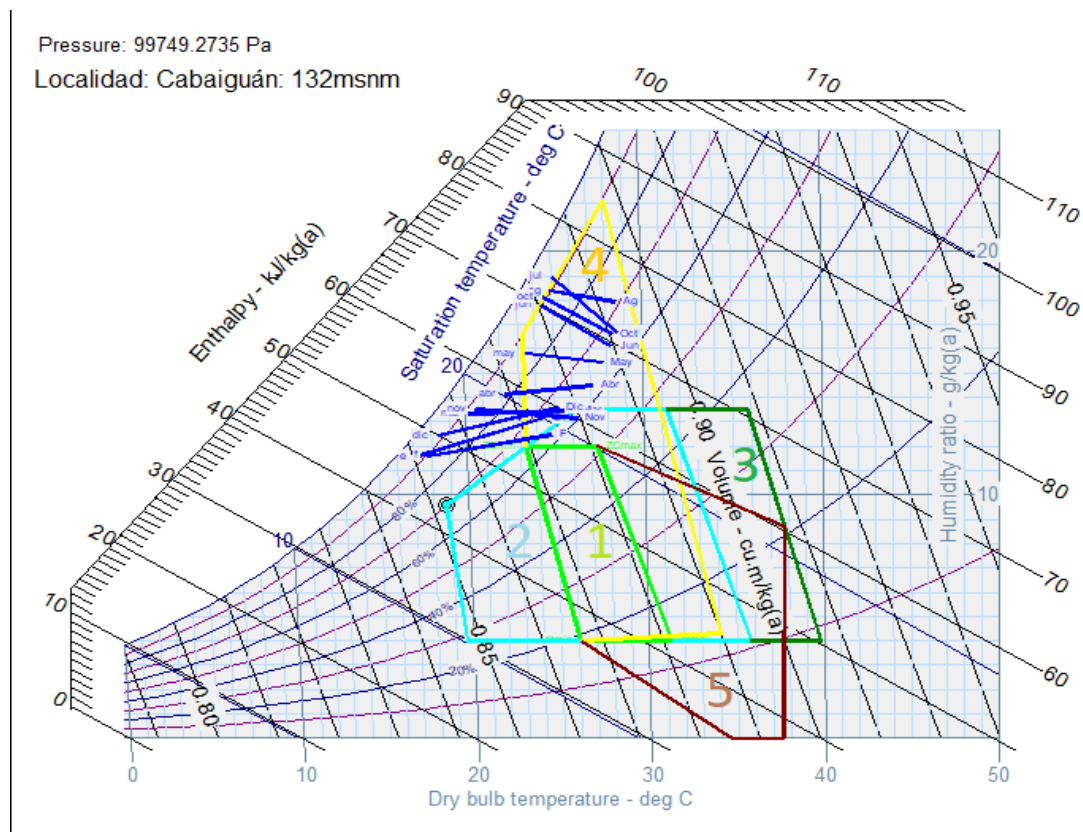


Figura 3.1

Pressure: 92812.4595 Pa

Localidad: Topes de Collante:734 msnm

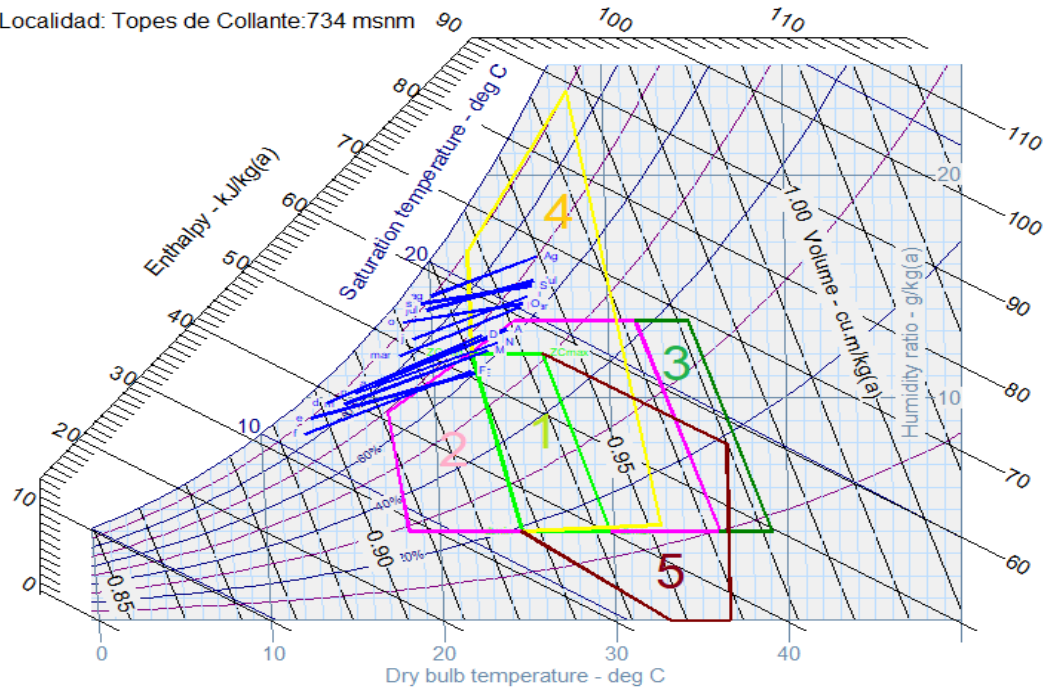


Figura 3.2

Pressure: 100677.9668 Pa

Localidad: Trinidad :54 msnm

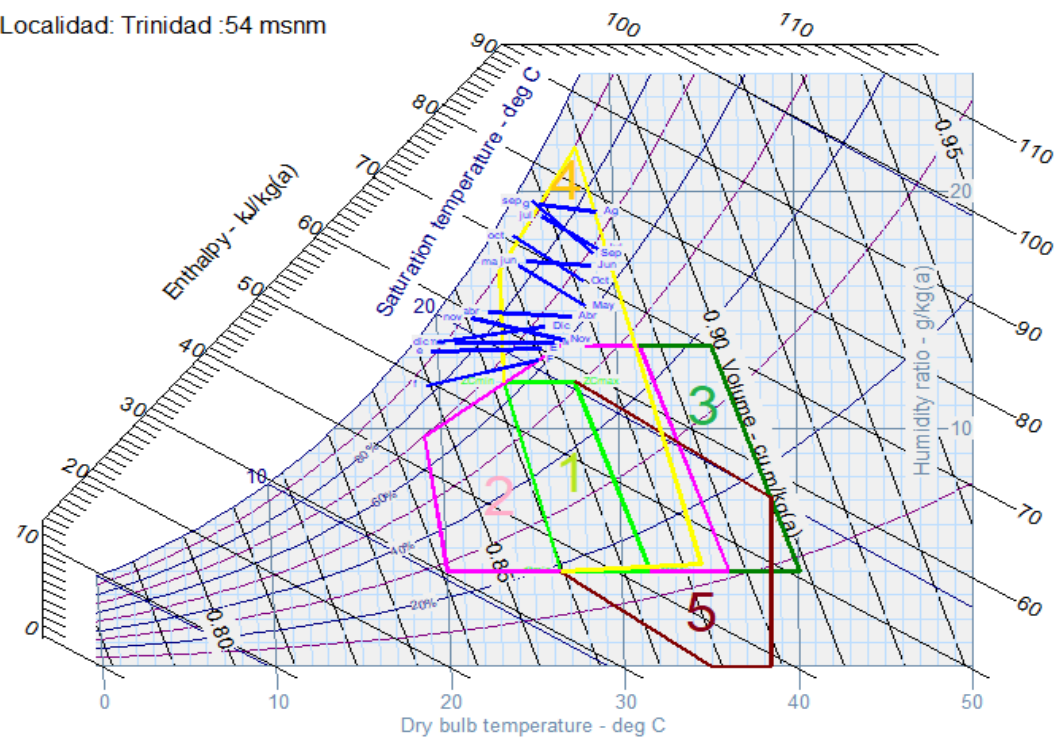


Figura 3.3

3.4.1 Conclusiones del análisis de las cartas bioclimáticas

Topes de Collante: Al apreciar el comportamiento del clima a nivel mensual descritas de manera lineal podemos decir que en la región el comportamiento del clima se encuentra fuera de la zona de confort. El 40% de la temperatura y la humedad se encuentran en la zona #4 donde se puede alcanzar el confort apelando a la ventilación natural, mientras que los meses de agosto, septiembre y julio llegan un 65-70 % y los meses de enero, febrero y marzo se encuentran bastante cerca de la zona de confort, pero solo el principio de estos mismos por lo que no son de relevancia. La velocidad del viento que se utilizó es de 1m/s asumiendo que más de esto puede traer consigo levantamiento de polvo y de objetos ligeros.

Zona # 2: Masa Térmica: En esta zona entran los meses enero y febrero con un 30% aproximadamente y los meses de marzo, abril, diciembre y noviembre con una variación de un 10-20%. Esto representa un porcentaje muy bajo del año y debido a la alta humedad en nuestro país cabe destacar que apelar a la utilización de la masa térmica como herramienta para mejorar las temperaturas de confort no es recomendable para locales que trabajan nada más durante el día.

Zona #3: No existe en todo el año un mes que entre dentro de esta zona, pero se ha demostrado que su aplicación puede mejorar las temperaturas máximas diurnas por lo que no está demás su aplicación siempre que se pueda.

Zona #5: Evaporación del agua: Por las características de nuestro país, este siempre presenta una elevada humedad (entre 62.1 y 93.8 de HR) lo cual aumenta la sensación térmica y con esto la inconformidad por lo que se propone la evaporación directa durante todo el año como medida de enfriamiento

Trinidad: Zona de confort: Según muestra la carta el comportamiento mensual del clima entra dentro de la zona #4 casi en su totalidad llegando a un 80% mientras que los meses de mayo, junio, julio y agosto están el 100% de ellos.

Zona #2: Masa térmica: En esta región no se puede alcanzar el confort apelando a esta característica ya que ningún mes entra dentro de esta zona, pero como se habló anteriormente la aplicación de esta herramienta puedes traer la disminución de las temperaturas máximas horarias durante el día por lo que

3.5 Calculo de la cantidad de horas a climatizar según los resultados arrojados por la tabla 3

Recordar que, si tenemos en cuenta la hora en la que se comienzan las actividades laborales, tendríamos que tomar los intervalos a partir del 3 hasta la mitad del intervalo 6, porque los otros intervalos entran en las horas de la noche y madrugada donde no hay actividades laborales y que la variable de mayor peso para el confort térmico es la temperatura, se procede a calcular la cantidad de horas que se encierran en las tres zonas señaladas anteriormente.

Especificar que:

No todos los meses tienen el mismo comportamiento y al ver que hay meses de 28,30 y 31 días se calcularon la cantidad de horas que encierran estos intervalos y se multiplicaron por la cantidad de días que corresponden con su mes para determinar la cantidad de horas exactas que estas temperaturas están dentro de las temperaturas por debajo de 21°C, entre 21°C y 26°C y por encima de 26°C.

Solo se calcularán los intervalos donde exista actividad laboral, es decir de 3 a 6, los otros intervalos brindan datos importantes también pero ya estos serían encaminados a utilizar medidas pasivas con ellos para una posible mejora en las temperaturas diurnas.

3.5.1 Comportamiento del clima dado en horas

Precisar que el intervalo de 3 a 6 encierran las horas desde las 7:00 am hasta las 6:00 pm y como los equipos de climatización trabajan de 7:00 am a 11:00 am y de 2:00 pm a 5:00 pm, es necesario sustraer tres horas del tiempo de funcionamiento de los equipos de climatización.

Meses	Cantidad de horas por intervalos					
	< 21°C		21°C < 26°C		>26°C	
	1-8	3-6	1-8	3-6	1-8	3-6
Ene	372	96	372	72	0	0
Feb	420	96	252	72	0	0
Mar	186	48	372	24	186	72
Abr	180	48	270	0	270	96
May	93	48	372	0	279	96
Jun	0	0	360	48	360	96
Jul	0	0	372	48	372	96
Ago	0	0	372	48	372	96
Sep	0	0	450	48	270	96
Oct	0	0	465	48	279	96
Nov	270	48	360	48	90	24
Dic	93	0	465	96	186	72
Total	1614	384	4482	552	2664	840

Tabla 14

Como se puede ver la mayor cantidad de horas se encuentran dentro el rango de confort propuesto por Givoni, representando esta el 51,2 % de las horas del año, las que se encuentran por debajo del límite mínimo de confort el 18.4% y las que exceden el límite máximo de confort el 30.4%.

3.5.2 Para el intervalo del 3 al 6 tenemos que:

De las 2016 horas que representan el total de hora en las que se realizan las actividades laborales de la empresa durante el año, el 19.1% se encuentra por debajo del límite mínimo de confort, el 27.4% en el rango de confort térmico y el 41.6% por encima del límite máximo de confort.

3.6 Cálculo del consumo real de los equipos de climatización de la empresa

Según la información brindada por la empresa, en esta no existe ningún plan energético encaminado a utilizar las variables climáticas para disminuir las horas de funcionamiento de los equipos de climatización, por lo que el uso de estos es durante todos los meses del año. El funcionamiento de los mismos empieza a las 7:00 am hasta las 11:00 am y después vuelven a funcionar desde las 2:00 pm hasta las 5:00 pm, representando esto un total de 7 horas de funcionamiento diario. Con esto pasaremos a calcular la cantidad de horas de funcionamiento anual y con las horas de funcionamientos necesario de los equipos de climatización que determinamos veremos si existe un posible ahorro con las medidas de diseño pasivo planteadas.

En la empresa los equipos de climatización funcionan 7 horas diarias durante 24 días al mes, los 12 meses del año lo que viene representando un total de 2016 horas anuales. Con las horas de funcionamiento anuales calcularemos el consumo generado por estos y lo compararemos con el consumo teórico que da las horas de funcionamiento al año aplicando las medidas pasivas del Diseño Bioclimático.

3.6.1 Consumo de los equipos de climatización

3.6.2 Consumo real

$2016 \text{ horas al año} \times 14.8 \text{ kWh} = 29836.8 \text{ kWh/año}$

3.6.3 Consumo teórico

Como hablamos anteriormente del total de horas anuales solo es necesario utilizar los equipos de climatización 840 horas, ya que en el resto del año es posible alcanzar el confort térmico aplicando la ventilación natural y otras estrategias bioclimáticas. Entonces:

$840 \text{ horas} \times 14.8 \text{ kWh} = 12432 \text{ kWh/año}$

$29836.8 \text{ kWh/año} - 12432 \text{ kWh/año} = 17404.8 \text{ kWh/año}$

Como podemos ver existe una diferencia entre el consumo real y el teórico de 17404.8 kWh/año, lo que a su vez representa un ahorro de 3655.008 CUC anuales, esto se determinó a través de la tarifa de energía eléctrica en Cuba que es de 0.21 CUC (Bosch, 2017).

3.7 Conclusiones

- Se pudo establecer una vinculación entre las medidas pasivas del Diseño Bioclimático con la Norma ISO 50001, mediante la estimación del valor de Grados Días de enfriamiento y los períodos de funcionamiento de los sistemas de climatización de la siguiente forma:
- Se determinó que el 51.2 % de las horas totales del año se encuentran dentro del rango de confort térmico propuesto por Givoni, el 18.4% se encuentran por debajo del límite mínimo de confort el 18.4% y las que exceden el límite máximo de confort el 30.4%.
- Para los intervalos del 3 al 6 donde se realiza las actividades laborales en las oficinas de la empresa, se determinó que de las 2016 horas de trabajo laboral el 41.6 % de este es necesario utilizar la climatización para lograr alcanzar el confort térmico, representando esto un total de 840 horas. Mientras que en el resto del año se puede alcanzar el confort térmico apelando a estrategias del Diseño Bioclimático como la ventilación natural, estrategia apoyada también por los resultados de la carta bioclimática de Givoni.
- Finalmente se demostró que al vincular el Diseño Bioclimático y la Norma ISO 50001, mediante la estimación del valor de los Grados Días y los períodos de funcionamiento de los sistemas de climatización en las edificaciones se puede lograr una disminución de las horas de funcionamiento de los equipos de climatización logrando con esto una disminución de 17404.8 kWh/anuales, lo que a su vez representa un ahorro de 3655.008 CUC anuales. Contribuyendo así a la economía de la empresa y del país.

Bibliografía

1. (2018). " Climate-Data.org.htm." from es.climate-data.org.
2. Alfredo Luna Soto, C. O. P., Jorge Arturo Pelayo López , Juan Ricardo Gutiérrez Cardona (2014). Estudio Bioclimático de Viviendas para Reducir la Prevalencia de Síntomas del Edificio Enfermo en el Municipio de Autlán de Navarro, Jalisco 10.
3. Group, G. (2015). "AFORO DE LOCALES | GOBAI Group." from <http://gobaigroup.com/aforo-de-locales/>.
4. Hernández, W. B. (2018). Temp Máx. y Mín.
5. Ovidio Rodríguez Santos , O. C. F. y. A. L. C. "MODELO DE CÁLCULO DE GRADOS-DÍA MENSUALES DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO CON TEMPERATURA BASE VARIABLE, PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS."
6. Rosales, L. (2011). EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LOS EDIFICIOS AL CLIMA USANDO EL CONCEPTO DE TEMPERATURA LIBRE: 177.
7. 2009-2012. Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental y Uso Eficiente de Energía en Edificaciones Públicas, Mediante Monitorización de Edificios Construidos. Chile: Mayo 2012
8. 2018. *Climate-Data.org.htm* [Online]. Available: es.climate-data.org [Accessed].
9. AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA, M. D. E. Y. M. 2016. Estudio para la Recolección de Datos sobre el Sector de Electricidad en la República de Cuba 171.
10. ALFREDO LUNA SOTO, C. O. P., JORGE ARTURO PELAYO LÓPEZ , JUAN RICARDO GUTIÉRREZ CARDONA 2014 *Estudio Bioclimático de Viviendas para Reducir la Prevalencia de Síntomas del Edificio Enfermo en el Municipio de Autlán de Navarro, Jalisco*
11. BERMÚDEZ, D. R. A. P. 2017. NORMAS DE GESTION ENERGÉTICA.
12. . Universidad Central Marta Abreu" Las Villas".
13. BOSCH, W. F. 2017. 'MODELO MATEMÁTICO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN AMONÍACO/AGUA Y AGUA/BROMURO DE LITIO'. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
14. CAMACHO, M. L. S., MARÍA NOEL MILICUA, SARA 2009 *Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo*
15. COURET, D. C. A. D. G. *Arquitectura y clima. Contradicciones en Cuba* [Online]. [Accessed].

16. DÍAZ, J. S. 2016-2017. *Método de los grados-día como herramienta para la aplicación de la ISO 50001 en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV)*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
17. FABIOLA CORRALES AGUILAR. 2016. *MDGAE blog, Climogramas* [Online]. Available: http://Climogramas_MDGAE_blog.htm [Accessed].
18. GROUP, G. 2015. *AFORO DE LOCALES | GOBAI Group* [Online]. 2015-10-03T13:09:35+00:00. Available: <http://gobaigroup.com/aforo-de-locales/> [Accessed].
19. HERNÁNDEZ, W. B. 2018. Temp Máx. y Mín.
20. JASPE, A. F. H. Y. Z. R. Método de los Grados-Día. Determinación de la temperatura
21. base para la provincia de Camagüey. *Departamento Científico del Centro Meteorológico de Camagüey,*
22. *Camagüey, Cuba.*
23. MOIE, J. J. 2012. *BIOCLIMATIC RESIDENTIAL BUILDING DESIGN UNDER TROPICAL HUMID CONDITIONS: SHORT ON-SITE COMFORT EVALUATIONS AND PHYSICAL INVESTIGATIONS FOR DIFFERENT CASE STUDIES IN QUINTANA ROO, MEXICO* UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.
24. MORENO, L. M. 2013. *Propuesta de diseño de VIVIENDAS en sector de la ciudad de MANICARAGUA. Una respuesta a la aplicación de la HERRAMIENTA para la evaluación cualicuantitativa ambiental y energética del hábitat.* . Universidad Central " marta Abreu " las Villas.
25. NORDELO, A. B. 2013. RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA SEGÚN LA NORMA ISO 50001.
26. OVIDIO RODRÍGUEZ SANTOS , O. C. F. Y. A. L. C. MODELO DE CÁLCULO DE GRADOS-DÍA MENSUALES DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO CON TEMPERATURA BASE VARIABLE, PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS.
27. PERINI, R. 2009. *REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE EDIFICIOS DE OFICINAS EN EL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO DE BRASIL.* UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
28. ROSALES, L. 2011 *EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LOS EDIFICIOS AL CLIMA USANDO EL CONCEPTO DE TEMPERATURA LIBRE.*
29. TU WIEN GRUPO DE ECONOMÍA ENERGÉTICA -EEG , G.-.-, A-1040 WIEN/VIENA,AUSTRIA Septiembre 2016 Estrategias para la transición del mercado de los EECN a nivel nacional ZEBRA 2020 - *ESTRATEGIA 2020 DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA*

Anexos

Anexo 1

Cálculos de la temperatura mínima y máxima anual

Meses	tm	amin	bmin	amax	bmax	tmín	tmáx
Enero	21.4	-12.22	1.3669	9.238	0.71	17.03166	24.432
Febrero	21.9	-12.22	1.3669	9.238	0.71	17.71511	24.787
Marzo	23.7	-12.22	1.3669	9.238	0.71	20.17553	26.065
Abril	25.2	-12.22	1.3669	9.238	0.71	22.22588	27.13
Mayo	26.1	-12.22	1.3669	9.238	0.71	23.45609	27.769
Junio	26.8	-12.22	1.3669	9.238	0.71	24.41292	28.266
Julio	27.3	-12.22	1.3669	9.238	0.71	25.09637	28.621
Agosto	27.2	-12.22	1.3669	9.238	0.71	24.95968	28.55
Septiembre	26.9	-12.22	1.3669	9.238	0.71	24.54961	28.337
Octubre	25.7	-12.22	1.3669	9.238	0.71	22.90933	27.485
Noviembre	24	-12.22	1.3669	9.238	0.71	20.5856	26.278
Diciembre	22.4	-12.22	1.3669	9.238	0.71	18.39856	25.142
tm Total	24.88333333	Cabaiguán				tm Mín	21.79303
						tm Máx	26.90517

	tm Anual					Mín Anual	Máx Anual
Anual	24.88	-38.526	2.2018	11.487	0.705	16.25478	29.0274

Anexo 1.1

Cálculo de los Grados Días para La localidad de Cabaiguán

Localidades	tmax	tm	tmin	tb		tme	ζ	nee (tr	A	B	Z	'mee "	Ze	θmee	GDme	Gda
	26.90517	24.88333	21.79303	18	FALSO	23.3832	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	25.25039	6.88333	2512.415
	26.90517	24.88333	21.79303	19	FALSO	23.77869	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	25.11252	5.88333	2147.415
	26.90517	24.88333	21.79303	20	FALSO	24.17419	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	24.99424	4.88333	1782.415
	26.90517	24.88333	21.79303	21	FALSO	24.56969	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	24.91087	3.88333	1417.415
Cabaiguán	26.90517	24.88333	21.79303	22	VERDADERO	24.96519	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	24.88356	2.88356	1052.498
	26.90517	24.88333	21.79303	23	VERDADERO	25.36068	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	24.94104	1.941038	708.4789
	26.90517	24.88333	21.79303	24	VERDADERO	25.75618	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	25.12202	1.122016	409.5359
	26.90517	24.88333	21.79303	25	VERDADERO	26.15168	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	25.47813	0.478126	174.5158
	26.90517	24.88333	21.79303	10	FALSO	20.21921	4.867498	26.10554	2.3331	0.779	0.680021	25.42552	0.503524	26.26658	14.88333	5432.415