PROGRAMA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA

Título:

Evaluación de alternativas de reducción del consumo energético en el sistema de climatización del edificio de postgrados de la Universidad de la Costa.

Autores:

Andrea Carolina Sarmiento Díaz
Veridiana Mejía Urdaneta
Milen Balbis Morejon

UNIVERSIDAD DE LA COSTA - 2021

ANEXO 2

FORMATO UNICO DE INSCRIPCIÓN PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN: TERMINADA

País	Colombia		
Nodo	Atlántico		
Universidad	Universidad de la Costa CUC		
Nombre del Semillero	AMPERE		
Nivel de Formación (Indique Grado o Semestre)	9° Semestre		
Programa Académico	Ingeniería Eléctrica		
Título del Proyecto	Evaluación de alternativas de reducción del consumo energético en el sistema de climatización del edificio de posgrados de la Universidad de la Costa		
Autor(es)	Andrea Carolina Sarmiento Díaz	Veridiana Mejía Urdaneta	Milen Balbis Morejon
Identificación	1042445774	1234088611	324549
Ponente(s) (máximo dos)	Veridiana Mejía Urdaneta		
E-mail de Contacto	vmejia7@cuc.edu.co		
Teléfonos de Contacto	3003537979		
CATEGORIA (seleccionar una)	Investigación en Curso		**INVESTIGACIÓN TERMINADA**	**X**
Área de la investigación	Ingeniería	Sub-área:	

Para el diligenciamiento de la siguiente sección, tenga en cuenta los caracteres máximos permitidos según la modalidad:
Investigación terminada: Máximo 20.000 caracteres (con espacios)

1. TÍTULO: Afirmación precisa que hace referencia al tema en torno al cual gira el proyecto de investigación.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA.

2. INTRODUCCIÓN: Descripción breve del tema de investigación, dirigido a orientar al lector sobre la condición a investigar.
Máximo 2500 caracteres (con espacios)

Hoy día, las edificaciones son utilizadas tanto en el ámbito industrial, residencial, comercial y de igual manera en el ámbito académico por las instituciones de educación media y superior. Por el gran número de personas que los habitan, requieren de ambientes confortables, limpios y agradables. El sector terciario es de interés en lo que concierne a la eficiencia energética, los edificios tienen consumos de energía considerables dentro de todos los sectores y por ello presentan un importante potencial de ahorro de energía. Un edificio tiene una alta durabilidad, por lo tanto, su impacto ambiental repercutirá durante todo su ciclo de vida (Pinzón, 2013).

Cabe resaltar que no existen investigaciones actuales sobre el comportamiento de los sistemas de climatización en edificios educativos de las universidades bajo condiciones climatológicas de la ciudad de Barranquilla y que permitan encaminar los proyectos en el uso eficiente de la energía eléctrica sin sacrificar el confort que brindan los sistemas de aire acondicionado en dichas edificaciones.

Para efectuar esta investigación se pretende realizar análisis por simulación del sistema de climatización en el edificio de postgrados de la Universidad de la Costa por medio del uso del software DesingBuilder® y de esta manera analizar la energía que consume el edificio comparándola con la energía que debería gastar y así obtener un comportamiento optimo del consumo energético.

En un mundo cada vez más poblado en algunos países como Estados Unidos en el cual la tasa de natalidad es mayor que la tasa de mortandad y donde las ciudades importantes tienden a habitar una gran cantidad de personas, los edificios se han multiplicado alcanzando un puesto dentro de la sociedad muy importante, sin embargo cabe resaltar que el campo administrativo de las compañías juega un papel importante dentro del progreso de un país y por lo tanto son los más ocupados la mayor parte del día y por consiguiente, se le exigen a estas áreas ser lo más confortables posibles para así contribuir de manera implícita al progreso y las buenas gestiones de las compañías.

Sin embargo, hay que tener en cuenta criterios energéticos adecuados para continuar con la construcción de edificaciones basadas en el uso racional de la energía en todos sus aspectos, iluminación, acondicionamiento de aire, entre otros. La aplicabilidad de estos criterios fomenta un equilibrio entre la expansión de las compañías e instituciones educativas y el consumo energético de las edificaciones. Existen distintos equipos de medición que nos determinan los valores necesarios para establecer los parámetros reales del aire a analizar y así determinar los equipos de climatización, como lo son: el higrostato, el anemómetro, el termómetro entre otros.

El estudio de la carga energética en un edificio y la variabilidad de las mismas ha sido uno de las consideraciones hoy en día a tener en cuenta al momento de diseñar los sistemas de acondicionamiento de aire de un recinto y con base a ese estudio determinar la capacidad de los equipos de acondicionamiento de aire donde el principal objetivo es disminuir el consumo de energía eléctrica y mantener un

ambiente de confort para las personas. A diferencia de años anteriores, estos sistemas carecían de estos estudios lo que provocaba efectos negativos en el consumo de energía, confort, bienestar de las personas, entre otros.

Por este motivo, el principal objetivo de este trabajo de investigación es establecer los parámetros necesarios para el dimensionamiento del sistema de aire acondicionado de manera eficiente teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda energética en diferentes periodos de tiempo y ofrecer recomendaciones al momento de seleccionar los equipos y así de esta manera garantizar el uso eficiente de la energía sin verse afectado el confort de las personas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN: Descripción de la situación problema que soporta al estudio, además de la relevancia, pertinencia e impacto del proyecto de investigación.
Máximo 3000 caracteres (con espacios)

Planteamiento del Problema.

Con el propósito de seguir mejorando la educación en la costa caribe colombiana se creó el 16 de noviembre de 1970, la Universidad De La Costa, una entidad de educación superior con personería Jurídica, resolución No. 352 del 23 de abril de 1971 y reconocida como Universidad mediante resolución 3235 del 28 de marzo de 2012 expedida por el MEN dedicada a la formación integral de profesionales en las áreas de la ciencia, la tecnología, las humanidades, el arte y la filosofía. Actualmente se encuentra ubicada con sede principal en la calle 58 # 55 – 66 Barrio Abajo en la ciudad de Barranquilla.

La constante búsqueda de la excelencia académica por parte Universidad De La Costa, conlleva a la preparación de los docentes en el ámbito académico y en la investigación para así obtener personal altamente calificado y cualificado, y brindar una formación integral bajo los más altos estándares de calidad educativa a nivel nacional e internacional. De igual manera, las mejoras del alma mater son de suma importancia para brindarle al personal docente y estudiantes aulas cómodas para así obtener una mayor concentración durante la clase. En búsqueda de una educación de alta calidad, La Universidad De La Costa ha invertido en los últimos años en infraestructura física y mejoramientos constantes de la planta física para la apertura de nuevos programas de postgrados y así brindarles a sus estudiantes la posibilidad de seguirse preparando para los nuevos retos y exigencias en el ámbito laboral y por consiguiente en el campo de la investigación (Universidad de la Costa, 2015).

Una de las grandes construcciones que se dieron dentro del plan de mejoramiento por parte de la Universidad, fue la construcción del Bloque 11 o Edificio de postgrados. Sin embargo, se ha observado constantemente que los vidrios tienden empañarse durante el día y la noche debido a la condensación que se produce por la diferencia de temperaturas entre el medio externo e interno del edificio producto del uso de aire acondicionado. Esto puede estar asociado a diferencias a la temperatura y la humedad, condicionado por el diseño del sistema de aire acondicionado o la forma en que se opera el mismo por parte de los administradores. Velar por posibles fallas en el diseño o sobredimensionamiento del sistema de acondicionamiento del edificio, evita un alto consumo de energía eléctrica y por tanto, se podrá garantizar ahorros energéticos y confort térmico. Esto motiva a realizar en este trabajo, el estudio en el sistema de aire acondicionado en el edificio de posgrados de la Universidad de la Costa, para lograr identificar posibles una mejora energética.

¿El sistema de aire acondicionado del edificio de postgrados de la Universidad de la Costa responde a las exigencias de la demanda y eficiencia energética necesaria para la edificación?

Justificación.

Las edificaciones actualmente son responsables de aproximadamente el 40% del consumo de energía a nivel mundial, donde gran parte del uso de la energía obedece al comportamiento de los sistemas de climatización, responsables de garantizar las condiciones de confort interno necesario para el desarrollo de las actividades cotidianas (Revista Construdata, 2010). En el caso de las Instituciones educativas, estas actividades se concentran en recintos adecuados para actividades académicas y administrativas (Balbis, 2010). Las condiciones de confort para uso en edificios educativos no han sido estudiadas en condiciones de climas tropicales, debido a que no existen políticas encaminadas a garantizar condiciones de calidad de aire en ambientes internos. De la misma manera, no existen registros sobre el impacto energético que se puede obtener cuando se garantizan las condiciones de confort siguiendo normativas internacionales.

El propósito del presente proyecto investigativo es verificar que el sistema de aire acondicionado actual del Bloque 11 de la Universidad de la Costa cumpla con los requerimientos de la demanda del edificio.

4. OBJETIVOS: Presentación del objetivo general y los objetivos específicos de su investigación.
Máximo 1500 caracteres (con espacios)

Objetivo general

Evaluar alternativas de reducción del consumo energético en el sistema de climatización del edificio de postgrados de la Universidad de la Costa.

Objetivos específicos

- Desarrollar un modelo para simulación del sistema de climatización del edificio de postgrados de la Universidad de la Costa.
- Establecer el comportamiento de la demanda energética del edificio bajo las condiciones estándar recomendadas por la ASHRAE y dos tecnologías de climatización.
- Identificar oportunidades de ahorro de energía en la operación del sistema de climatización del edificio de postgrados de la Universidad de la Costa.

5. REFERENTE TEORICO: Abordaje breve de los principales aspectos teóricos que respaldan la investigación (Conceptos, leyes, principios, fundamentos, etc.). Se debe presentar un texto descriptivo.
Máximo 3000 caracteres (con espacios)

En la antigüedad, los egipcios ya utilizaban sistemas y métodos para reducir el calor. Se utilizaba principalmente en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas. Durante la noche, tres mil esclavos desmantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremo y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante las horas nocturnas, las piedras se enfriaban notablemente. Justo antes de que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26°C, mientras que afuera el calor subía hasta casi el doble. Por esa época, un impresor de Brooklyn, Nueva York, tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, debido a que los cambios de temperatura y humedad en su taller alteraban ligeramente las dimensiones del papel, impidiendo alinear correctamente las tintas. El frustrado impresor no lograba imprimir una imagen decente a color.
Carrier, recién graduado de la Universidad de Cornell con una Maestría en Ingeniería, acababa de ser empleado por la Compañía Buffalo Forge, con un salario de 10 dólares semanales. El joven se puso a investigar con tenacidad cómo resolver el problema y diseñó una máquina que controlaba la temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de aire acondicionado de la Historia (Carrier, 2018).
En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy, la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del aire acondicionado.

Acondicionamiento de aire

El acondicionamiento de aire es un proceso combinado, el cual involucra muchas funciones como las condiciones del aire, su transporte, el cómo introducirlo al espacio que se va a acondicionar. Además involucra el calentamiento o enfriamiento desde una unidad encargada de mantener la temperatura, la humedad, el caudal de aire, la limpieza del mismo, así como también el nivel de ruido y la presión para que este proceso sea confortable para el usuario dentro de los parámetros establecidos en un lugar determinado (WANG, 2001). Una de las formas en las cuales los sistemas de acondicionamiento de aire se pueden clasificar es de acuerdo a su construcción y a sus características de funcionamiento.

Carga térmica

La determinación de la carga térmica de un recinto es muy importante al momento de especificar el equipo de refrigeración a usar, la carga térmica se define como el fenómeno que tiende a modificar tanto la temperatura como la humedad absoluta (Pizano, 1996) dentro del espacio a refrigerar y por consiguiente obtener la temperatura deseada, es decir que es la cantidad de flujo de calor que se retira de un espacio determinado, normalmente se encuentra expresado en BTU/hr comercialmente hablando.

La carga térmica depende mucho de las características técnicas y físicas de los objetos y personas, por lo tanto, es muy importante determinar este factor antes de la adquisición de los equipos debido a su papel indispensable dentro del proceso de diseño de un sistema de acondicionamiento de aire.

Métodos de cálculo de carga térmica

Existen diferentes entidades que han desarrollado diferentes metodologías para el cálculo de carga térmica, debido a la gran cantidad de variables que existe para el desarrollo del cálculo, cada método de cálculo de carga térmica, tienen sus beneficios y limitaciones sin embargo todo se puede agrupar en dos grandes términos, simplicidad y exactitud. La simplicidad y la exactitud del método son dos objetivos que se contraponen. Si se pudiese considerar que un método es simple, su exactitud sería cuestión de interrogante, y viceversa. Sin embargo existe una correlación entre estos métodos estándar para el cálculo de carga térmica; se basan en el cálculo de cada hora de la carga térmica.

Estos métodos fueron diseñados por ASHRAE, CIBSE y VDI, instituciones especializadas en refrigeración de Norteamérica, Inglaterra y Alemania respectivamente, los cuales han desarrollado los siguientes métodos:

- El Método de Balance de Calor (ASHRAE, Fundamentals Handbook, 2001)
- La Serie de Tiempo Radiante (ASHRAE, Fundamentals Handbook, 2001)
- El método CLTD/SCL/CLF (ASHRAE, Fundamentals Handbook, 1997)

- El Método de Admitancia (CIBSE 1986)
- Los métodos VDI (VDI 1996)

Los dos primeros métodos, los más recientes presentados por ASHRAE, son metodologías más exactas, debido al cálculo de las mayorías de las variables, sin embargo, debido a lo anterior también es su desventaja, ya que, se necesitaría la ayuda de una computadora (software especial) para realizar los cálculos, además que la precisión del método hace que se deba tomar muchas variables ya sea de temperatura (Balance de Calor) o de tiempo (Tiempo Radiante). Los métodos presentados por CIBSE y VDI, son metodologías simples de fácil realización, sin embargo, no son aplicables a esta región del planeta debido que fueron diseñados específicamente para las regiones de estas instituciones (Inglaterra y Alemania respectivamente), en el caso del método de admitancia (CIBSE), se presenta sobredimensión y además, se obviaron algunos puntos de importancias para la metodología ASHRAE la cual está basada esta metodología. Estas metodologías, sin embargo, son válidas y reconocidas para su utilización en cualquier tipo de situación, pero, para la realización de este estudio se aplicará unos de los primeros métodos para el cálculo de carga térmica, el método CLTD/SCL/CLF.

Transferencia de calor.

Cuando dos cuerpos que tienen distintas temperaturas se ponen en contacto entre sí, se produce una transferencia de calor desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. La transferencia de calor se puede realizar por tres mecanismos físicos: conducción, convección y radiación (Witt, 2000).

Psicrometría.

El método de cálculo no es el paso final para determinar la carga que necesita un espacio para estar acondicionado, debido que, lo determinado en los cálculos fue la carga térmica generada en el local, y no se tuvo en cuenta las propiedades del aire en el espacio ni el proceso que se quiere realizar para acondicionar el espacio, por lo tanto, el paso final debe ser la psicrometría.

La Psicrometría es la ciencia que trata sobre las leyes físicas de las mezclas de aire – agua. Para poder diseñar un sistema de aire acondicionado, se debe conocer la temperatura y el contenido de humedad del aire a ser condicionado, así como también las mismas propiedades del aire requerido para producir el efecto deseado de aire acondicionado. Una vez conocidas estas propiedades, se podrá determinar la tarea del aire acondicionado. Este análisis puede realizarse con el uso de una carta psicrométrica. La carta psicrométrica muestra gráficamente diversas propiedades físicas del aire en un amplio rango de condiciones. Su empleo es universal por que presenta una gran cantidad de información en forma muy sencilla y por qué ayuda a estudiar los procesos de acondicionamiento de aire. A primera vista, la gráfica psicrométrica aparenta ser una complicada red de líneas entretejidas. Sin embargo, cuando se utiliza apropiadamente, proporciona valiosa información acerca de las propiedades del aire. Para utilizar la carta psicrométrica, se debe conocer por lo menos 2 de los 7 puntos de la tabla: Temperatura de Bulbo seco (TBS o DB), Temperatura de Bulbo húmedo (TBH o WB), Humedad Relativa (HR), Humedad del aire (W), Volumen especifico (v), Entalpía (h) y caída de presión (ΔP o dp) para poder colocar el punto del proceso en la tabla (condición inicial).

Si se presentan cambios en el contenido de calor o en el contenido de humedad del aire, el punto de la gráfica psicrométrica que representa la condición original del aire se desplaza a una posición que representa la nueva condición de temperatura y/o humedad, estas son llamadas líneas de proceso, las cuales determinan que proceso se está llevando a cabo (Enfriamiento, calefacción, humidificación y/o des humidificación). En la figura 1 se muestra la carta psicométrica.

Confort.

Se podría definir confort como todo aquello que produce bienestar o comodidades. También según ASHRAE, se puede describir el confort térmico cualitativamente como la “condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (Madrigal et al., 2018). Cualquier sensación desagradable impide al ser humano concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante una actividad es la de no sentir nada, indiferente ante el ambiente. Esa situación de indiferencia ante el ambiente se puede definir como confort (Serrano, 2012).

Para conseguir el objetivo confort, primero se ha de observar el comportamiento del ser humano con el ambiente. Las proporciones de intercambio de calor ideales entre el ser humano y el ambiente son las siguientes:

Radiación: 45 – 50%; Convección: 20 – 25%; Evaporación: 15 - 20%; Conducción: 2 – 5%

A continuación, se podrá observar un ejemplo de intercambio a alta temperatura

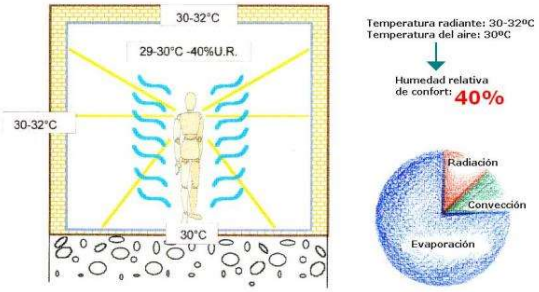


***Fig. 1**. Intercambio de calor entre el ser humano y el ambiente a alta temperatura. Por Eficiencia Energética en el sector residencial y metodología para su calificación energética, 2018.*

Se observa claramente que si en la vivienda de la Fig. 1. No se colocará ningún sistema de aislamiento adecuado ni de climatización no se cumpliría la condición de confort. El mayor intercambio se produciría mediante la evaporación, lo que se reflejaría en que el ser humano sudaría y eso es una sensación molesta. Por otra parte se puede observar como el intercambio por radiación es muy pequeño en comparación con la evaporación, esto es debido a que no puede intercambiar tanto calor con el ambiente, puesto que si el ambiente está sobre los 30°C y l cuerpo humano tiene una temperatura media de unos 36-37°C y la temperatura de contacto de la piel es de unos 32°C, esto nos da poco margen para poder intercambiar calor con el medio. Es por ello que se necesario un sistema de climatización adecuado para evitar la sensación de calor y conseguir un bienestar termo higrométrico del cuerpo humano (Serrano, 2012).

Según el reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE), que es el reglamento que se debe cumplir, da unos parámetros de bienestar e higiene a cumplir (ACAIRE, Reglamento Técnico de Instalaciones Termicas en Edificaciones, 2017). Según el artículo 10 correspondiente a especificaciones técnicas de bienestar e higiene hemos de cumplir lo siguiente: "Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua sanitaria que sean aceptables para los usuarios del edificio sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los siguientes requisitos:

Calidad térmica del ambiente: las instalaciones térmicas permitirán mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de las edificaciones.

Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

Higiene: las instalaciones térmicas permitirán proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas.

Calidad del ambiente acústico: en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas, estará limitado."

Además de darnos una introducción de los que hemos de cumplir nos da una instrucción técnica de diseño y dimensionado que será lo que se debe cumplir para el cálculo de la instalación. Es decir que según el RITE las condiciones de diseño interiores para actividades sedentarias serán las siguientes.

Tecnologías de aires acondicionados

Cuando hablamos de climatizar un recinto existen diferentes maneras de hacerlo teniendo en cuenta el mismo principio de refrigeración. El objetivo principal de la refrigeración es generar un ambiente de confort para el usuario, para la industria en sus diferentes procesos que conlleven la utilización de este sistema. La refrigeración no solo es para la parte residencial y comercial, también es para la parte industrial, pero en gran magnitud. Existen distintos tipos de sistemas de refrigeración con los mismos principios termodinámicos. En la actualidad existen un sin número de equipos que conforman el sistema de acondicionamiento de aire, anteriormente habíamos visto los componentes básicos de un sistema de refrigeración para tener un panorama más claro de la función principal de cada equipo, en cada etapa del ciclo de refrigeración.

Existen equipos de uso doméstico los cuales climatizan hasta 60 metros cuadrados por lo tanto su uso se concentran en casas, oficinas y comercios. El voltaje que utilizan es de 220Vac.

También existen equipos de uso comercial que climatizan desde los 60 a 120 metros cuadrados, generalmente se pueden encontrar en tiendas comerciales y oficinas de gran tamaño. Y por último, los equipos industriales, que se usan para grandes espacios sobre los 120 metros cuadrados en adelante. Se pueden encontrar en los centros comerciales, supermercados, edificios, entre otros. Los equipos de tipo industrial se pueden clasificar en dos tipos: Expansión directa o expansión indirecta.

Composición de un sistema de Climatización

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales, por el hecho de que varios sistemas participan de características comunes, es muy difícil incluso hacer una clasificación con diferenciaciones claras entre unos y otros. Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: Producción térmica, Distribución, y Emisión en los locales; cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se dice que los equipos son compactos.

Producción Térmica

Hay dos formas de producción por ciclo de compresión y por ciclo de absorción; la más extendida corresponde al ciclo de compresión. El ciclo de compresión dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una laminación. En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en los locales. Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante (Recknagel, 2000). Habitualmente se encuentran cuatro tipos de equipos de producción:

Aire – Aire o todo Aire; Aire – Agua; Agua – Agua o todo agua; Agua – Aire.

6. METODOLOGIA: Presentación del tipo de investigación, diseño de investigación, Población-muestra, Técnicas de recolección de datos.
Máximo 3000 caracteres (con espacios)

La simulación térmica de edificios, consiste en analizar en función del tiempo las necesidades energéticas a proporcionar por los servicios definidos para garantizar las condiciones de diseño fijadas dentro de un entorno condicionado por variables como la radiación solar directa o difusa, la ocupación de las estancias, orientación del edificio o caracterización térmica de sus componentes arquitectónicos. Se trata por tanto de una simulación energética dinámica, cuyo resultado nos ayudará a experimentar posibles modificaciones, con la intención de mejorar las condiciones de diseño y optimizarlo. Buscando un equilibrio entre consumo de energía, economía, confort y medio ambiente.

- **Recopilación de la información.**

El edificio objeto de estudio es el Bloque 11 de la Universidad de la Costa, cuenta con una superficie total de 2.695m^2 distribuidos en 8 pisos, con una altura de planta de 5m, y un techo falso de 1,2 m de altura y una relación de acristalamiento del 6,7% con respecto al envolvente. Su distribución está dada para aulas de clases, oficinas y auditorios, dados de la siguiente manera 55 aulas con una capacidad aproximada para 1.625 estudiantes, 12 salas de cómputo con capacidad para 340 puestos, 4 salas de lectura para 160 personas; además de 2 aulas múltiples con capacidad para 79 personas cada una, aumentando así la capacidad total del edificio a 2.283 estudiantes, además cuenta con servicio de 2 ascensores, baños para damas y caballeros en cada piso, y una cafetería en el piso 8 con capacidad para 112 puestos. Las jornadas laborales del edificio están comprendidas desde las 6:30 a.m. a 9:30 p.m. en ocupación plena, sin embargo se presentan algunas variaciones en el periodo de medio día entre las 12:30 p.m. y 2:00 p.m. En cuanto a los niveles de equipos eléctricos e iluminación corresponde a un 100% durante la jornada laboral, mientras que para el resto del tiempo solo corresponde al 20%. El sistema de refrigeración actual del edificio corresponde a un Chiller, el cual cuenta con una distribución final de unidades de tratamiento de aire mejor conocido como UMA con un rendimiento aproximado del 70% en los ventiladores.

- **Selección del software de simulación.**

El software utilizado para la simulación energética del edificio analizado es DesignBuilder, un programa que se desarrolla como un entorno de modelización de edificios intuitivo y visual sobre el que se integran diferentes módulos para el cálculo energético y ambiental de los edificios. A pesar de esta diferenciación en módulos, el entorno del programa es común, y las entradas de datos se comparten entre las diferentes herramientas de cálculo evitando duplicados en la modelización.

Actualmente existen los módulos de Visualización, Energyplus, CFD, Iluminación Natural, HVAC Detallado (Calefacción y Refrigeración) y coste y carbono que ofrecen al usuario variedad de funcionalidades.

Existen dos elementos transversales al modelado en DesignBuilder de gran interés e importancia práctica: las bibliotecas de componentes y de plantillas. Los componentes y plantillas permiten agilizar enormemente la definición de los modelos, al contar con elementos ya predefinidos que podemos cargar de una sola vez en el programa (plantillas de cerramientos, horarios de ocupación, curvas de

rendimiento, etc.). No obstante, siempre se pueden crear plantillas propias y componentes específicos que nos faciliten en futuros modelos la introducción de datos, ahorrando un valioso tiempo especialmente si trabajamos sobre tipologías similares de edificios.

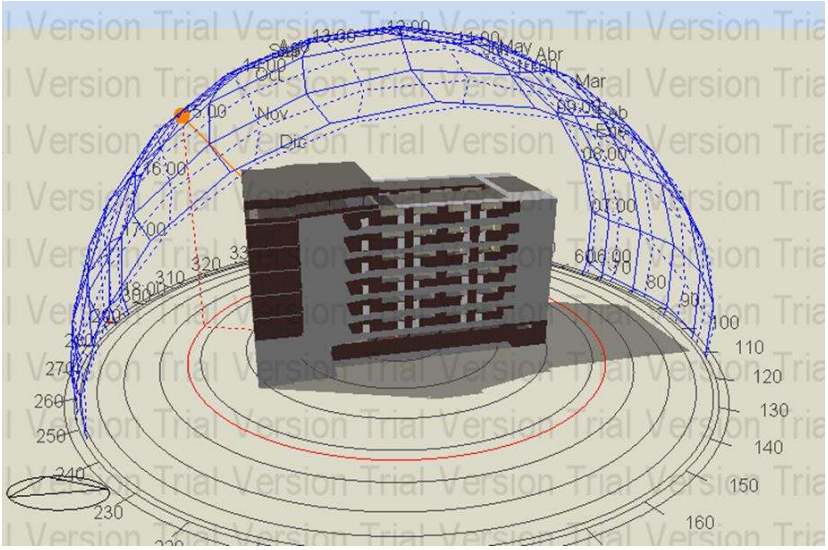
- **Modelación.**

A continuación se recogen las posibilidades de DesingBuilder en cuanto a modelado se refiere:

- **Modelado Geométrico.**

A partir de los planos en CAD o imágenes que nos sirvan de plantilla, o bien mediante la introducción directa de las medidas en DesignBuilder vamos definiendo la geometría del edificio mediante bloques, operaciones con bloques y particionado en zonas. La geometría tridimensional la obtenemos mediante operaciones de extrusión, corte, unión, referencias a puntos, etc.

- **Modelado de envolvente térmica**



a. Definición de cerramientos simple (masa térmica/aislamiento) o por capas, incluyendo la base de datos de materiales del Código Técnico de la Edificación.
b. Definición de una cubierta vegetal para su simulación.
c. Definición del acristalamiento simple (factor solar y transmitancia) o detallado por capas, incluyendo la base de datos IGDB con más de 3.800 vidrios de los principales fabricantes de todo el mundo.
d. Definición detallada de la carpintería: composición, dimensiones de marcos, travesaños, etc.
e. Definición paramétrica de lamas, persianas, voladizos, vidrio electro crómico, etc. así como su estrategia de control en función de un horario, de niveles de radiación, temperaturas, etc.
f. Definición de la calidad de los cerramientos con respecto a infiltraciones o bien la tasa de renovaciones hora por infiltración o bien los datos de un ensayo blower door, dependiendo del tipo de análisis. En caso de análisis detallados de ventilación natural, deberemos definir las condiciones de apertura de ventanas y puertas para que el programa calcule los caudales de ventilación natural en el edificio.

Modelado del uso de cada zona.

En esta etapa se definirá la ocupación de cada una de las zonas y la tasa metabólica de las personas, junto con sus horarios de funcionamiento, pudiendo definir la ocupación en función de la franja horaria del día. Habrá que indicar las consignas a mantener en cada una de las zonas para controlar la calefacción, la refrigeración, posible ventilación natural, mecánica y des humidificación, así como el consumo previsto de agua caliente sanitaria en el caso de que aplique. Es necesario definir las cargas internas que se producen relativas a equipos informáticos, de cocina, etc. así como sus horarios de funcionamiento.

Modelado de las instalaciones de Iluminación.

Es necesario introducir los datos relativos al tipo de luminarias instaladas, así como la potencia por superficie y la iluminancia en cada una de las zonas del edificio. Es posible definir si existe algún tipo de control de iluminación y como se realizará la regulación. Se podrá

definir también si existe alguna iluminación especial del tipo exhibición o escritorio así como si la instalación cuenta con un sistema de control.

Modelado de las instalaciones térmicas

En esta fase se introducen los datos relativos a los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria (ACS), el modelado de estas instalaciones puede realizarse en tres niveles de complejidad.

- Modelado simple: mediante un sistema ideal y rendimientos medios estacionales.
- Modelado compacto: mediante 5 tipologías de instalaciones complejas para las que el programa solicita una serie de datos básicos y Energy Plus completa la definición con valores por defecto de manera automática.

Visualización

A través del módulo de visualización del programa se obtiene una representación visual del modelo geométrico del edificio mediante un renderizado realista, ofreciendo además la posibilidad de realizar un estudio de los elementos de sombreamiento en distintos instantes de año de cara a estudiar las posibles opciones de protección solar y de diseño de dispositivos de sombra.

Y por último con el diseño terminado y todas las variables modificadas tal y como están en el edificio real, se ha simulado. Se ponen en marcha los motores de simulación de los que hemos hablado en el apartado anterior para obtener datos de un año completo y al acabar se extraen las gráficas y datos que nos interesan para analizar y mejorar la eficiencia energética del sistema de refrigeración del Edificio de postgrados.

7. RESULTADOS: Descripción de los datos recolectados; su presentación deberá ser en forma narrativa, sin adicionar tablas ni gráficos. En el caso de Investigación terminada indique resultados finales.
Máximo 3500 caracteres (con espacios)

Para comparar los resultados y caracterizar térmicamente el modelo se toman como referencia los datos de temperaturas y humedad relativa de todos los meses del año en Barranquilla, esta información fue tomada de la página del Ideam (IDEAM, 2018), en la figura se puede observar detalladamente esta información.

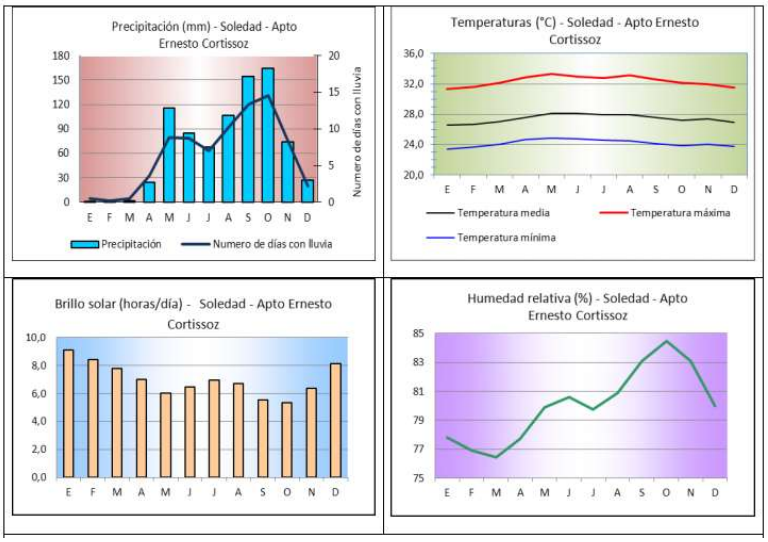


Fig. 2 Datos climáticos para simulación. Imagen recuperada de: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd.

Se han exportado las gráficas y tablas resultantes de la simulación del edificio interesantes para analizar el comportamiento térmico y la eficiencia energética del mismo. Para ello, se han extraído 4 tipos diferentes de gráficas y tablas que comentaremos a continuación:

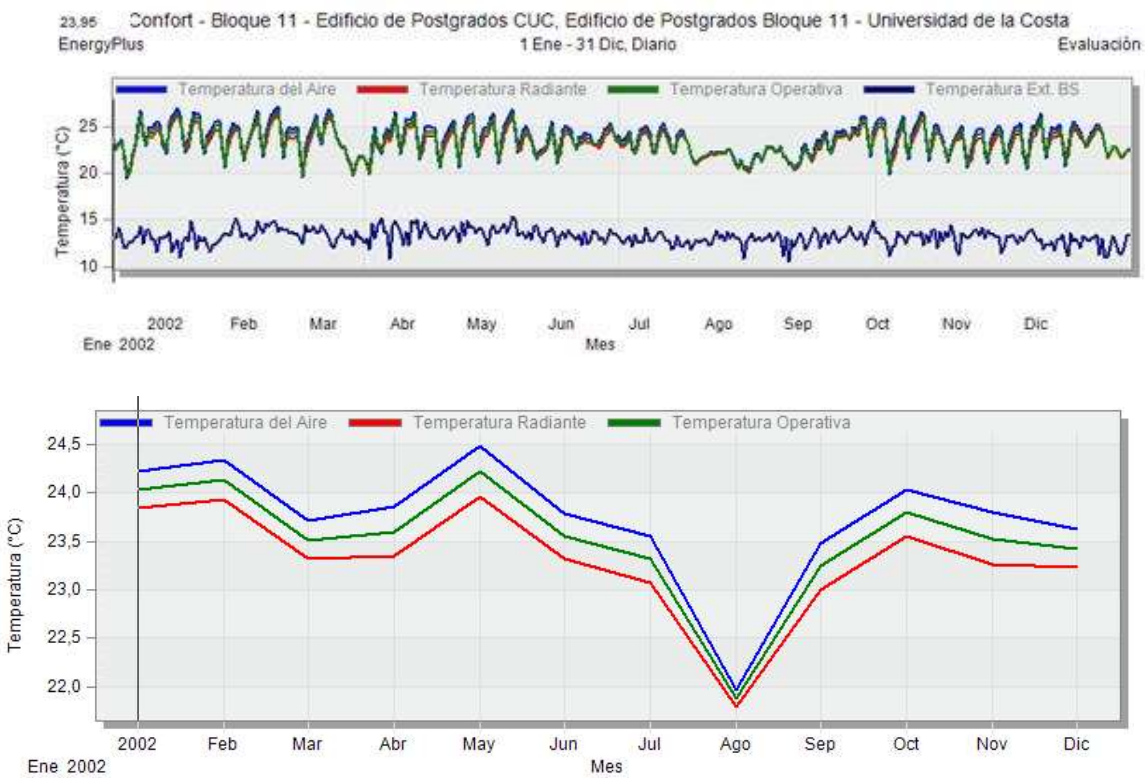


Fig. 3 Gráficas de temperaturas mensuales del Edificio de postgrados. Elaborado por DesignBuilder, 2018.

La figura 3 Muestra las temperaturas interiores del Edificio de postgrados de la universidad a lo largo del año en verde, rojo y azul con líneas casi superpuestas (temperatura operativa, temperatura radiante y temperatura del aire respectivamente).

Teniendo en cuenta lo especificado por el RITE cuando se deba climatizar, los valores de confort obligatorios son (ACAIRE, Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones (RITE), 2017):

Invierno: Temperatura: 20 - 23°C

Humedad relativa: 40 – 60%

Verano: Temperatura: 23 – 25°C

Humedad relativa: 40 – 50%

De enero a mayo, la temperatura interior está rondando entre los 23 y 25°C, una temperatura que como ya se ha dicho con anterioridad, es una temperatura que se encuentra entre los valores de confort en verano. De octubre a diciembre se mantienen temperaturas más confortables con respecto al resto del año en esa época rondando entre los 23 y 24°C. En agosto tenemos temperaturas más bajas con respecto al resto del año alrededor de los 22°C dado que es un mes en los que se presentas brisas.

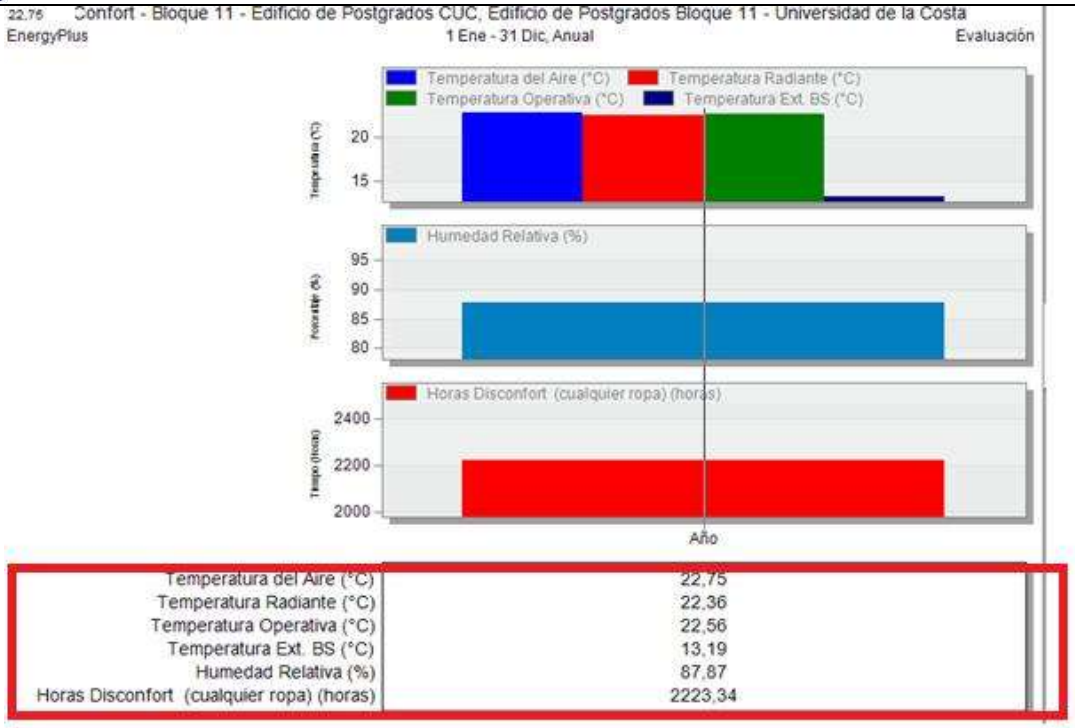


Fig. 4. Gráfica de confort anual. Elaborado por DesignBuilder, 2018.

Cómo se indica en la figura 11.3 la temperatura media anual al interior del Edificio de postgrados ha sido de 22,7°C con una humedad relativa del 87,87% y un total de 2223, 31 horas de disconfort debido a las temperaturas asociadas al interior del edificio.

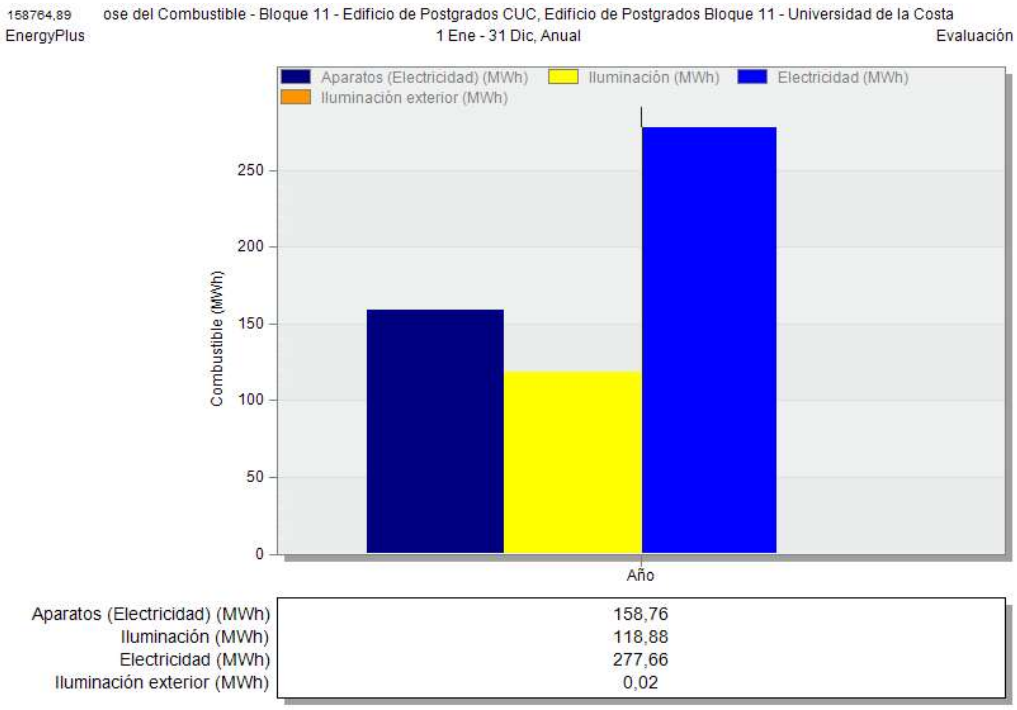


Fig. 5. Grafica de consumo de combustible anual. Elaborado por DesignBuilder, 2018.

Se indican los consumos de aparatos de electricidad de todas las máquinas audiovisuales, iluminación y electricidad haciendo alusión al sistema de climatización del Edificio de postgrados a lo largo del año. El sistema de climatización haciendo referencia al sistema de refrigeración que es el que más consumo eléctrico registra, el siguiente hace referencia a los misceláneos y equipos de cómputos con los cuales cuenta el edificio en sus salones y salas informáticas y por último el sistema de iluminación.

De acuerdo a las gráficas y simulación realizada el consumo en electricidad del edificio seria de **555,32 MWh** en un año.

En conclusión se puede decir que debido a que es un edificio nuevo se comporta muy bien térmicamente en las dos épocas del año que tenemos en barranquilla verano e invierno (épocas de lluvias) y se pasa un poco más de frio en los meses de invierno.

En el siguiente apartado se realizarán una serie de simulaciones con la intención de mejorar el comportamiento y si es posible, reducir el consumo eléctrico del edificio de postgrados.

Análisis y comparación de los resultados de las simulaciones

Una vez analizados los datos de la simulación del edificio en su estado actual, y concluido que se comporta muy bien térmicamente y que existen horas de disconfort en verano por la subida de temperaturas, lo primero que se ha de solucionar es la reducción del valor de esas temperaturas.

Se tiene en cuenta que al ser un edificio nuevo no se tiene pensado intervenir en la estructura y gran parte de sus elementos. Por ello, la primera simulación será cambiar la configuración de los aparatos de climatización, de tal modo que se consiga aumentar la temperatura interna en el edificio manteniendo los criterios de confort ya mencionados.

8. CONCLUSIONES: Descripción precisa de los aspectos más relevantes obtenidos en la investigación.
Máximo 3000 caracteres (con espacios)

La eficiencia energética se puede definir como el consumo inteligente de la energía. Las fuentes de energía son finitas, y por lo tanto, su correcta utilización se presenta como una necesidad del presente para que podamos disfrutar de ellas en un futuro. Por ello, reducir el consumo en los edificios siempre ha de ser un objetivo que nos hemos de plantear sin llegar a perder el confort. Pero antes la aplicación de energías renovables como la solar, se ha de estudiar la aplicación de medidas destinadas a la reducción del consumo energético mediante soluciones arquitectónicas, como la orientación, aislamientos, distribución, minimización de residuos, etc.

El edificio de postgrados utiliza el mismo sistema de climatización para todo el edificio, dada las condiciones de temperatura y ubicación de la ciudad no se hace necesaria calefacción solo refrigeración, los cuales están conectados a un sistema común en este tipo de edificaciones. Por ello, la temperatura y humedad que consiguen mantener en el ambiente esta sincronizada y los resultados de los datos recogidos durante el periodo de simulación, no muestran una gran diferencia de temperatura y humedad entre las diferentes zonas del edificio de postgrados.

Después de modelar y simular térmicamente el edifico de postgrados mediante el software DesignBuilder e incorporar modificaciones en las configuraciones de los aparatos de climatización y mejoras en algunos elementos de los cerramientos, a través de tres simulaciones realizadas, en la primera simulación se realizó un aumento en la temperatura de 1°C con el fin de poder evaluar una posible reducción de energía en el sistema, dado que al aumentar la temperatura, los equipos del sistema se esforzarán un poco menos y por ende su consumo se verá afectado, tal como se muestra en las figuras. Con el fin de seguir reduciendo el consumo de los aparatos de climatización se realizó una segunda simulación, en la cual se busca seguir reducción el consumo de energía, a través de la sustitución de los elementos que puedan influir en la Transmitancia térmica, como por ejemplo cambiar el material de las puertas, sin embargo, para esta simulación el cambio en el consumo de energía con respecto a la primera simulación fue nula, tal como se observa en la figura. En la tercera y última simulación se mejora el aislamiento térmico de todos los cerramientos del edificio con el fin de poder mantener el frío por más tiempo con una temperatura interna más confortable, obteniendo como resultado que el consumo de energía baje un poco, como se puede observar en la figura.

De acuerdo a las tres simulaciones realizadas podemos llegar a la conclusión de que la estructura actual del edificio de postgrados, tal y como están, tienen mucha inercia térmica y aíslan muy bien. Esto se debe a su gran espesor y poco porcentaje de huecos respecto al espacio total de la construcción.

Se propone una mejora en el edificio de postgrados de la universidad de la costa para adecuar el confort de los estudiantes. La mejora consiste en reconfigurar los aparatos de climatización con un ajuste en los que la temperatura se encuentre en los niveles de confort. Este cambio genera una mejora en el consumo de electricidad que se ha intentado reducir mejorando el aislamiento de los cerramientos y mejorando la inercia térmica del edificio, pero como se ha comentado, la estructura funciona tan bien que no saldría económicamente rentable. La diferencia de consumo después de aplicar el aislamiento es muy poca para el gasto que conllevaría realizar la reforma.

9. BIBLIOGRAFIA: Presentación de las fuentes bibliográficas que sirvieron de apoyo para la construcción y desarrollo de la investigación. **Máximo 1000 caracteres (con espacios)**

1. ACAIRE. (2017). Reglamento Técnico de Instalaciones Termicas en Edificaciones. Republica de Colombia.
2. Andrade Montoya, P., Morejón Bastidas, J., & Inga Ortega, E. (2016). Cobertura máxima de redes de sensores inalámbricos para un sistema de gestión de energía en hogares inteligentes. INGE CUC, 12(2), 68-78. https://doi.org/10.17981/ingecuc.12.2.2016.07
3. Balbis-Morejón, M., Tovar-Ospino, I., Castro-Peña, J. J., Cardenas, Y. (2017). Evaluación energética del sistema bombeo de un esquema de climatización con enfriadoras de agua para un edificio educativo utilizando simulación dinámica. Revista ESPACIOS, 38(58).
4. Balbis, M. Caracterización energética y ahorro de energía en instituciones educativas. Educosta, 2010.
5. Barros-Alvarez, M., Balbis-Morejon, M., Tovar-Ospino, I., Castro-Peña, J., de Leon-Siado, L., Silva-Ortega, J. I., & Rosales, D. (2017). Energy consumption comparison between air conditioning system Mini-Split and Variable Refrigerant Flow in an educational building. Espacios, 38(43), 19.
6. Cabello, J.J., Sousa, V., Sagastume, A., Vandecasteele, C. (2019). Data supporting the improvement of forecasting and control of electricity consumption in hotels. Data in brief, 25, 104147.
7. Cabello, J. J., Balbis, M., Sagastume, A., Pardo, A., Cabello, M., Rey, F. J., Rueda-Bayona, J.G. (2019). A look to the Electricity Generation from Non-Conventional Renewable Energy Sources in Colombia. International Journal of Energy Economics and Policy, 9(1), 15-25.
8. García-Guarín, P., Cantor-López, J., Cortés-Guerrero, C., Guzmán-Pardo, M., & Rivera, S. (2019). Implementación del algoritmo VNS-DEEPSO para el despacho de energía en redes distribuidas inteligentes. INGE CUC, 15(1), 142-154. https://doi.org/10.17981/ingecuc.15.1.2019.13
9. di Mauro, G., Ferreyra, R., Suárez, J., & Jurado, A. (2015). Sobretensiones por Ferroresonancia en un Sistema de Distribución Eléctrica Rural: Reporte de Caso y Simulación. INGE CUC, 11(1), 34-47. Recuperado a partir de https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/378
10. F. Hoyos, J. Candelo y J. Silva. "Performance evaluation of a DC-AC inverter controlled with ZAD-FPIC" INGE CUC, vol. 14, no. 1, pp. 9-18, 2017 DOI: http://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.01
11. Carrier. (17 de Septiembre de 2018). Biografía Carrier - Carrier refrigeración Ibérica. Obtenido de https://www.carrier.com/commercial-refrigeration/es/ib/about/willis-carrier/.
12. López, N. B. (2011). Manual Básico de Sisitemas de Aire Acondicionado y Extracción mecánica de Uso Común en Arquitectura, (págs. 44 - 70). Antiguo Cuscatlan.
13. Madrigal, J.A., Cabello, J.J., Sagastume, A., Balbis, M. Evaluación de la climatización en locales comerciales, integrando técnicas de termografía, simulación y modelado por elementos finitos, Informacion Tecnologica, 2018, 29(4), pp. 179-189.
14. Núñez Carrasco, R. A. (2012). Bioclimática, sostenibilidad y ahorro de energía. Manual de Técnicas de acondicionamiento Térmico. Madrid: CEU Ediciones.
15. Morejón, M. B., Reina, F. G., Eras, J. J. C., & Santos, V. S. (2018). Caracterización energética del funcionamiento de un equipo de aire acondicionado en un local dado. Revista Colombiana de Tecnologias de Avanzada (RCTA), 2(32).
16. Revista Construdata. (2010). Construcción sostenible, materiales y sistemas. Construdata Segunda Edición.
17. Silva, J. I., Sousa, V., Sarmiento, P., Gómez, J. R., Viego, P. R., Quispe, E. C. (2019). Effects of power electronics devices on the energy quality of an administrative building. Int J Pow Elec & Dri Syst Vol, 10(4), 1951-1960.
18. Silva-Ortega, J., Zapata-Rivera, J., Candelo-Becerra, J., Rosales-Hernández, N., Umaña-Ibáñez, S., Mejia-Taboada, M., Palacio-Bonill, A., & Torregroza Rosas, M. (2016). Transformadores de distribución que operan con aceite de origen vegetal como dieléctrico y refrigerante. INGE CUC, 12(2), 79-85. https://doi.org/10.17981/ingecuc.12.2.2016.08