



# Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



## Gestión energética y sustentabilidad bioclimática del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

Energy management and bioclimatic sustainability of the administrative building of the Faculty of Engineering and Architecture of the University of El Salvador

Carlos Pocasangre<sup>1</sup>  
José Ramos<sup>1</sup>  
Carlos Cáceres<sup>1</sup>  
Juan Cartagena<sup>1</sup>  
José Araujo<sup>2</sup>

Correspondencia:  
[carlos.pocasangre@ues.edu.sv](mailto:carlos.pocasangre@ues.edu.sv)

Presentado: 15 de mayo de 2021  
Aceptado: 18 de noviembre de 2021

- 1 Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador.
- 2 Estudiante, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador

### RESUMEN

El presente documento es un resumen de la sustentabilidad bioclimática en el edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura junto con la aplicación de la norma ISO 50001. La cual sugiere la utilización de recursos naturales de manera sostenible junto con sistemas de construcción adecuados para conseguir el mínimo impacto ambiental tanto en la naturaleza y en las personas. También, preservando el medioambiente para futuras generaciones y siendo capaz de autorregularse térmicamente sin necesidad de aparatos tecnológicos. Se realiza un modelaje en SketchUp y simulación en OpenStudio y EnergyPlus para caracterizar el consumo de energía del edificio e identificar y analizar los aspectos de mejora de este. A su vez, se compara dicha simulación con los resultados obtenidos de mediciones de consumo energético en el edificio, corroborando la validez de los resultados de la simulación. Por lo que, con enfoque en la eficiencia energética y el confort térmico, se propone la sustitución de los actuales aires acondicionados por unos de tecnología inverter, la instalación de cortasoles en las fachadas de los edificios, sustitución de luminarias actuales por unas de tecnología LED, siembra y mantenimiento de vegetación circundante al edificio, y la concientización del personal del edificio a través de capacitaciones de gestión y cultura del ahorro de energía. De esta manera, se estima un ahorro significativo de hasta 7,586 kWh anualmente, que puede representar cerca de USD 1,140.00 anuales (tarifa media de cargo de energía de USD 0.15/kWh).

**Palabras clave:** sustentabilidad, bioclimática, confort, Normativa ISO 50001, eficiencia energética.

### ABSTRACT

This document shows a summary on bioclimatic sustainability in the Administrative Building of the Faculty of Engineering and Architecture together

with the application of the ISO50001 standard. Which suggests the use of natural resources in a sustainable way together with adequate construction systems to achieve the minimum environmental impact both on nature and on people. Also, preserving the environment for future generations and being capable of thermally self-regulating without the need for technological devices. The building is modeled using SketchUp and simulations are done with OpenStudio and EnergyPlus to characterize the energy consumption of the building and identify and analyze improvement factors towards energy efficiency. At the same time, the simulation is compared with the results obtained from measurements of energy consumption of the building, validating the results obtained from the simulations. Therefore, with an approach on energy efficiency and thermal comfort, it is proposed to substitute the current air conditioning machines for ones using inverter technology, the installation of sun shields on the facades of the building, substitution of the current luminaries for ones using LED technology, plant and maintenance of the vegetation around the building, and the development of staff awareness through training on energy saving and management. In this way, it is estimated to have a significant energy saving, up to 7,586 kWh yearly, therefore, this might be about USD\$1,140.00 per year (cost of energy of USD\$0.15/kWh).

**Key words:** Sustainability, bioclimatic, Comfort, ISO 50001 Standard, Energy Efficiency.

---

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la tendencia al alza de los combustibles fósiles han forzado al Gobierno e instituciones no gubernamentales a la búsqueda de medidas que ayuden a disminuir sus efectos. En El Salvador, con la creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), se han desarrollado políticas y estrategias energéticas con el objetivo de reducir el consumo eléctrico,

utilizar de manera más eficiente la energía eléctrica y reducir costos económicos por el uso de la misma.

En los últimos 30 años la temperatura media ha aumentado poco más de un grado Celsius, los niveles de precipitación pluvial muestran índices cada vez más bajos, las lluvias causan desastres debido a la alta deforestación y contaminación que hay en nuestras ciudades. La sustentabilidad es la capacidad de un medio natural para satisfacer las necesidades de la población, tanto para las generaciones actuales como para las futuras. Buscar un desarrollo climático sustentable es responsabilidad de todos.

En El Salvador se ha comenzado a buscar soluciones que permitan llegar a manejar un concepto de una sustentabilidad verdadera, optimizar el manejo de recursos y minimizar los daños que se causan al medioambiente, y preservarlos para las generaciones futuras. Estas soluciones están enfocadas en sectores ambientales, productivos y socioeconómicos, pero son pocos los que se enfocan en soluciones por medio del diseño y construcción de edificaciones.

La ISO 50001 establece los requisitos mínimos que debe tener una organización para implementar un sistema de gestión de la energía. Esta norma contribuye a mejorar el desempeño energético, aumentar la eficiencia y reducir los impactos ambientales y en esto entra la sustentabilidad bioclimática del edificio administrativo. Esta norma es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño. En este documento se presenta una manera de aplicar la sustentabilidad bioclimática de la mano con la norma ISO 50001 para poder aprovechar más los recursos naturales en el edificio e implementar un correcto sistema de gestión de la energía en la edificación.

## GENERALIDADES CONCEPTUALES

### Sustentabilidad, enfoques y desarrollo

La sustentabilidad es la capacidad de una sociedad humana de apoyar en su medio ambiente a través del buen manejo de sus recursos naturales y el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus miembros para el largo plazo (Ayala Alas & Soriano Morales, 2010). Cada ecosistema existente posee los recursos suficientes para satisfacer las necesidades básicas de los seres vivos que en él habitan, y el crecimiento poblacional idealizado debe ser capaz de renovar los recursos naturales. No obstante, el consumo desmedido sobrepasa la capacidad de renovación y causa un desequilibrio entre el medioambiente y la población. La sustentabilidad se basa en mantener dicho equilibrio.

El enfoque medioambiental se preocupa por los límites naturales, centrándonos en la conservación de las condiciones medioambientales para la supervivencia humana actual y futura. Bajo esta perspectiva se destaca la relación entre los límites ecológicos y el desarrollo humano, en el escenario de un planeta finito que cuenta con un tiempo específico de regeneración ambiental.

El enfoque económico considera que el crecimiento (financiero o monetario) a toda costa, resulta ser una condición para proteger a la naturaleza, en términos generales este plantea que, la competitividad de los sistemas productivos y el desarrollo de tecnologías, derivará en la inversión de capital privado en rubros como la conservación de la naturaleza, su biodiversidad y el descenso de las emisiones peligrosas para el medioambiente. Esta visión presume que el crecimiento económico de manera inteligente disminuirá la presión ejercida por la población sobre

el medioambiente, siendo de esta forma como el desarrollo sustentable se volverá una consecuencia directa de la expansión financiera o monetaria.

El enfoque social sostiene que cada sector productivo podrá considerarse como sustentable en la medida en que sus procesos y sistemas no impacten al medioambiente de forma negativa, es decir, sobrepasando la capacidad de carga que el ecosistema tiene, y evidentemente que continúe siendo rentable. Este enfoque encuentra su máximo logro en proyectos de pequeña escala que integran a las comunidades en la búsqueda de un beneficio económico a través de prácticas sustentables como el ecoturismo, la pesca y agricultura sostenible, entre otras; pero que es a su vez su máxima restricción al no lograr progresar hacia niveles mayores, que si le permitan hacer frente a los problemas ambientales, sociales y económicos a nivel mundial.

El desarrollo sustentable basa su finalidad en la armonía ideal que debe existir entre los sectores productivos, la sociedad y el medioambiente, como se puede observar en la Figura 1, es decir, establecer estos tres elementos como pilares fundamentales y equitativos de un nuevo modelo de desarrollo. Se puede hablar entonces de un desarrollo económico y social respetuoso con el medioambiente. (Ayala Alas & Soriano Morales, 2010)

### Eficiencia Energética

La eficiencia energética es la capacidad de usar menos energía para producir la misma cantidad de iluminación, calor, transporte y otros servicios energéticos. La eficiencia energética juega un papel importante para la economía y el bienestar social de todos los sectores del país. Uno de los beneficios directos de implementar medidas orientadas al uso eficiente de la energía es la reducción de costos,

volviendo así más competitiva y rentable la industria y el comercio; a su vez contribuye a la reducción de gastos en el sector público.

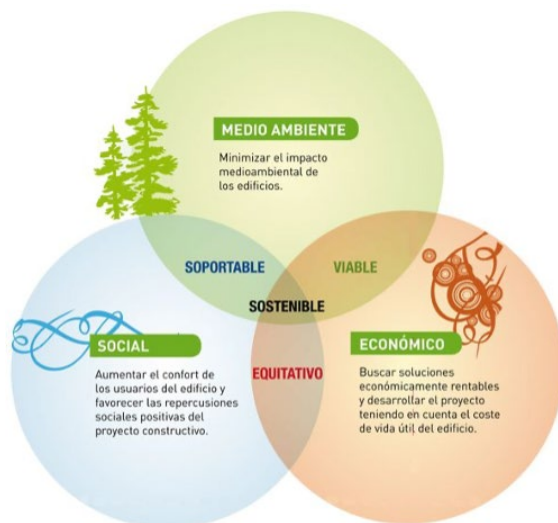
Se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada para el proceso.

$$EE = \frac{\text{Energía Usada}}{\text{Energía Requerida}} \quad (1)$$

Desde el punto de vista ambiental, el ahorro de energía contribuye a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y atenúa los efectos del cambio climático, además, difiere inversiones energéticas, posibilita una oferta más eficiente, y reduce la dependencia de los combustibles fósiles y la presión sobre nuevos proyectos de generación. Esto, hablando si una edificación o cualquier otro proyecto a realizarse aún no se ha llevado a cabo en cuanto a su construcción; de lo contrario sirve para poder evaluar si dicha edificación es eficientemente energética.

**Figura 1.**

*Triangulo del desarrollo sostenible*



**Inercia Térmica**

La inercia térmica en el diseño y construcción

de los edificios es un recurso fundamental en zonas climáticas donde la diferencia de temperatura entre el día y la noche es elevada, para alcanzar el confort térmico de sus usuarios en el interior de estos. Consiste en la capacidad de determinados elementos arquitectónicos, en este caso, para almacenar calor, conservarlo y liberarlo de una manera paulatina permitiendo un menor uso de sistemas mecánicos de calefacción e incluso de refrigeración.

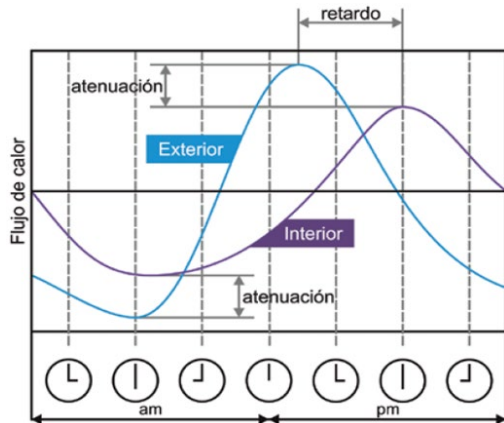
Es un recurso utilizado en la arquitectura bioclimática, con un enfoque de diseño inspirado en la naturaleza aplicando conceptos de sostenibilidad a todos los aspectos de un proyecto, cuyo objetivo es optimizar el empleo del medioambiente. Se toma en cuenta la ubicación, la economía, la construcción y el mantenimiento del edificio, así como la salud y el bienestar de sus ocupantes. La inercia térmica de materiales utilizados en la construcción permite mantener la temperatura estable a lo largo del día, en los espacios interiores habitables.

Los edificios de gran inercia térmica tienen temperaturas más estables. Al comparar la temperatura interior del edificio con la del ambiente exterior, se observan una atenuación que suaviza las temperaturas, reduce los picos de calor-frío; y un retardo en el efecto de esa subida o bajada de temperaturas, consiguiendo unos valores más estables y sostenidos en el tiempo, factor que se puede observar en la Figura 2.

Durante las horas centrales del día se produce normalmente la mayor carga térmica interna, procedente principalmente de la radiación solar que incide sobre la fachada del edificio y la actividad en el interior, la iluminación artificial e incluso del funcionamiento de máquinas que liberan calor.

**Figura 2.**

*Influencia de la inercia térmica sobre el confort*



### Clasificación Climática en El Salvador

Debido a las diferentes clasificaciones existentes, hay diversas maneras de catalogar la ubicación climática de El Salvador, basados en los criterios de clasificación de Köppen, el país estaría catalogado como clima de Sabana Tropical. Según el Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET), El Salvador está clasificado en tres zonas climáticas, de acuerdo con su altura, y tomando como base la clasificación de Köppen, Sapper y Lauer. (Clima en El Salvador, 2010)

- Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente: 0 a 800 m s. n. m.
- Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada:

800 a 1200 m s. n. m.

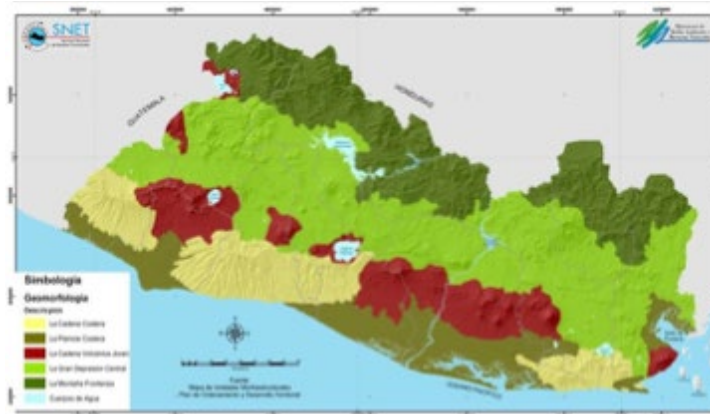
- Clima Tropical: de 1200 a 2700 m s. n. m.
  - a) 1200 a 1800 Tierra todavía templada.
  - b) 1800 a 2700 Tierra fría.

El mapa Geomorfológico de El Salvador es actualmente el que más utilidad muestra para efectos de tener una relación clima-sitio, ya que pueden determinarse en él de forma intuitiva 5 zonas diferenciadas claramente por su geomorfología, la cual está relacionada con los climas que se verifican y las condiciones que servirán al proyectista a definir las estrategias de control climático, como se puede observar en la Figura 3, aunque debe considerarse que su fin no es este.

Una vez determinada la clasificación climática a la cual se apega nuestro país, deben ser estudiados los factores y elementos del clima, de forma que se pueda definir cómo afectan estos a un proyecto arquitectónico en nuestra región. Se delimita a los factores como las condiciones geográficas que deben estudiarse dentro del análisis del sitio previo a cualquier diseño; mientras que los elementos dependerán de los factores climáticos, provocando de esta forma microclimas que deben ser tomados "in situ" con la instrumentación adecuada. Los factores y elementos climáticos más comunes para nuestra región se muestran en la Tabla 1.

**Figura 3.**

*Mapa Geomorfológico de El Salvador*



Nota. Tomado de Ayala Alas & Soriano Morales (2010)



**Tabla 1.**

*Factores y elementos climáticos más comunes.*

Factores	Elementos
Latitud	Temperatura
Altitud	Humedad
Relieve	Viento
	Radiación solar
	Traslación terrestre

### Zonas térmicas y confort térmico

La mayoría de los espacios en los edificios aspiran a mantener algún tipo de comodidad. Esto generalmente se expresa en términos de un rango de temperatura (entre 21 y 25 °C). Se podría decir que siempre que un espacio esté dentro del rango, se cumplen sus aspiraciones de comodidad.

**Tabla 2.**

*Clasificación del Confort.*

Sentido	Tipo de confort	Parámetro
Vista	Confort lumínico	Intensidad luminosa Iluminancia Luminancia Contraste y deslumbramiento
Oído	Confort Acústico	Tono Presión sonora Intensidad acústica
Tacto	Confort Térmico	Temperatura del aire Velocidad del aire Temperatura radiante Humedad relativa

Definiendo el confort en general como el conjunto de todos los anteriores mencionados manteniéndolos en rangos aceptables, podemos obtener valores

de confort específicos. No obstante, esta investigación se centrará únicamente en la búsqueda del confort térmico para la propuesta de diseño del edificio administrativo de la

Para mantener un rango de punto de ajuste, habrá momentos en que se debe agregar calor a un espacio. Esto se llama carga de calentamiento. También, habrá momentos en que el calor debe eliminarse de un espacio, esto se llama carga de enfriamiento. La mejor manera de pensar en una zona térmica es en un espacio dentro de un edificio donde el calor ganado y perdido sea constante en el tiempo (Araujo Cabrera, Cubias Moreno, & Pocasangre Jiménez, 2020). Teóricamente, cada zona se puede enfriar y calentar por separado de otras: cada zona es su propio minisistema térmico, con calor entrando y saliendo como parte de un proceso para proporcionar comodidad.

Los parámetros ambientales de confort son específicos para ciertos sentidos del cuerpo humano, tales como tacto, oído y vista, delimitando estos tipos de parámetros en la Tabla 2.

de confort específicos. No obstante, esta investigación se centrará únicamente en la búsqueda del confort térmico para la propuesta de diseño del edificio administrativo de la

Facultad.

El confort térmico se puede definir como el grado de satisfacción de los usuarios sobre la sensación térmica al interior de un edificio. Depende de parámetros externos, como la temperatura y velocidad del aire y la humedad relativa, así como de parámetros internos como la actividad física desarrollada, la ropa o el metabolismo de cada persona. Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservándose de esta manera una temperatura normal.

### Cargas térmicas y sistemas HVAC

Cuando se habla de carga térmica sobre un edificio, se refiere al fenómeno que tiende a modificar la temperatura interior del aire o su contenido en humedad. En este sentido se pueden clasificar las cargas térmicas según su incidencia en sensibles (originan una variación en la temperatura del aire) y latentes (originan una variación en la humedad absoluta del ambiente).

Para el cálculo de la carga térmica sensible () se emplea la siguiente expresión:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai} \quad (2)$$

donde,

$Q_{sr}$ : carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas [W].

$Q_{str}$ : carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores [W].

$Q_{st}$ : carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores [W].

$Q_{si}$ : carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior [W].

$Q_{sai}$ : carga sensible debida a aportaciones internas [W].

Para el cálculo de la carga térmica latente () se emplea la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp} \quad (3)$$

donde,

$Q_{li}$ : carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior [W].

$Q_{lp}$ : carga latente debida a la ocupación del local [W].

HVAC es un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado que lidia con las cargas térmicas de un ambiente. Su objetivo es garantizar que un ambiente interior sea seguro y cómodo para los humanos. La seguridad aquí se refiere principalmente a la calidad del aire interior (IAQ), lo que significa que el aire interior debe tener suficiente oxígeno y estar libre de gases nocivos. La comodidad, se basa en el confort térmico. La ASHRAE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) define la calidad del aire comfortable cuando una mayoría sustancial (80 % o más) de las personas expuestas no expresan insatisfacción.

### Norma ISO 50001

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es el mayor organismo del mundo para el desarrollo y la publicación de normas internacionales. La norma ISO 50001 es un marco diseñado para actuar como plan de acción, o como una serie de estrategias normalizadas, con el fin de ayudar a las organizaciones en la mejora de su gestión energética y recursos. Proporciona beneficios medibles a organizaciones públicas y privadas de todo el mundo, y numerosos expertos coinciden en que influirá enormemente en el uso mundial de la energía y acabará beneficiando al conjunto de la sociedad.

La ISO 50001 es una especificación para un sistema de gestión energética que define los requisitos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de esta clase. El objetivo de esta norma es

crear un sistema de gestión energética (SGE) dentro de una organización que conlleve una reducción de los gases de efecto invernadero y de otros impactos perjudiciales logrando a la vez contener los costes energéticos. La adopción de la ISO 50001 es muy ventajosa para las organizaciones, especialmente las que están sometidas a presiones por parte de los accionistas y otras entidades que solicitan datos de medición e informes con un elevado compromiso de transparencia. La ISO 50001 ayuda a las edificaciones a formalizar las buenas prácticas aceptadas y a garantizar unos informes precisos y normalizados. No obstante, la ventaja definitiva llega en forma de ahorros sostenibles en energía.

A continuación, se definen dos de los términos más importados utilizados en esta norma:

- **Sistema de Gestión Energética (SGE)**

Comprende una serie de elementos relacionados y que interactúan entre sí e incluye una política y unos objetivos energéticos, así como los procesos y procedimientos para cumplir dichos objetivos.

El encargado de gestionar el Sistema de Gestión Energética es un gestor energético representante de la dirección que utiliza herramientas que recogen, auditan, analizan y prevén datos energéticos, determinan tendencias y crean informes sobre energía, tanto a escala de centros concretos como a escala corporativa. (Un Sistema de Gestión Energética se compone de recursos internos (recursos humanos), hardware y software, y servicios de consultoría).

La migración de datos a un sistema centralizado que integra desde información de su medida propia de cada centro hasta los informes globales a escala de la empresa constituye una buena práctica recomendada para las organizaciones que deseen obtener la

certificación ISO 50001.

- **Indicador de rendimiento energético (EnPI)**

Es un valor cuantitativo o una medida del rendimiento energético, según lo define la organización. El gestor energético o el representante de la dirección desarrolla unos EnPI que satisfagan a un equipo multidisciplinario dentro de la organización (ventas, operaciones, finanzas). Los EnPI se utilizan para normalizar los datos energéticos basándose en factores que podrían contribuir a fluctuaciones energéticas, como el coste energético por unidad producida, la energía consumida por metro cuadrado, la energía consumida por usuario, o el coste energético por producto vendido.

### **Requisitos Generales de la ISO 50001**

Una organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGE de conformidad con unos requisitos; definir y documentar el alcance y los límites de su SGE; y determinar cómo satisfará los requisitos de esa norma internacional para conseguir la mejora continua de su rendimiento energético y su SGE.

Para obtener la mayor rentabilidad de los proyectos de eficiencia y gestión energética, la norma debe formar parte de la cultura de una organización. El plan energético debe contar con un apoyo global, desde los altos directivos hasta el personal de operaciones.

Los Sistemas de Gestión Energéticos y planes energéticos más eficaces suelen ser el resultado de una estrecha colaboración entre los recursos internos de una organización y una empresa experta en gestión energética. Se recomienda recurrir a una empresa externa con certificación profesional para la presentación de la solicitud para el cumplimiento de la ISO 50001. Esto



garantizará la legitimidad del cumplimiento y permitirá disponer de un asesor imparcial que pueda aportar sugerencias de mejora.

### **Estructura de la ISO 50001. Mejora continua de la gestión energética**

La norma ISO 50001 facilita a las organizaciones, independientemente de su sector, actividad o su tamaño, una herramienta que permite la reducción de los consumos de energía, los costos financieros asociados y las emisiones de gases de efecto invernadero. Su estructura permite su integración con otros sistemas de gestión (calidad, medioambiente, inocuidad de los alimentos, de seguridad y salud laboral, etc.) ya existentes en la organización.

Al igual que otros estándares ISO, esta norma se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo PDCA. A continuación, se presenta qué significa cada uno de ellos.

Plan (Planificar): Realizar la revisión energética y determinar el nivel de referencia, los indicadores de desempeño energético (EnPI), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr unos resultados que mejores el rendimiento energético de conformidad con la política energética de la organización.

Do (Hacer): implementar los planes de acción de gestión energética.

Check (Comprobar): monitorizar y medir los procesos y las características clave de las operaciones que determinan el rendimiento energético respecto a la política y los objetivos energéticos, e informar de los resultados.

Act (Actuar): adoptar acciones para la mejora continua del rendimiento energético y del SGE.

### **Prácticas de gestión energética para cumplimiento de la ISO 50001.**

La ISO 50001 se basa en los siguientes principios para una gestión eficaz y eficiente de la energía. Para obtener la máxima rentabilidad y optimización del uso de la energía, la gestión energética debe:

- Ser puesta en marcha por la dirección general de la empresa y la organización.
- Estar liderada por una persona responsable identificada.
- Ser comunicada a todos los niveles de la dirección.
- Describirse en políticas energéticas detalladas.
- Contar con el apoyo de un sistema de medición.
- Establecer un sistema de mejora continua.

Otros factores para la correcta implementación de la norma ISO 50001 son:

- Contar con unos objetivos claros.
- La visibilidad de la energía es crucial en todas las fases del plan energético: antes, durante y después.
- Garantizar la coherencia de los datos en los distintos niveles de la organización.
- Revisar periódicamente decisiones anteriores (ciclo recurrente); practicar tanto una eficiencia energética activa como pasiva.
- Buscar el apoyo de un consultor de confianza para aumentar la eficiencia y la coherencia.

### **Requerimientos de la norma ISO 50001**

Dentro de la norma, los requerimientos se clasifican en medulares y estructurales.

Los requerimientos medulares son los procedimientos necesarios para observar y mejorar el desempeño energético. Los

requerimientos medulares se encuentran en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Requerimientos medulares para el cumplimiento de la norma ISO 50001*

<b>Revisiones de aspectos energéticos</b>	<b>Conocimiento, formación, competencias</b>	<b>Monitorización y mediación</b>	<b>Control operativo</b>
Consumo histórico y actual.	Formación para todos los niveles de dirección y las personas implicadas en áreas de uso significativo de la energía	Plan de medición de energía.	Consideraciones energéticas en los procesos de compra.
Consumo previsto estimado.		Indicadores clave de rendimiento de energía y consumo.	Diseño, cambio o restauración.
Identificación de interesados.			

Los requerimientos estructurales son aquellos que aseguran que las personas de la organización estén conscientes del uso eficiente de la energía. Se obtiene de áreas de apoyo como recursos humanos y áreas de comunicaciones. Entre los requerimientos estructurales se encuentran:

- Comunicación.
- Documentación y registro.
- Entrenamiento y sensibilización.
- Beneficios o ventajas de la norma ISO 50001.

Poniendo en práctica la norma se pueden tener varias ventajas o beneficios en la edificación, tales como:

- Mejora la gestión de eficiencia energética.
- Incentiva la concientización y cultura del ahorro de energía.
- Establece un ciclo de mejora continua de procedimientos y procesos.
- Unifica la norma ISO 9001 y la norma ISO 14001.
- Certificación legal de la edificación.

## HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO

Existen varios sistemas que toman datos climáticos para evaluar las necesidades de confort del sitio, generando parámetros de climatización y así poder determinar la estrategia a utilizar. Algunas herramientas permiten analizar de una forma gráfica las variables del confort térmico y poder tomar medidas correctivas para llevar al rango de confort el proyecto arquitectónico. Las siguientes herramientas sirven para el diseño del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

**Carta Bioclimática:** una de las herramientas gráficas más conocidas y utilizadas para el análisis de los parámetros ambientales de confort. En términos simples, es un sistema de representación gráfica de las relaciones entre las diferentes variables térmicas que inciden directamente en la sensación de confort térmico. Se basan en diagramas psicométricos que relacionan la temperatura y humedad, sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

**Calendario de Necesidades:** es una herramienta de diseño gráfica en donde se

puede concretizar los resultados del análisis climático hecho en una carta bioclimática durante el período de un año, en la que estos datos se muestran más generales solo con datos de temperatura máximos y mínimos.

**Gráfica de Trayectoria Solar:** permite visualizar la trayectoria aparente del sol, para determinar la ubicación del edificio en cuanto a su orientación, definir elementos de protección solar, hacer un análisis de estudio de sombras y ver si el entorno sombrea o no al edificio. A esta gráfica se le denomina método de proyección ortográfico, estereográfico o equidistante.

**Perfil de Sombras:** el diagrama solar proporciona los ángulos de inclinación del sol y de esta manera se da una primera idea de los ángulos de sombra del proyecto. El calendario de necesidades es una ayuda también porque muestra cuándo y dónde necesitamos sombra. Una vez que se determine esta necesidad se estudia la manera de cómo configurarla y con qué elementos hacerlo, es decir, si serán mecanismos de control horizontal, vertical o mixtos. Superpuesto a la gráfica de trayectoria solar, y basados en los datos obtenidos del mapa de necesidades bioclimáticas, se trasladan estos a la gráfica y nos brinda un panorama claro de en qué momentos del año se necesitarán sombra, el mismo gráfico nos indica los ángulos necesarios para el cálculo.

**Radiación Solar Disponible:** la variación de las temperaturas mínimas y máximas extremas, son los rangos requeridos para obtener datos específicos, a fin de lograr un ambiente de confort en un diseño arquitectónico específico, adecuado a diferentes zonas del país.

**Rosa de Vientos:** el rumbo y la magnitud que presentan los vientos durante todo el año, son datos que deben ser obtenidos de estaciones cercanas al proyecto o tomados como parámetros. El aprovechamiento de los vientos dependerá de las necesidades climáticas de

la zona del proyecto, de esto dependerá el alejamiento de este.

## **ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO**

Cada una de las estrategias tiene como fin último lograr el confort del usuario dentro del espacio, permitiendo de esta manera realizar sus actividades de forma más productiva y eficiente, sin embargo, esto únicamente es posible al relacionarlas todas en un solo marco de análisis, que permita evaluar todo el contexto micro climático del espacio.

En el caso de El Salvador no existe una diversidad muy grande de zonas bioclimáticas, por lo que se cuenta con una serie de estrategias generales que pueden ser aplicadas y adecuadas a las particularidades que puedan presentarse en cada sitio específico. Podemos definir dos grandes tipologías de estrategias a emplear en un proyecto: urbanas y arquitectónicas. Las estrategias de diseño urbanas se pueden observar en la Tabla 4.

### **Descripción del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

El edificio administrativo es el regente de las principales actividades académicas, administrativas, financieras y de control dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, además de contener las instalaciones del Decanato y Vicedecanato de la Facultad y las salas de reuniones para los consejos técnicos, los cuales reúnen a los directores de cada carrera en la Facultad. Está ubicado en la Ciudad Universitaria, actual campus de la Universidad de El Salvador, al norte de la ciudad de San Salvador, a 3.5 km del centro de la ciudad.

En este estudio se analizará el edificio tomando en cuenta todas las áreas que contiene (Tabla 5). Sin embargo, se identificarán los procesos, priorizando en los que tienen mayor impacto y alcance en el sistema de gestión de la energía

que se desea implementar para poder tener una sustentabilidad bioclimática.

**Tabla 4.**

*Estrategia de Diseño generales.*

Elemento	Estrategia de Diseño
<b>Urbanas</b>	
Sitio	Buscar partes elevadas para aprovechar los vientos dominantes
Orientación	Preferir las pendientes al norte y oriente para recibir menos radiación
Trazo	Las calles deben trazarse oriente-poniente, para facilitar las fachadas norte-sur
Densidad	Lograr separación en los subproyectos para aprovechar la ventilación entre ellos
Paisaje	Optimizar el uso de vegetación como barreras de viento y generación de sombras
<b>Particulares (Arquitectónicas)</b>	
Control térmico	Almacenaje o restricciones de calor, para lograr el confort térmico del espacio
Control de humedad	Control de los niveles de humedad en el ambiente
Control de viento	Control del ingreso o restricción del viento en el espacio
Control solar	Evitar o minimizar el ingreso de radiación solar en el espacio

**Tabla 5.**

*Descripción del Edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador*

Área	Cantidad de personas	Sección	Cargo
<b>Primer Nivel: zona de uso mixto</b>			
Impresiones	2 personas	1 oficina	2 técnicos sacar copias
Colecturía	2 personas	1 oficina	2 técnicos
Académica	2 personas	1 oficina	2 técnicos
Gerencia Académica (FIANET)	2 personas	1 oficina	Encargado, asistente
Infocentro	Lunes a viernes (indefinidos), sábado 20 personas hasta las 12 pm. Capacidad máxima de 24 personas	3 oficinas	estudiantes
<b>Segundo nivel: zona administrativa</b>			
Escuela Posgrado	3 personas	3 oficinas	Jefe, secretario e ingeniero
Unidad de Investigación	1 persona	1 oficina	Director

Área	Cantidad de personas	Sección	Cargo
Unidad Financiera	6 personas	1 oficina	Contadora, 2 auxiliares, jefe de mantenimiento, activo fijo, secretaria
Sala de Sesiones de Posgrados	Indefinidas		
Encargado de sistema	1 persona	1 oficina	Académica
Administrador académico	1 persona	1 oficina	Jefe
Académica	4 personas	1 oficina	4 secretarias
Intendente	1 persona	1 oficina	Jefe
Coordinador Diplomado Geotermia	1 persona	1 oficina	Jefe
Jefe financiero	1 persona	1 oficina	Jefe
Personal de servicio	1 persona	Para el nivel 1 y 2	Pasillos sacar copias
<b>Tercer nivel: zona gerencial</b>			
Decanato	2 personas	2 oficinas	Decano, secretaria
Área de planificación	2 personas	1 oficina	Jefe, secretaria
Vicedecanato	2 personas	2 oficinas	Vicedecano, secretaria
Secretaria	3 personas	2 oficinas	Jefe. 2 secretarias
Personal de servicio	1 persona	Todo el pasillo	Oficios varios
Sala de reuniones	Indefinidas		

Después de hacer el reconocimiento del interior del edificio y poder analizar los espacios que lo componen, estos han sido clasificados por sus niveles físicos que también comparten funciones similares. La zona mixta (primer nivel) es una zona pública de fácil acceso ya que cuenta con atención estudiantil y un centro de cómputo para los estudiantes. La zona administrativa (segundo nivel) cuenta con servicio hacia los estudiantes, pero en menor grado; concentra actividades semiprivadas y administrativas. En la zona gerencial (tercer nivel) se realizan actividades privadas; cuenta con una cantidad similar de personas que el segundo nivel, pero el tipo de usuario es diferente. Ver Tabla 5.

Algunos de los problemas detectados en el edificio administrativo fueron la falta de sistema de gestión de energía, falta de concientización de cultura de ahorro de energía, Falta de formularios estándar (cada unidad elabora los suyos adaptándolos a sus necesidades) y equipos eléctricos con eficiencia energética baja.

### **Observaciones del análisis del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

Se realizó un análisis de los componentes del edificio, tomando en cuentas los siguientes puntos de vista: análisis del entorno urbano, análisis del entorno climático, análisis



arquitectónico funcional, formal, tecnológico, y microclimático. De dicho análisis, se observaron los siguientes problemas en el edificio:

La relación de espacios no es adecuada. Debe existir una relación directa entre un jefe y su asistente, evitando en la manera de lo posible que la circulación entre estos ambientes sea dividida por un pasillo u otro espacio.

Debe generarse una reducción del consumo energético. La configuración formal del edificio obliga el uso intensivo de los sistemas de climatización e iluminación. Una reconfiguración y la sustitución por equipos más eficientes generaría una disminución en el consumo.

Aumentar el entorno vegetal de la edificación, permitirá la implementación de estrategias de diseño más adecuadas. Lograr una mejor distribución de las áreas verdes en la plaza vestibular del edificio derivará en una reducción de las temperaturas circundantes al mismo, generando de esta manera un microclima interno que beneficie en el confort térmico que se desea lograr.

El edificio administrativo carece de protecciones solares. Esto lleva a un ingreso excesivo de radiación solar en los espacios. Pese a encontrarse bien orientado, el edificio presenta grandes cantidades de vidrio en las fachadas norte, este y oeste, las cuales requieren de alternativas de control para la radiación solar que ingresa por ellas. Es necesario verificar los aspectos de trayectoria e incidencia solar para la mejor planificación de aleros y cortasoles.

No existen áreas de espera adecuadas para los usuarios visitantes (alumnos). Los alumnos que hacen uso de la colecturía y la oficina de atención estudiantil deben hacer filas en el lado de la fachada sur del edificio, en muchas ocasiones durante bastante tiempo y bajo el sol.

Se necesita de más espacios. Especialmente

para el manejo de los archivos en las áreas administrativas, para la inclusión de oficinas que no cuentan con un espacio actualmente, y una mejor atención a los alumnos que usan algunos de los servicios que el edificio ofrece.

La temperatura interna no proporciona confort constante en las diferentes oficinas. Aunque la temperatura interna está regulada por los equipos de climatización a una temperatura constante, el ingreso de radiación solar en las oficinas hace que la sensación térmica no sea la misma en cada una. La relación del tamaño de la oficina versus el área de ventana que posee genera también esta sensación.

Algunos espacios requieren el uso de sistemas de climatización específicos. Las condiciones especiales de algunas áreas, donde se concentran cantidades particulares de equipos o personas, hacen necesario considerar el uso de sistemas de aire acondicionado, para lograr la eficiencia de los equipos y el confort de los usuarios.

### **Resultados obtenidos en un estudio realizado en el año 2015 en el edificio de administración académica de la facultad de ingeniería y arquitectura**

Para obtener los resultados del edificio, tuvo que modelarse en SketchUp, y la introducción de todos los datos referente al edificio se realizó en OpenStudio, para luego ser simulados por medio de EnergyPlus. De las simulaciones se obtuvieron una serie de resultados con relación a lo que está instalado en el edificio.

### **Equipos eléctricos instalados y su consumo**

Los equipos más representativos a nivel de consumo de energía eléctrica son equipos de aire acondicionado, luminarias, computadoras, equipos eléctricos de oficina (impresoras, fotocopadoras, UPS, computadoras, etc). Los

horarios de operación se consideraron del 100 % de la jornada laboral, comprendida de 8:00 a. m. a 5:00 p. m. de lunes a viernes. Esto quiere decir, que siempre se mantienen

encendidos. En la Tabla 6 se presenta un resumen de las características de los equipos de aires acondicionados, mientras que en la Tabla 7 el de luminarias.

**Tabla 6.**

*Descripción de los equipos instalados de aires acondicionados.*

Equipo	Marca	Modelo	BTU/h/Ton.	Voltaje	Alimentación PH	cfm*	EER**
1	Carrier	38CKG0605A	60000/ 5	208/ 230	3	3400	9
2/ 3/ 8/ 11/ 13/ 14	York	HABA-T0483A	48000/ 4	208/ 230	3	3250	9.5
9/ 10/ 15	York	HABA-T0605A	60000/ 5	208/ 230	3	3450	10.25
12/ 7	York	H1RA0365S25B	36000/ 3	208/ 230	3	2150	9.1
4/ 5/ 16	York	BRCS0241BD	24000/ 2	208/ 230	1	1850	9.65
6 (mini Split)	York	TGCD36S43S1	36000/ 3	208/ 230	3	3200	11

Nota. \*cfm: feet cubic per minutes (pies cúbicos por minute). \*\*EER: Energy Efficiency Ratio es el coeficiente de eficacia frigorífica.

**Tabla 7.**

*Descripción de las luminarias instaladas.*

Tipo de Luminarias	Cantidad	Watts (unidad)	Lúmenes (unidad)
Tubo fluorescente	163	32	28000

A continuación, se presenta el resumen de los resultados en la Tabla 8; estos datos de consumo de energía se usarán para el cálculo y propuestas de diseño energético, como una referencia antes y después de la implementación de acciones de mejora del desempeño energético de cada uno de los sistemas del edificio. Los resultados de la tabla anterior se presentan en la siguiente gráfica para facilitar la comparación y luego analizar el consumo de cada componente mensualmente a lo largo del año.

Los equipos de aire acondicionado son causantes del consumo elevado de energía en este edificio, como se puede observar en la

Figura 4. Debido al diseño del edificio, deben instalarse aires acondicionados; el problema es que generalmente quienes instalan estos equipos no tienen una metodología eficiente para el adecuado dimensionamiento de los equipos y realizan los cálculos basados en métodos empíricos. Las luminarias presentan un consumo alto debido a que siempre permanecen encendidas durante el día, sin importar si son necesarias o no.

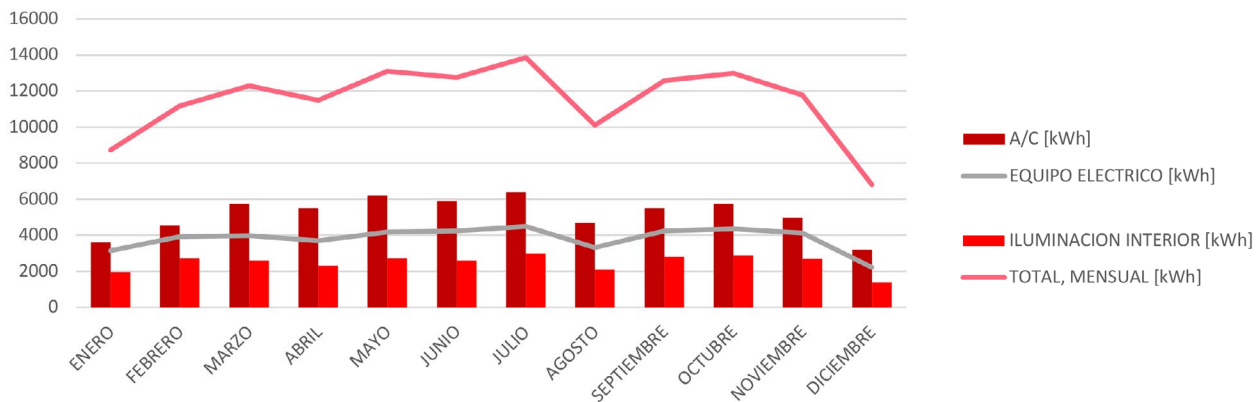
**Tabla 8.**

Resumen de los resultados obtenidos.

Mes	A/C [Kwh]	Iluminación interior [Kwh]	Equipo eléctrico [Kwh]	Total, mensual [kwh]
Enero	3598.917	1975.367	3147.444	8721.728
Febrero	4552.411	2710.178	3911.861	11174.45
Marzo	5724.986	2606.181	3975.583	12306.75
Abril	5497.486	2321.706	3684.308	11503.5
Mayo	6207.419	2723.511	4173.944	13104.874
Junio	5908.367	2612.972	4241.276	12762.615
Julio	6399.322	2969.8	4491.528	13860.65
Agosto	4700.864	2086.218	3317.417	10104.499
Septiembre	5516.311	2812.972	4241.278	12570.561
Octubre	5748.655	2886.917	4346.944	12982.516
Noviembre	4956.883	2701.2	4125.306	11783.389
Diciembre	3210.345	1381.197	2220.247	6811.789
<b>Total anual</b>	<b>62021.966</b>	<b>29788.219</b>	<b>45877.136</b>	<b>137687.321</b>

**Figura 4.**

Grafica de consumo mensual de energía eléctrica en el edificio de administración académica.



## Validación de resultados de simulación

El estudio realizado en el año 2015 no contaba con un historial de facturas de consumo de energía del edificio, por ello, se instaló un medidor de consumo de energía en el mes de mayo. Se muestra a continuación en la Figura 5, la comparación entre el consumo obtenido del medidor que se instaló en el edificio y del

modelo que se simuló utilizando EnergyPlus para el mes de mayo de ese mismo año.

Se calculó el error mediante la comparación de los datos obtenidos mediante el medidor instalado y mediante el modelo simulado, obteniendo un total de la demanda real de 13956.4015 kW-h y un total de la demanda simulada de 13543.6850 kW-h.

$$\%error = \frac{kWh \text{ Real} - kWh \text{ de Simulación}}{kWh \text{ Real}} * 100$$

$$\%error = \frac{13956.4015kWh - 13543.6850kWh}{13956.4015kWh} * 100$$

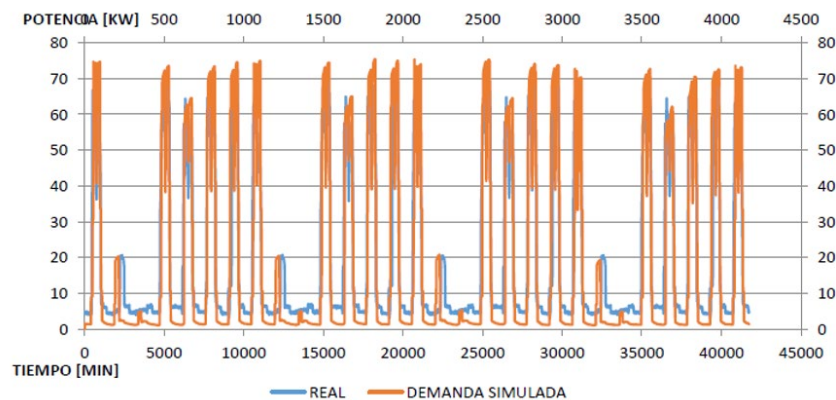
$$\%error = 2.957\%$$

$$\%error \approx 3\%$$

Podemos concluir por el porcentaje de error que el modelo de línea base es válido y es apto para poder usarlo en futuros planes de acción

**Figura 5.**

*Demanda Real vs Demanda Simulada en el mes de mayo 2015.*



**Tabla 9.**

*Indicadores de desempeño del edificio Administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.*

Descripción del indicador	Estimación	Indicador
Intensidad de uso de la energía (IUEE)	$\frac{\text{Uso de energía del edificio}}{\text{Área funcional}} = \frac{137,087,319 \text{ kWh}}{2513.99 \text{ m}^2}$	$= 54.52 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
Intensidad de costo de la energía eléctrica (ICEE)	$\frac{\text{Costo de la energía}}{\text{Área funcional}} = \frac{\$24,109.74}{2513.99 \text{ m}^2}$	$= \$9.59/\text{m}^2$
Intensidad de la demanda eléctrica (IDEE)	$\frac{\text{Demanda eléctrica del edificio}}{\text{Área funcional}} = \frac{15,649.2 \text{ W}}{2513.99 \text{ m}^2}$	$= 6.22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
Consumo energético de acondicionamiento ambiental (CEAA)	$\frac{\text{Consumo energético del aire acondicionado}}{\text{Área funcional} * \text{Temperatura promedio exterior}} = \frac{62,021.946 \text{ kWh}}{2513.99 \text{ m}^2 * 28^\circ\text{C}}$	$= 0.88 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$
Consumo energético específico ajustado por tasa de utilización (CEEAU)	$\frac{\text{Consumo energético}}{\text{Tasa de utilización} * \text{área funcional}} = \frac{137,087,319 \text{ kWh}}{0.97 * 2513.99 \text{ m}^2}$	$= 56.22 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
Intensidad energética de uso (IEU)	$\frac{\text{Consumo energético}}{\text{Cantidad de personas}} = \frac{137,087,319 \text{ kWh}}{117 \text{ per}}$	$= 1,179.69 \frac{\text{kWh}}{\text{per}}$
Intensidad de costo de la energía eléctrica por persona (ICEEP)	$\frac{\text{Costo de la energía}}{\text{Cantidad de personas}} = \frac{\$24,109.74}{117 \text{ per}}$	$= \$206.07/\text{per}$

en sistemas de generación eléctrica.

### Indicadores de desempeño energético

Estos indicadores son medidas cuantificables que sirven para comparar y así poder establecer medidas para su mejoramiento. En la Tabla 9 se muestra un resumen sobre los indicadores de desempeño energético más representativos para el edificio administrativo de la Facultad para un periodo de un año.

### Criterios de diseño

- Proporcionar al edificio la mayor ventilación e iluminación natural y/o artificial que sea requerida para el buen desempeño de sus actividades.
- Buscar el ahorro energético, a través de estrategias de diseño pasivas e implementación de equipos comprobados en la minimización del consumo de este, o tecnologías alternativas enfocadas hacia dicho fin.
- Utilización de elementos de protección natural y artificial contra factores climáticos que interfieran en el confort térmico interno y externo del edificio.
- Implementar materiales opacos que minimicen el rebote de las ondas radiantes desde el piso de la plaza y los pasillos de la fachada sur, evitando de esta forma el

rebote innecesario de estas ondas hacia el interior del edificio.

- Organizar los espacios minimizando las áreas de recorrido innecesarios.
- Evitar mayores cantidades de desperdicio de materiales en el proceso de remodelación del edificio.

### Propuesta de diseño arquitectónico para la sustentabilidad bioclimática y un sistema de gestión de energía

Se propone el cambio de aires acondicionados por unos mucho más eficientes y con una tecnología disponible en el país, como son los aires acondicionados con tecnología inverter. Ver Tabla 10.

**Tabla 10.**

*Descripción técnica de aires acondicionados inverter.*

Descripción	Capacidad
Mini Split 22 KBTU 220/1 R410, 15 SEER LI024 CI-160P432 LENOX	2 toneladas
Mini Split 39 KBTU 220/1 BIN 1834c2v02 INNOVAIR, 15 SEER	4 toneladas

La tecnología inverter sirve para regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un aparato, es un circuito de conversión de energía. Un sistema de climatización tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura lo hará repitiendo continuamente ciclos de encendido/apagado, mientras que uno inverter llevará más rápidamente la habitación a la temperatura deseada sin necesitar después esos ciclos.

#### Ventajas:

- Pueden llegar a suponer un ahorro energético de hasta el 50 %.
- Alcanzan más rápidamente la temperatura requerida, calentando o enfriando una habitación en la mitad de tiempo que un

sistema convencional.

- Impiden los cambios bruscos, proporcionando una temperatura uniforme, y distribuyendo el aire alrededor de una zona más amplia que otros sistemas, por lo que aumenta la sensación de confort y bienestar.
- La emisión de CO<sub>2</sub> es menor que la de otros aparatos.
- El nivel de ruido es notablemente inferior.
- La vida útil del equipo es mayor, al evitar continuos arranque y paradas del motor.
- Es un producto muy respetuoso con la salud y el medioambiente.



Se propone la instalación de cortasoles modelados en la Figura 6, que son elementos diseñados para ser utilizados en fachadas de edificios para bloquear la incidencia directa de los rayos solares. Los cortasoles regularmente son fabricados con elementos esbeltos de materiales muy ligeros como el aluminio extruido y el Aluzinc, para evitar que sean muy pesados y que trabajen por cargas de viento, sobre todo a gran altura.

Debido a que la radiación está relacionada con

la transferencia de calor, se ha tomado una muestra de una superficie para el análisis de radiación con cortasoles y sin cortasoles, para las que se obtuvieron las gráficas de la Figura 7. Sin cortasoles se observa un pico máximo de radiación de 4,000 W, y con cortasoles se reduce a 3,600 W. Por lo tanto, la energía térmica disminuye y este efecto contribuye concretamente a la reducción de temperatura y beneficia el rendimiento de los aires acondicionados.

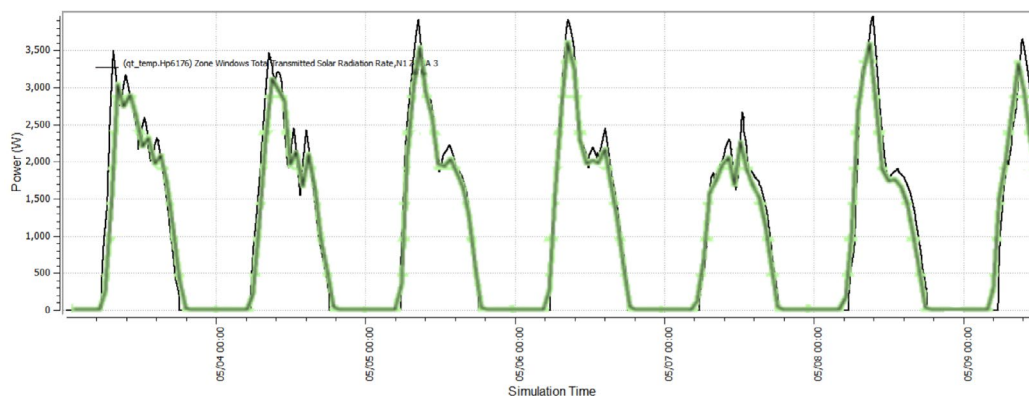
### Figura 6.

Modelado de los cortasoles en el edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.



### Figura 7.

Radiación sin cortasoles [Negro] y con cortasoles [Verde].



Nota. Elaborado a partir de Cáceres Alvarado (2016)

## Vegetación propuesta

La plaza del edificio administrativo cuenta ya con vegetación circundante de diferentes especies y alturas, específicamente al lado

de las fachadas sur y este. Esto ayuda con las estrategias de control solar y a modificar el microclima de la plaza mediante la proyección de sombras. Se propone la planta Pasionaria lila (Ver Figura 8) sobre la fachada este para ayudar a la protección de la radiación sobre los pasillos

de la fachada sur; y la palmera Florida (Ver Figura 9) sobre la fachada norte para reducir el

rebote de energía radiante.

**Figura 8.**

*Pasionaria Lila*



**Figura 9.**

*Palmera de Florida*



### Objetivos y metas del sistema de gestión de energía para el edificio

En base a los dictámenes de la norma NTS ISO 50001 y las observaciones del análisis del edificio, se definen en la Tabla 11 los siguientes objetivos y metas energéticas. (ISO, 2011)

Es fundamental lograr una concientización sobre la necesidad del sistema de gestión de la energía a través de las capacitaciones que se le brinde a todo el personal involucrado. Es importante destacar que se debe crear una cultura de eficiencia y ahorro, la cual tiene como objetivo: Integrar en un todo armónico

**Tabla 11.**

*Objetivos y metas del sistema de gestión de energía para el edificio.*

	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>
1	Sustituir los actuales equipos instalados de aire acondicionado por unos de tecnología más eficiente.	Reducir en al menos 15 %-20 % el consumo de electricidad total destinado a aires acondicionado.	Alta dirección y comité de eficiencia energética de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	5 años
2	Realizar capacitaciones a los empleados del edificio administrativo de la Facultad sobre la gestión de la energía y cultura de ahorro de la energía.	Impartir al menos un curso anual de eficiencia energética a la totalidad de los empleados del edificio.	Alta dirección y comité de eficiencia energética de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	1 año
3	Sustituir las luminarias actuales por unas de tecnología LED.	Reducir en un 10 %-15 % el consumo de energía eléctrica total de las luminarias.	Alta dirección y comité de eficiencia energética de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	1 año

y coherente los factores claves de éxito para la instalación del sistema de gestión de la energía.

Tomando el marco de conocimientos teóricos, que permitan a los involucrados comprender su papel y participar efectivamente en las etapas de sensibilización al cambio.

Para tener éxito, se debe detectar las expectativas y necesidades del personal, trabajando en equipo y midiendo los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES

El diseño del edificio basado en características sustentables y bioclimáticas está enfocado en dos aspectos primordiales: eficiencia energética y confort térmico para los usuarios dentro del edificio, para la realización de ambos aspectos se precisa de la utilización de estrategias de diseño pasivas las cuales consisten básicamente en la buena organización y orientación de los espacios y en la utilización de elementos de protección solar.

Como resultado del trabajo, se observa que la estructura organizativa actual no cumple con los requisitos de la NTS ISO 50001, por lo tanto, hay que realizar una reestructuración para poder aplicar en todos los términos la norma.

La aplicación de medidas que permitan la eficiencia energética en la edificación es beneficioso tanto para la entidad como para el usuario, a través de la concientización de los usuarios y empleados del edificio y la realización de un buen diseño constructivo del edificio que permite una reducción en el gasto de energía eléctrica sin sacrificar el confort necesario para el desempeño de las labores. Al aplicar las recomendaciones de este reporte, se puede llegar a tener un ahorro significativo, de hasta 7585.98 kW/h anualmente.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a las personas que ha hecho posible este breve proyecto de investigación para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por la dedicación y apoyo que han brindado a este trabajo. Además, esta investigación fue realizada con el apoyo de la Universidad de El Salvador, Centroamérica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo Cabrera, J. D., Cubias Moreno, H. J., & Pocasangre Jiménez, C. O. (2020). *Uso de SketchUp*. Universidad de El Salvador.
- Ayala Alas, E. W., & Soriano Morales, S. A. (2010). *Anteproyecto para el rediseño arquitectónico del edificio de la Administración Académica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, bajo el enfoque de la sustentabilidad bioclimática*. Universidad de El Salvador.
- Cáceres Alvarado, C. E. (2016). *Elaboración de los manuales de Implementación de*. Universidad de El Salvador.
- Cartagena Portillo, J. P. (2012). *Eficiencia energética en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- Clima en El Salvador*. (2010). Obtenido de snet.gob.sv: <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>
- ISO. (2011). *ISO 50001 Energy Management Standard. 44(0)*.
- Köppen, W. P. (1900). *Clasificación Climática Mundial*.
- Simanza Yovane, K. (2003).

*Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo.* Universitat Politècnica de Catalunya.

Torres Prada, A. N. (2016). *La Responsabilidad Social Empresarial como Factor de Crecimiento en el Departamento del Caquetá.* Universidad Militar Nueva Granada.