

Sistema de operaciones y mantenimiento LEED AP para la disminución del consumo energético y emisiones de CO₂

AP LEED operations and maintenance system for decrease in energy consumption and CO₂ emissions

Carlos Magno Chavarry Vallejo¹; Carlos Alberto Rodríguez Iglesias²
{cchavarryvallejos@hotmail.com; arqcarin@yahoo.com}

Fecha de recepción: 21 de marzo de 2020 – **Fecha de aceptación:** 28 de abril de 2020

Resumen: El presente artículo titulado sistema de operaciones y mantenimiento LEED AP para la disminución del consumo energético y emisiones de CO₂, tiene como objetivo identificar el patrón de actividades familiares en función del uso de equipos y/o artefactos eléctricos existentes, y proponer la instalación de nuevos equipos y/o artefactos eléctricos de bajo consumo, a fin de establecer las diferencias entre ambos consumos energéticos, en edificaciones multifamiliares. El tipo del estudio está enmarcado en descriptivo, correlacional, explicativo, de nivel descriptivo, con un diseño no experimental, transversal, prospectivo y el estudio cohorte (causa-efecto). La presente investigación propone un modelo que debe ser masificado, en la búsqueda de generar conciencia a la sociedad, estableciéndose como necesidad primordial, que las edificaciones existentes y futuras deben construirse bajo conceptos de sostenibilidad. Tomando en cuenta las emisiones de gases por el consumo eléctrico de equipos y/o artefactos por edificación asciende a 946,923 gr. de CO₂ y posterior a la implementación de nuevos equipos y/o artefactos a 482,266.11 gr. de CO₂, es decir una reducción del 49.07% de CO₂.

Palabras clave – *Sistema de operaciones y mantenimiento, LEED AP, consumo energético, emisiones de CO₂.*

Abstract: This article entitled LEED AP operations and maintenance system for reducing energy consumption and CO₂ emissions, aims to identify the pattern of family activities based on the use of existing equipment and / or electrical appliances, and propose the installation of new equipment and / or low-consumption electrical appliances, in order to establish the differences between both energy consumption, in multi-family buildings. The type of study is framed in descriptive, correlational, explanatory, descriptive level, with a non-experimental, transversal, prospective design and the cohort study (cause-effect). The present investigation proposes a model that must be massified, in the search to generate conscience to the society, establishing like fundamental necessity, that the existing and future constructions must be constructed under concepts of sustainability. Taking into account the gas emissions from the electrical consumption of equipment and/or appliances per building, it amounts to 946,923 gr. of CO₂ and after the implementation of new equipment and/or appliances to 482,266.11 gr. of CO₂, that is a reduction of 49.07% of CO₂.

Keywords – *Operations and maintenance system, LEED AP, energy consumption, CO₂ emissions.*

¹Ingeniero Civil, I. Doctor en Ingeniería Civil.

²Arquitecto y Urbanista, Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna.

INTRODUCCIÓN

El estudio aborda el tema del calentamiento global y como combatirlo, considerando que las edificaciones existentes representan casi la mitad de las emisiones de CO₂ en los Estados Unidos y en el mundo, toda vez que, durante su funcionamiento a través de sus instalaciones eléctricas, equipamientos y otros, se constituyen en los mayores emisores de gases contaminantes. Y que la aplicación de principios de sostenibilidad que se vienen dando en el mundo son mayormente para edificaciones nuevas y no para las edificaciones existentes, que son la mayoría. La propuesta e intención del estudio, es acondicionar y/o equipar un edificio convencional; ya existente y convertirlo en un edificio sostenible, en lo que respecta solo a la parte energética con el fin de disminuir las emisiones de CO₂ valiéndose de la aplicación de los conceptos guía, del Sistema de Operaciones y Mantenimiento LEED AP, optimizando así el consumo energético y contribuyendo de esta manera a atenuar el problema de fondo mediante un modelo a seguir, para el caso de edificaciones existentes. Scofield y Cornell (2019), consideran solo edificios comerciales LEED, hacen dos suposiciones fundamentales: (1) que cada edificio LEED, año tras año, logra el ahorro energético proyectado por su equipo de diseño, y (2) que la mezcla de combustible de los edificios LEED es la misma que la mezcla promedio de otros edificios en la misma región geográfica. Los edificios, en promedio, utilizan significativamente más energía de la proyectada por las simulaciones de diseño. Además, una década de investigación sugiere que los edificios certificados por LEED, en promedio, logran poco o ningún ahorro de energía primaria en comparación con otros edificios similares. Además, la evidencia sugiere que cualquier reducción de la energía del sitio se logra normalmente mediante el aumento del uso eléctrico y la correspondiente pérdida de energía fuera del sitio.

Unos de los grandes desafíos de la humanidad es contrarrestar el cambio climático, situación que surge a finales de la revolución industrial; es por ello que el objetivo en los próximos años por parte de los países del mundo será limitar el probable incremento de la temperatura y reducir los niveles de emisión de gases, y eso, solo será posible si las naciones del mundo se comprometen y llevan a cabo todos los mecanismos necesarios de mitigación. Abubakar y Umar (2019), indican que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de los países en desarrollo constituyeron alrededor del 63% del total mundial, en comparación con sólo el 37% de los países desarrollados. Por lo tanto, los países en desarrollo deben ser parte integral de las medidas mundiales encaminadas a combatir el cambio climático. Se han iniciado recientemente algunas estrategias de planificación urbana sostenible en sus principales centros urbanos como parte de sus esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático. La implementación de las estrategias está en la infancia, con proyectos ecológicos urbana, transporte público y construcción verde gradualmente ganando protagonismo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto (PK), se constituyen en un marco referencial para fomentar la cooperación internacional en el cumplimiento de este propósito. En tanto, el Protocolo de Kioto ha sido considerado teóricamente como el método económicamente más eficiente para reducir los gases contaminantes. De investigaciones realizadas, se ha podido evidenciar la existencia de información secundaria de gran relevancia, procedente de enfoques de nivel mundial y países de diferentes regiones del mundo, en la que se ha identificado la existencia de dos tendencias opuestas y claramente establecidas en relación a la eficiencia del protocolo de Kioto y el cumplimiento de sus objetivos; la primera de ellas, enfoca al Protocolo como un caso de éxito, en el proceso de reducción de emisiones de carbono y la segunda enfatiza que el protocolo ha sido un fracaso, en el que se ha beneficiado económicamente a las naciones

e industrias más contaminantes; mientras tanto, los países en vías de desarrollo están menos preparados para enfrentar sus consecuencias; el mundo ya coincide en la importancia de haber iniciado acciones que se deberán incrementar y perfeccionar para combatir el fenómeno mundial del calentamiento global.

Por ello, todo intento que busque reducir los gases contaminantes y el efecto invernadero en nuestra atmósfera será bienvenido, ya que urge a toda la humanidad contrarrestar el deterioro de nuestro medio ambiente y buscar preservar nuestro hábitat. Desde el término de la revolución industrial (1760-1840), es decir mediados del siglo XIX, el mundo ha venido experimentando cambios en su temperatura, como consecuencia del desarrollo de la revolución industrial, y otras actividades del hombre, toda vez que es a partir de ella, que se genera la emisión masiva de gases contaminantes en nuestra atmósfera, principalmente el dióxido de carbono CO₂. Estos gases a su vez; en nuestra atmósfera actúan como bloqueo para la disipación de calor terrestre al espacio, generando el famoso efecto invernadero. El mismo que trae como consecuencia el aumento de la temperatura global como se ha expresado anteriormente, genera cambios importantes en todos los continentes, países y regiones del mundo impactando prácticamente en todos los sistemas y los ciclos naturales de la tierra; de ello se generan grandes problemas tales como: el derretimiento de los glaciales, el cambio de los patrones climáticos, la generación de sequías, la transmisión de enfermedades, el aumento de la temperatura de los océanos y su aire circundante, los efectos del calor en la vegetación, la generación de incendios forestales producidos por el dióxido de carbono y el aire, la desaparición de los arrecifes de coral en los océanos por su calentamiento, los riesgos generados a la salud del ser humano, la afectación de la cadena alimenticia, la disminución del agua dulce como consecuencia de la desaparición de los arrecifes de coral y los ecosistemas.

Mehaffy (2018), indica que los planificadores urbanos pueden desarrollar estrategias para alterar comportamientos de consumo a escala urbana que puedan reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) per cápita. Primero, planteamos que es posible, a través de cambios factibles en la estructura vecinal, alterar la “arquitectura de elección” de los vecindarios con el fin de lograr reducciones significativas de GEI. Estudios recientes realizados por la *US Energy Administration*, precisan que las edificaciones representan casi la mitad de las emisiones de CO₂ en los Estados Unidos y el mundo determinando que son los edificios y los departamentos que los componen; sean los mayores contribuyentes al calentamiento global fuera de las actividades industriales y otras actividades ejecutadas por el hombre. Ante ello, muchas entidades del mundo han querido hacer frente al problema, como el caso del mayor movimiento mundial denominado “La Hora del Planeta” promovido por *WWF World Wide fund for Nature* (Fondo Mundial para la Naturaleza) y la empresa publicitaria Leo Burnett que, desde el 31 de marzo del año 2007, promueven que el último sábado de cada año, se realice un apagón eléctrico voluntario, por una hora, con el fin de la búsqueda de la disminución de CO₂ y enfriamiento del planeta. Cabe precisar que esta corriente que se celebró por primera vez en Australia, y se ha ido expandiendo a otros continentes como América Sur y países como el Brasil, Chile Colombia y Perú, los que participan año a año en esta iniciativa.

Adicionalmente al movimiento que promueve “La Hora del Planeta”, la misma que es considerada como una iniciativa válida, existen otras entidades que pretenden atacar el problema de fondo, entendiéndose que son las edificaciones los mayores contribuyentes al calentamiento global; como es *US Green Building Council*, entidad norteamericana, que promueve la construcción de edificaciones sostenibles, mediante un método de aplicación y evaluación, para que futuras construcciones y edificaciones existentes, sean más amables con el medio ambiente, otorgándoles finalmente una

certificación denominada LEED. La Certificación LEED que se instauró en el año 1993, de lo cual su promoción ha tenido y viene teniendo gran importancia, señala para el año 2019, se han otorgado en los Estados Unidos dicha certificación a 59,702 edificaciones, seguido por China, con 1,403 edificaciones, Canadá con 821 edificaciones entre otras.

METODOLOGÍA

Un marco de diseño altamente eficiente con una propuesta de mejora analizando el comportamiento energético, calculando la carga energética de un edificio, el diseño de un sistema de aire acondicionado que incluya selección de equipos, distribución y tuberías, la predicción del consumo energético del sistema teniendo en cuenta las propiedades térmicas del edificio y las condiciones climáticas anuales, es el enfoque propuesto por Choi, Ch., Lim, Shin, Li y Kim (2018), y radica en el hecho de que la disposición del sistema está habilitada dentro de un entorno BIM. Los edificios emiten alrededor del 40% de las emisiones de CO₂, porque no se utilizan nuevos materiales, nuevas técnicas, nuevas formas de hacer las cosas (USG 2018, Mar 08). En el estudio efectuado por Chavarry y Rojo (2019), analizaron los procesos que interactúan en la “gestión de costos” para inducir a la reducción de los costos, utilizaron para su investigación el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo, instrumento de recolección de datos proyectiva, de tipo descriptiva, correlacional y explicativa, nivel descriptivo, diseño no experimental, prospectiva y estudio de cohorte (causa-efecto).

El estudio acoge la tipología empleada por Chavarry y Rojo (2019), dado que emplea un método deductivo, porque reconoce e identifica las variables de estudio, plantea las hipótesis para cada uno de sus objetivos, operacionaliza las variables y propone una solución al problema de la investigación, es aplicada, ya que propone un sistema de operaciones y mantenimiento LEED AP para la disminución del consumo energético y emisiones de CO₂, tiene un enfoque cuantitativo, toda vez que los resultados del estudio se van a presentar indicadores, porcentajes y costos del consumo energético y emisiones de CO₂, el instrumento de recolección de datos es proyectivo, porque el investigador diseñó formatos y/o fichas, para organizar, recopilar, resumir o anotar la información y/o datos utilizados en el estudio.

Finalmente, la investigación es de tipo descriptivo, correlacional y explicativo toda vez que estudia la relación o grado de asociación existente entre la variable independiente y las variables dependientes, estableciéndose que a mayor cantidad de aplicación de conceptos de sostenibilidad mayor es la aplicación del uso de dispositivos ahorradores tipo LEED, y equipos y/o artefactos eléctricos con menor potencia u otros, para disminuir el consumo energético y las emisiones de CO₂. El diseño es no experimental, transversal y prospectivo, ya que se generó un Sistema de Operaciones y Mantenimiento (SOM) con la finalidad de disminuir del consumo energético y emisiones de dióxido de Carbono (CO₂). El estudio del diseño es de cohorte (causa-efecto), porque estudia, evalúa e implementa la variable independiente (SOM), con la finalidad de dar respuesta al problema de la investigación.

Población y muestra

Para la determinación de la muestra se han considerado los siguientes criterios:

a. Criterios de inclusión

- Edificaciones construidas en Miraflores
- Edificaciones construidas, acondicionadas y/o, equipadas bajo el Sistema LEED.
- Fecha de construcción desde el año 2015 a la fecha.
- Edificaciones de viviendas multifamiliares.

b. Criterio de exclusión:

- Todos los edificios que tengan uso empresarial, oficinas y/o comerciales.
- Edificaciones que no estén bajo conceptos de sostenibilidad.

La muestra considerada bajo los criterios de inclusión y exclusión es de tipo no probabilística, toda vez que esta se aplicará el sistema propuesto a una edificación, para dar respuesta a los objetivos de la investigación. Existen 10 edificaciones que se han ejecutado en el distrito de Miraflores bajo el sistema LEED, en el presente estudio se tomó como muestra una edificación de 7 pisos que cumplen con los criterios anteriormente expuestos.

Variables

• **Variable independiente:**

Sistema de Operaciones y Mantenimiento LEED AP: cumplimiento de pre requisitos, requisitos y créditos identificando la potencia de los artefactos y/o equipos existentes a fin de definir el consumo de la edificación dentro del patrón de actividades diarias.

• **Variables dependientes:**

Disminución del consumo energético: proponer y poner en funcionamiento equipos y/o artefactos de menor potencia que los existentes a fin de definir el menor consumo de la edificación dentro del patrón de actividades diarias. Disminución de emisiones de CO₂: establecer el equivalente de la reducción de consumos eléctricos en emisiones de CO₂.

Instrumentos

La recolección de datos se dio a través de instrumentos de medición mecánicos (medidores calibrados e instalados por la empresa de distribución y abastecimiento de electricidad) los mismos que inicialmente registraron el consumo energético de forma mensual por departamento que constituyen la edificación multifamiliar materia de estudio produciéndose los reportes de medición de consumo energético para realizar los reportes energéticos sostenibles, simulados o proyectados como consecuencia de la propuesta de equipamiento de la edificación. El procedimiento que se adoptó fue la comparación de 2 opciones a confrontar, **(a) grupo de control**, la edificación en su situación actual y sin la aplicación de conceptos de sostenibilidad y la otra opción **(b) grupo experimental**, la edificación acondicionada bajo conceptos de sostenibilidad mediante el sistema de operaciones y mantenimiento LEED AP.

RESULTADOS

La aplicación del crédito de EA 2 (desempeño mínimo de la eficiencia energética-USGBC, 2009): tiene como objetivo reducir los daños ambientales y económicos producidos por el consumo excesivo de energía estableciendo un nivel mínimo de eficiencia energética, por lo que propone tener en consideración la herramienta gestor Energy Star de EP, la misma que precisa una mejora general del 25% en cuanto al ahorro de energía. Por lo que se propone mejorar el desempeño de energía por medio de la modificación y/o de actualización del sistema o instalaciones de equipos dentro de un plan de mejoras del mantenimiento que se deberá evaluar y realizar un listado de los equipos existentes, verificar marcas y constatar si es que cuentan o no con la certificación *Energy Star* de EPA u otra tecnología que permita realizar un ahorro en energía. Bozorgi (2015), menciona que la incapacidad de los instrumentos y técnicas actuales para realizar una evaluación financiera exhaustiva de las adaptaciones energéticas ha llevado a los encargados de adoptar decisiones a centrarse en simples análisis del costo de la energía como base principal para tomar decisiones de inversión o concesión de préstamos. Sugiere un proceso sistemático de evaluación basada en el valor para analizar todos los costos y beneficios asociados con las opciones de adaptación energética en el contexto del valor, al tiempo que se articula claramente el riesgo y la incertidumbre.

La aplicación pre requisitos EA 2.1 comisionamiento/verificación de las instalaciones existentes. Este crédito tiene como finalidad mejorar la operación y eficiencia energética por lo que se propone realizar una auditoría interna que cumpla los requisitos ASHRAE Nivel 2, por lo que se propone, realizar el análisis de las instalaciones actuales con el funcionamiento de los equipos existentes y verificar y/o evaluar sus consumos, de cada uno de ellos identificando el patrón de actividades que se desarrolla la familia durante la semana y/o mes evaluando así mismo la eficiencia energética actual. Adicionalmente se enumera los problemas operativos si se encuentran, que afecten al confort de los ocupantes o al uso de la energía (USGBC, 2009). Para este caso, se realizó una visita al departamento y se convivió con las personas durante una semana identificando y estableciendo el siguiente patrón de actividades (tabla 1, 2 y 3) y para el área de servicios generales de la edificación (tabla 4, 5 y 6). Cabe señalar que el máximo de ocupantes en dicho departamento; estuvo conformado por 3 adultos y un niño.

Tabla 1. Patrón de actividades del departamento los días lunes a viernes

De lunes a viernes				Se enciende
5.30	am.	6.30	am.	Terma por espacio de una hora.
5.30	am.	6.30	am.	Focos de dormitorio, <i>walking closet</i> y baños.
6.00	am.	6.05	am.	Sandwichera por espacio de 5 minutos.
6.05	am.	6.10	am.	Cafetera por espacio de 5 minutos.
6.00	am.	6.05	am.	Licuada por espacio de 5 minutos
6.00	am.	6.05	am.	Exprimidor por espacio de 5 minutos
6.00	am.	8.00	am.	Radio/equipo de sonido por espacio de 2 horas.
10.00	am.	10.3	am.	Olla arrocera por espacio de 30 minutos.
10.00	am.	11.00	am.	Horno eléctrico por espacio de 1 hora.
10.00	pm.	12.30	pm.	Cocina eléctrica por espacio de 2.30 horas.
10.00	pm.	1.00	pm.	Televisión de 50" por espacio de 3 horas.
1.00	pm.	3.00	pm.	Televisión de 20" dormitorio del niño por espacio 2 horas.

De lunes a viernes				Se enciende
3.00	pm.	3.05	pm.	Horno microondas por espacio de 5 minutos.
3.00	pm.	5.00	pm.	Computadora por espacio de 2 horas.
6.00	pm.	11.00	pm.	Luces de cocina, dormitorio (princ. y secund.), espacio de 5 horas.
6.00	pm.	8.00	pm.	Computadora por espacio de 2 horas.
7.00	pm.	8.00	pm.	Terma por espacio de una hora.
8.00	pm.	8.05	pm.	Horno microondas por espacio de 5 minutos.
6.00	pm.	7.00	pm.	Televisor de 20" dormitorio secundario por espacio de 1 hora.
8.00	pm.	11.00	pm.	Televisor de 50" dormitorio principal por espacio de 3 horas.
12.00	pm.	12.00	pm.	Refrigeradora por espacio de 24 horas.

Elaborado por: los autores

Tabla 2. Patrón de actividades del departamento el día sábado

Sábado				Se enciende
8.00	am.	9.00	am.	Terma por espacio de una hora.
8.30	am.	8.35	am.	Sandwichera por espacio de 5 minutos.
8.30	am.	8.35	am.	Cafetera por espacio de 5 minutos.
8.35	am.	8.40	am.	Licuada por espacio de 5 minutos.
9.00	am.	11.00	am.	Radio/equipo de sonido por espacio de 2 horas.
11.30	am.	12.00	am.	Olla Arrocera por espacio de 30 minutos.
11.00	am.	12.00	am.	Horno Eléctrico por espacio de 1 hora.
11.00	am.	12.30	pm.	Cocina eléctrica por espacio de 1.30 horas.
12.00	am.	1.00	pm.	Aspiradora por espacio de 1 hora.
11.00	pm.	1.00	pm.	Televisión de 20" dormitorio del niño por espacio de 2 horas.
1.00	pm.	1.05	pm.	Horno microondas por espacio de 5 minutos.
2.00	am.	6.00	pm.	Lavadora de Ropa por espacio de 4 horas.
7.00	pm.	12.00	pm.	Luces de cocina, dormitorio (princ. y secund.), por espacio de 5 horas
7.00	pm.	7.30	pm.	Luces de baños, por espacio de 1 /2 horas.
6.00	pm.	8.00	pm.	Computadora por espacio de 2 horas.
7.00	am.	8.00	am.	Terma por espacio de una hora.
7.00	pm.	7.05	pm.	Secadora de cabello por espacio 5 minutos.
6.00	pm.	8.00	pm.	Televisor 20"de dormitorio secundario por espacio de 2 horas.
11.00	pm.	12.00	am.	Televisor de 50"dormitorio principal por espacio de 1 hora.
12.00	pm.	12.00	pm.	Refrigeradora por espacio de 24 horas.

Elaborado por: los autores

Tabla 3. Patrón de actividades del departamento el día domingo

Domingo				Se utiliza/se enciende
8.00	am.	9.00	am.	Terma por espacio de una hora.
8.30	am.	8.35	am.	Sandwichera por espacio de 5 minutos.
8.35	am.	8.40	am.	Cafetera por espacio de 5 minutos.
8.30	am.	8.35	am.	Licuada por espacio de 5 minutos.
11.30	am.	12.00	am.	Olla arrocera por espacio de 30 minutos.
11.00	pm.	1.00	pm.	Cocina eléctrica por espacio de 2 horas.
11.00	pm.	1.00	pm.	Televisión de 20 " dormitorio del niño por espacio de 2 horas.
1.00	pm.	1.05	pm.	Se enciende horno microondas por espacio de 5 minutos.
2.00	pm.	6.00	pm.	Se enciende plancha por espacio de 4 horas.
6.00	pm.	11.00	pm.	Luces de cocina, dormitorio (princ. y secund.), por espacio de 5 horas.
6.00	pm.	8.00	pm.	Computadora por espacio de 2 horas.
7.00	pm.	8.00	pm.	Terma x espacio de una hora.
6.00	pm.	8.00	pm.	Televisor de 20" dormitorio secundario por espacio de 2 horas.
6.00	pm.	11.00	pm.	Televisor 50" de dormitorio principal por espacio de 5 horas.
12.00	pm.	12.00	pm.	Refrigeradora por espacio de 24 horas.

Elaborado por: los autores

Tabla 4. Patrón de actividades los días lunes a viernes del área de servicios generales

De lunes a viernes				Se utiliza/se enciende
6.00	am.	8.00	am.	Ascensor de personas 7 veces (bajada).
6.00	am.	8.00	am.	Ascensor de vehículos 7 veces (bajada).
9.00	am.	10.30	am.	Ascensor de personas 4 veces (bajada).
9.00	am.	10.30	am.	Ascensor de vehículos 8 veces (bajada).
4.00	am.	8.00	pm.	Ascensor de personas 11 veces (subida)
4.00	am.	8.00	pm.	Ascensor de personas 11 veces (subida).
6.00	am.	1.00	pm.	Focos de los estacionamientos de los 3 niveles.
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos del hall de recepción.
7.00	pm.	11.00	pm.	Ascensor de personas 15 veces (subida).
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos de los exteriores y jardín.
7.00	pm.	6.30	am.	Focos de <i>counter</i> .
7.00	pm.	6.30	am.	Focos de la escalera de emergencia.
Horas varias				Ascensor de minusválidos 8 veces.
Horas varias				Ascensor de personas 27 veces (subida y bajada).
8.00	pm.	10.00	pm.	Bomba de agua (espacio 1 hora).

Elaborado por: los autores

Tabla 5. Patrón de actividades del día sábado en el área de servicios generales

Sábado				Se utiliza/se enciende
6.00	am.	4.00	am.	Ascensor de personas 14 veces (subida).
6.00	am.	4.00	am.	Ascensor de personas 14 veces (bajada).
4.00	pm.	5.00	pm.	Ascensor de personas 7 veces (subida).
4.00	pm.	5.00	pm.	Ascensor de personas 7 veces (bajada).
4.00	pm.	5.00	pm.	Ascensor de vehículos 15 veces (subida).
4.00	pm.	5.00	pm.	Ascensor de vehículos 15 veces (bajada).

6.00	am.	6.00	pm.	Focos de los estacionamientos de los 3 niveles.
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos del hall de recepción.
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos de los exteriores y jardín.
7.00	pm.	6.30	am.	Focos de <i>counter</i> .
7.00	pm.	6.30	am.	Focos de la escalera de emergencia
horas varias				Ascensor de minusválidos 6 veces.
horas varias				Ascensor de personas 33 veces (subida y bajada).
8.00	pm.	10.00	pm.	Bomba de agua (espacio 1 hora)

Elaborado por: los autores

Tabla 6. Patrón de actividades del día domingo en el área de servicios generales

Domingo				Se utiliza/se enciende
6.00	am.	4.00	am.	Ascensor de personas 10 veces (subida).
6.00	am.	4.00	am.	Ascensor de personas 10 veces (bajada).
4.00	am.	5.00	pm.	Ascensor de personas 7 veces (subida).
4.00	am.	5.00	pm.	Ascensor de personas 7 veces (bajada).
4.00	am.	5.00	pm.	Ascensor de vehículos 4 veces (subida).
4.00	am.	5.00	pm.	Ascensor de vehículos 4 veces (bajada).
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos del hall de recepción.
7.00	pm.	11.00	pm.	Focos de los exteriores y jardín.
7.00	am.	6.30	am.	Focos de <i>counter</i> .
7.00	am.	6.30	am.	Focos de la escalera de emergencia.
Horas varias				Ascensor de minusválidos 8 veces.
8.00	pm.	10.00	pm.	Bomba de agua (espacio 1 hora).

Elaborado por: los autores

A partir de la aplicación de los pre requisitos EA-1, EA-2 y crédito EA.2.1 se propone, determinar los costos generados a partir de los consumos realizados en la etapa del análisis, así como establecer la cantidad de emisiones de CO₂ (USGBC, 2009). Se establece que para **(a) grupo de control**, que, en concordancia a lo expuesto en la guía práctica, para el cálculo de las emisiones de CO₂ de la Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC), se toma la referencia número 2, la cual corresponde a las emisiones generadas o derivadas del consumo de electricidad y del calor (focos, cocinas, hornos, calentadores equipos electrodomésticos etc.). Estableciendo que el factor atribuible al suministro eléctrico denominado el *mix* eléctrico tiene un valor de: K=300g de CO₂/mensual, determinando que el total de emisiones de CO₂ en el edificio multifamiliar opción (a) grupo de control es de 946,923 g de CO₂/mensual.

La propuesta opción **(b) grupo experimental**, la aplicación del crédito EA2.2 (verificación de las instalaciones existentes implementación), este crédito tiene como objetivo implementar propuestas de ahorro de energía a bajo costo operativo o sin ningún costo por lo que se propone aplicar en lo posible un listado de posibles soluciones, dentro del mismo patrón de actividades que desarrolla la familia durante la semana y/o mes (USGBC, 2009). En esta etapa del estudio corresponde implementar la edificación, en la búsqueda de disminuir el consumo energético. Cabe señalar que esta deberá ser de manera práctica, sin intervención física de las instalaciones ya existentes de la edificación según por lo

solicitado por la propietaria. Esto limita un poco la propuesta en cuanto a no considerar , sensores de presencia que se quería implementar a efectos de reducir minutos u horas muertas de los elementos de iluminación encendidos; o la instalación de termostatos programables en las termas eléctricas de los baños u otros, ya que esto requeriría modificar las instalaciones existentes, por lo que se propondrá mínimamente realizar, la implementación de nuevos equipos y/o artefactos eléctricos y eliminar algunos, que deben ser reemplazados por equipos y/o artefactos que para su funcionamiento utilicen gas, tales como la terma eléctrica horno eléctrico, cocina eléctrica. La implementación de equipos de iluminación LED, para la mejorar la iluminación en todos los ambientes del departamento y reducir el consumo energético. Reemplazar los equipos y/o artefactos electrodomésticos que cuenten con la certificación *Energy Star de epa* u otra tecnología que permita realizar un ahorro en energía. La identificación y realización de los cálculos respectivos en concordancia al patrón de actividades que desarrolla la familia durante la semana y/o mes ambiente por ambiente.

Se propone acondicionar el departamento con los siguientes equipos y/o artefactos, cambiándolos por los ya existentes, a fin que brinden el mismo servicio, con una menor potencia para su funcionamiento. Esto permitirá que los cálculos a realizar se genere una disminución en el consumo energético, ya que de esta manera disminuiría las emisiones de CO₂. Estos fueron los equipos y/o artefactos propuestos: En la tabla 7 se muestra el listado de equipos y/o artefactos existentes en el departamento en estudio, que no contemplaban ninguna certificación *Energy Star* de EPA u otra tecnología que permita realizar un ahorro en energía, a través de sus usos.

Tabla 7. Equipos/artefacto existentes y propuestos para la edificación

Equipos y/o artefactos (existentes)		Equipos y/o artefactos (propuestos)	
Equipos y/o artefactos	Potencia	Equipos y/o artefactos	Potencia
Televisor	600 y 400 watts	Televisor QLED plano	120 watts
Aspiradora	2500 watts	Aspiradora	1800 watts
Horno microondas	1800 watts	Horno microondas	1350 watts
Lavadora	330 watts	Lavadora	200 watts
Licuada	600 watts	Licuada	300 watts
Equipo de sonido	1200 watts	Equipo de sonido	80 watts
Aire acondicionado		Aire acondicionado	1050 watts
Refrigeradora	250 watts	Refrigeradora	100 watts
Plancha eléctrica	1500 watts	Plancha a vapor	1000 watts
Cafetera	900 watts	Cafetera	800 watts
Sandwichera	750 watts	Sandwichera	700 watts
Exprimidor de cítricos	100 watts	Exprimidor de cítricos	40 watts
Hervidor eléctrico		Hervidor eléctrico	1850 watts
Olla arrocera	650 watts	Olla arrocera	500 watts
Secadora de cabello	2500 watts	Secadora de cabello	1600 watts
Terma eléctrica	1500 watts	Terma a gas	Glp
Cocina eléctrica	15300 watts	Cocina a gas	Glp
Focos incandescentes	100 watts	Luz led de 35 watts	3.5 watts
Computadora	350 watts	Computadora	200 watts
Horno eléctrico	2700 watts		

Elaborado por: los autores

En el caso de los servicios generales solo se propuso cambiar todos los equipos de iluminación en el edificio reemplazando los focos incandescentes por focos led (ahorradores), manteniéndose los equipos existentes tanto como es el caso de los elevadores de personas y de minusválidos, equipo elevador de automóviles y los equipos de bombas de agua (tabla 8).

Tabla 8. Listado de equipos y/o artefactos existentes en el área de servicios generales

Equipo y/o artefacto	Potencia
Equipo de 2 Electrobombas CPM 670, caudal 9.6 m ³ /h.	3HP/1492 watts
Ascensor de Vehículos, carga útil 3,500 kg, velocidad 4m/seg.	9 CV
Ascensor de Personas 10 paradas, capacidad 6 personas. velocidad 0.7 m/seg.	3.1 kw o 4.2 CV
Ascensor de discapacitados, capacidad 2 persona = 100 Kg.	1 kw
Fluorescentes de 100 Watts ubicados en los 20 puntos de estacionamientos y 48 focos incandescentes en hall de recepción, exteriores, jardín, <i>counter</i> y escaleras de emergencia.	100 watts

Elaborado por: los autores

La aplicación del crédito EA2.3 comisionamiento (verificación) de las instalaciones existentes/verificación de las mejoras: este crédito tiene como objetivo verificar las mejoras a partir de la etapa de propuesta de implementación, por lo que se propone: la determinación de los nuevos consumos y costos actuales a partir de la propuesta de implementación y la determinación de emisiones de CO₂ a partir de la propuesta de implementación (USGBC, 2009). A partir de la aplicación en el **(b): grupo experimental** de los créditos EA.2.2 y EA.2.3 se ha acondicionado y/o equipado del departamento de estudio, así como los servicios generales del edificio, con los equipos y/o artefactos propuestos y siguiendo el patrón de actividades; el mismo que fue recurrente día a día durante un mes, se pudieron realizar los cálculos correspondientes referente a los nuevos consumos eléctricos de la edificación, bajo los conceptos de sostenibilidad.

Que en concordancia a lo expuesto en la guía práctica, para el cálculo de las emisiones de CO₂ de la OCCC, se tomará la referencia la número 2, la cual comprende a las emisiones generadas o derivadas del consumo de electricidad y del calor (focos, cocinas, hornos, calentadores equipos electrodomésticos etc.). Estableciendo que el factor atribuible al suministro eléctrico denominado el *mix* eléctrico tendrá un valor de: K=300g de CO₂/mensual, Determinando que el total de Emisiones de CO₂ en el edificio multifamiliar o la opción **(b) grupo experimental** es de 482,266.11 gr de CO₂/mensual. fórmulas y consideraciones para el cálculo:

$$Potencia (W) \times Tiempo (Horas) / 1000 = Consumo (KW/H),$$

$$1 HP = 746watts$$

$$1 KVA = 0.8 KW (corriente alterna)$$

$$1 CV = 0.75 KW$$

La investigación determinó los siguientes resultados:

La facturación del consumo energético e índice del costo de energía según lo reportado por los recibos emitidos por la empresa de distribución de electricidad el consumo en el mes octubre fue de 297.60 Kw/h, mes noviembre de 313.25 kw/h y mes diciembre de 300.10 Kw/h. En referencia a los consumos de los servicios generales del edificio, estos incluyen el gasto generado por el ascensor de vehículos, el

ascensor de personas además del de discapacitados, el servicio que brinda los equipos del cuarto de bombas y los servicios de iluminación y tomacorrientes de los 3 sótanos y el *hall* de ingreso y el salón. De acuerdo a la verificación de los recibos emitidos por la empresa de distribución y abastecimiento de electricidad el consumo realizado en el mes de octubre 1022.66 kw/h, noviembre 1055.98 kw/h y diciembre de 1055.71 kw/h.

Tabla 9. Consumo energético y emisión de CO₂, por departamento, edificación y servicios generales según grupo de control y/o experimental

Descripción	Opción (a): Grupo de control (antes) (kw/h)	Opción (b): Grupo experimental (después) (kw/h)
Consumo energético del departamento típico	300.10	174.3086
Consumo energético de los siete departamentos	2,100.70	1,220.1602
Consumo energético de los servicios generales	1,055.71	387.39348
Consumo energético del edificio	3,156.41	1,607.5537
Emisión de CO ₂	946,923.00	482,266.11
Reducción total de la emisión de CO ₂		49.07%

Elaborado por: los autores

DISCUSIÓN

En función de los equipos y/o artefactos existentes, se verificó el alto índice de consumo de energía en el departamento en estudio, que fue 300.10 Kw/h mensual y para los servicios generales del orden de 1055.71 Kw/h. y con la implementación y/o acondicionamientos de equipos y artefactos nuevos bajo el sistema LEED, el consumo energético por departamento fue 174.3086 Kw/h y los servicios generales 387.39348 Kw/ , lo que significa una reducción del 49.07 % de consumo energético y de emisiones de CO₂, para Allen, MacNaughton, Satish, Santanam, Vallarino y Spengler (2016), la instalación de nuevos equipos y/o artefactos, genera la renovación y utilización de nuevas tecnologías en ahorro de energía, a fin de ser más amable con nuestro medio ambiente. Además de contribuir a la disminución del consumo energético y la disminución de emisiones de CO₂. Chen, Li, Jin, Liang y Cheng (2017), mostraron que los edificios residenciales antiguos, edificios de varias plantas y edificios de apartamentos de gran tamaño consumen más energía. Las unidades internas, la altura del edificio, el área de construcción per cápita, el número de ocupantes y la duración del uso de energía tuvieron un impacto significativo en el consumo de energía residencial. Im, Liu y Henderson (2018), mencionan que el análisis de rendimiento de las temperaturas del agua reciclada fue favorable para el funcionamiento efectivo de las bombas de calor, redujo las emisiones de CO₂ en un 41% y ahorró un 34% en costos energéticos en comparación con el sistema de referencia.

CONCLUSIONES

El máximo consumo de la edificación sin aplicación de conceptos de sostenibilidad denominada **opción a/grupo de control** fue de 3,156.41 Kw/atribuyéndosele una emisión de gases contaminantes CO₂ de orden 946,923 gr de CO₂/mensual. Que el máxima consumo de la edificación con la aplicación de conceptos de sostenibilidad denominada **opción b/grupo experimental** es mucho menor y es de 1,607.5537 KW mensual atribuyéndosele una emisión de gases contaminantes CO₂ de orden de 482,266.11 gr de CO₂/mensual. Que la aplicación de los conceptos de sostenibilidad a través de la aplicación del Sistema de Operaciones LEED AP genero una disminución de consumo energético y disminución de emisiones de CO₂ en el orden del 49.07%, casi la mitad de lo que normalmente se emite y se consume. Así mismo redujo un gasto mensual en el mismo orden (49.07%), pagando por todo el consumo de toda la edificación de 2,824.86 soles a 1,332.01 soles.

Limitaciones

Dentro de las limitaciones podremos precisar que habiéndose recientemente promovido la certificación *LEED* en el Perú desde el año 2010, este se constituye en un tema novedoso en nuestro medio, por lo que se no cuenta con muchos estudios o tesis de apoyo referentes al tema energético. Sin embargo, podemos precisar que dentro de los aspectos relacionados a temas concernientes al cambio climático si se cuenta con bibliografía dentro de los antecedentes y marco referencial, toda vez que ya desde hace muchos años atrás tenemos identificado los problemas que se generan. Otra Limitación se da sobre el factor de emisión de CO₂ atribuible al suministro eléctrico (*mix* eléctrico), este factor data del año 2012, última referencia emitida por la OCCC, no habiendo sido actualizado, ni renovado dicho dato.

RECOMENDACIONES

Aplicar y promover Sistemas de Operaciones y Mantenimiento LEED AP, para edificaciones existentes. El presente estudio abarcó los conceptos de **atmósfera y energía** y que de alguna forma existen mayores campos de acción, que podrían aplicarse dentro del mismo marco, y que se encuentran comprendidos dentro de la Certificación LEED tales lo referente a sitios sostenibles, eficiencia en el uso de agua, materiales y otros recursos. Promover e implementar la Calidad Ambiental Interior e Innovación en los diseños de las edificaciones con fin de atenuar el calentamiento global. Difundir en forma masiva criterios prácticos, para combatir desde nuestros hogares el calentamiento global, que el planeta está experimentando como consecuencia de la falta de prevención en la emisión de gases tóxicos e imponer la adopción de medidas necesarias para mejorar el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abubakar, I. R., & Umar, L. D. (2019). *Sustainable urban planning strategies for mitigating climate change in Saudi Arabia*. *Environment, Development and Sustainability*, 1-24.
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). *Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments*. *Environmental Health Perspectives (Online)*, 124(6), 805.
- Bozorgi, A. (2015). *Integrating value and uncertainty in the energy retrofit analysis in real estate investment-next generation of energy efficiency assessment tools*. *Energy Efficiency*, 8(5), 1015-1034.
- Chavarry Vallejos, C., & Rojo Gutiérrez, M. (2019). *Correspondencia de procesos para optimizar costos en edificios multifamiliares en Perú*. *Pro Sciences*, 3(29), 50-64.
- Chen, X., Li, Y., Jin, X., Liang, Y., & Cheng, H. (2017). *A real-time energy consumption simulation and comparison of buildings in different construction years in the olympic central area in beijing*. *Sustainability*, 9(12), 2245.
- Choi, M., Cho, S., Lim, J., Shin, H., Li, Z., & Kim, J. J. (2018). *Design framework for variable refrigerant flow systems with enhancement of interoperability between BIM and energy simulation*. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 32(12), 6009-6019.
- Im, P., Liu, X., & Henderson, H. (2018). *Operational performance characterization of a heat pump system utilizing recycled water as heat sink and heat source in a cool and dry climate*. *Energies*, 11(1), 211.
- Mehaffy, M. W. (2018). *Neighborhood “Choice architecture: A new strategy for lower-emissions urban planning? Urban Planning*, 3(2), 113-127.
- OCCC- Oficina Catalana del Cambio Climático (2013). *“Guía práctica para el cálculo de Emisiones de Gases efecto invernadero”*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España.
- Scofield, J. H., & Cornell, J. (2019). *A critical look at “Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement”*. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 29(4), 584-593.
- USG corp investor day - final. (2018, Mar 08). *Fair Disclosure Wire Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/2019653200?accountid=43847>*.
- USGBC, (2009). *Sistema de Operaciones y Mantenimiento LEED AP*. Consejo Americano de la Construcción Verde.