

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

Estudio comparado del desempeño ambiental, mediante la Certificación

LEED, de un edificio.

Estudio del caso del Complejo Centenario de la Pontificia Universidad

Católica del Perú.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Lucero Gabriela Varona Chavez

ASESOR:

Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, Noviembre, 2021

RESUMEN

Los problemas de sostenibilidad en todo el mundo son impulsados en gran parte por formas de desarrollo económico que promueven el consumo excesivo dentro de las sociedades acomodadas (Wheeler, 2013). Esto se debe a que para lograr dicho objetivo del crecimiento económico se debe impulsar el desarrollo de otros sectores como el caso del sector de construcción. Sin embargo, este sector contribuye notablemente en la emisión de contaminantes para el ambiente, tanto en el proceso de diseño, construcción y funcionamiento.

A causa de lo mencionado anteriormente, han surgido a lo largo de los años certificaciones ambientales, cuya finalidad es asegurar que estas edificaciones a construir generen un menor impacto ambiental, debido a que toda edificación a construir implica un cambio en el ambiente y consecuencias en este que son negativas, lo que se busca es mitigar dichas consecuencias.

El objetivo general del proyecto es determinar el desempeño ambiental, en cuanto al consumo energético, consumo de agua y emisiones de dióxido de carbono, de un edificio educativo con certificación LEED y evaluar de la misma manera su impacto en caso de no tenerlo. El edificio a evaluar es el Complejo Centenario de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Con este estudio se obtuvo que, mediante la utilización de la certificación ambiental, se logra una reducción en cuanto al consumo energético y de agua, las cuales son del 26.87% y 30.81%. Asimismo, se obtuvo una reducción del 21.61% de emisiones de dióxido de carbono por año. Por lo que se observa que mediante dichas certificaciones se logra mitigar los impactos ambientales, puesto que, mediante la reducción del consumo energético se genera una disminución del dióxido de carbono, el cual es un contribuyente al efecto invernadero.

En conclusión, se observa que la aplicación de la certificación LEED en las edificaciones si es de gran importancia debido a que no solo genera beneficios al medioambiente, sino que también se genera beneficios económicos mediante la disminución del consumo energético y del agua. Asimismo, existen beneficios sociales, debido a que por medio de la mencionada certificación se mejora la calidad de vida de todos los usuarios de la edificación.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	- 9 -
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	- 9 -
1.2. HIPÓTESIS	- 11 -
1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	- 11 -
1.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	- 12 -
1.3.OBJETIVOS	- 12 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	- 12 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 12 -
1.4.ALCANCE DEL PROYECTO	- 13 -
1.5.JUSTIFICACIÓN	- 13 -
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	- 15 -
2.1. ANTECEDENTES	- 15 -
2.2.MARCO CONCEPTUAL.....	- 19 -
2.2.1. CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD	- 19 -
2.2.2. CONCEPTO DE CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES	- 20 -
2.2.2.1.BENEFICIOS DE LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES.....	- 21 -
2.2.2.2.APLICACIÓN DE LAS CERTIFICACIONES AMBIENTALES EN LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES.....	- 23 -
2.2.2.2.1.TIPOS DE CERTIFICACIONES.....	- 24 -
□LEED.....	- 24 -
□BREEAM	- 24 -
□EDGE	- 25 -
□SITES	- 26 -
2.3.ESTADO DEL ARTE.....	- 26 -

2.3.1. CERTIFICACIÓN LEED	- 26 -
2.3.2. LEED EN EL MUNDO	- 31 -
2.3.2.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y LEED EN EL PERÚ	- 33 -
2.4. CERTIFICACIÓN EDGE Y SU COMPATIBILIDAD CON LEED.....	- 35 -
CAPITULO 3 METODOLOGÍA.....	- 39 -
3.1. ESTUDIO DEL CASO.....	- 39 -
3.2. INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS	- 42 -
3.3. DESCRIPCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN OBTENIDA POR EL COMPLEJO CENTENARIO.....	- 43 -
3.4. SOFTWARE Y ENTORNO DIGITAL	- 48 -
3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS	- 50 -
CAPITULO 4 RESULTADOS	- 54 -
4.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DEL AGUA POR MEDIO DEL SCORECARD DEL COMPLEJO CENTENARIO	- 54 -
4.1.1. ANÁLISIS DE LA ENERGÍA AHORRADA.....	- 56 -
4.1.2. ANÁLISIS DEL AGUA AHORRADA.....	- 62 -
4.2. EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS GENERADOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN LEED.....	- 68 -
4.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL EDIFICIO SIN CERTIFICACIÓN LEED	- 70 -
4.3.1. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ENERGÍA UTILIZADA	- 72 -
4.3.2. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE AGUA UTILIZADA	- 74 -
4.4. COMPARACIÓN ENTRE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL EDIFICIO CON CERTIFICACIÓN LEED Y ESTE MISMO EN CASO DE NO CONTAR CON DICHA CERTIFICACIÓN	- 77 -

CAPITULO 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 83 -
5.1. ASPECTOS GENERALES.....	- 83 -
5.1.1. LEED Y SU RELACIÓN CON LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. -	84 -
5.2. PRINCIPALES CONTRIBUCIONES AL MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD POR MEDIO DE LA CERTIFICACIÓN LEED.....	- 87 -
5.3. EVALUACIÓN SOBRE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL EDIFICIO CON Y SIN CERTIFICACIÓN LEED.....	- 91 -
CONCLUSIONES.....	- 94 -
ANEXO 1 LEED V3 2009.....	- 97 -
ANEXO 2 ESTIMACIONES DE LOS BENEFICIOS.....	- 103 -
- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES.....	- 103 -
- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES.....	- 113 -
- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS.....	- 118 -
REFERENCIAS.....	- 125 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1 <i>Ubicación (Izquierda) y vista en planta del complejo (Derecho)</i>	- 40 -
Figura 3. 2 <i>Vista de frente del Complejo Centenario</i>	- 41 -
Figura 4. 1 <i>Sistemas para el Comisionamiento</i>	- 58 -
Figura 4. 2 <i>Ahorro de energía</i>	- 60 -
Figura 4. 3 <i>Aparato sanitario Helvex TV 121</i>	- 65 -
Figura 4. 4 <i>Aparato sanitario Helvex H201-6</i>	- 65 -
Figura 4. 5 <i>Ahorro del agua por medio del software EDGE</i>	- 67 -
Figura 4. 6 <i>Medidas de eficiencia del agua obtenido por el software EDGE</i>	- 76 -
Figura 4. 7 <i>Consumo energético</i>	- 78 -
Figura 4. 8 <i>Emisión de dióxido de carbono por año</i>	- 81 -
Figura II. 1 <i>Beneficios del Complejo Centenario</i>	- 107 -
Figura II. 2 <i>Tipos De Beneficios Del Complejo Centenario</i>	- 108 -
Figura II. 3 <i>Porcentaje sobre la comodidad de los espacios brindados por el Complejo Centenario</i>	- 110 -
Figura II. 4 <i>Proyección de las emisiones de GEI relacionada con la energía (2000-2017)</i>	- 114 -
Figura II. 5 <i>Emisiones de CO2 del sector de edificios en el escenario de desarrollo sostenible (2000-2030)</i>	- 115 -
Figura II. 6 <i>Escenario del desarrollo de la energía por parte del aire acondicionado (1999-2030)</i>	- 116 -
Figura II. 7 <i>Emisiones de dióxido de carbono por año con certificación LEED</i>	- 117 -
Figura II. 8 <i>Emisiones de dióxido de carbono por año sin considerar mejoras</i>	- 118 -
Figura II. 9 <i>Tarifario por KWh consumido por mes</i>	- 120 -
Figura II. 10 <i>KWh por mes del Complejo Centenario</i>	- 121 -
Figura II. 11 <i>Precio por m3 consumido por mes</i>	- 122 -
Figura II. 12 <i>Consumo de m3 por mes del Complejo Centenario</i>	- 123 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. 1 <i>Edificios de la PUCP con certificaciones LEED</i>	- 11 -
Tabla 2. 1 <i>Sinergias entre EDGE y LEED</i>	- 38 -
Tabla 3. 1 <i>Información general del edificio</i>	- 41 -
Tabla 3. 2 <i>Tipos de certificación LEED según la USGBC</i>	- 43 -
Tabla 3. 3 <i>Alcances y prerequisites de la certificación LEED V3 2009</i>	- 45 -
Tabla 4. 1 <i>Sistemas para el Comisionamiento</i>	- 61 -
Tabla 4. 2 <i>Línea de Base de elementos sanitarios</i>	- 64 -
Tabla 4. 3 <i>Resumen del consumo del aparato sanitario Faucet</i>	- 64 -
Tabla 4. 4 <i>Resumen de los aparatos sanitarios</i>	- 66 -
Tabla 4. 5 <i>Resultados obtenidos mediante el Software EDGE</i>	- 68 -
Tabla 4. 6 <i>Energía total por medio de la simulación realizada por Red Regenerativa</i> ..	- 72 -
Tabla 4. 7 <i>Consumo energético mensual en KWh del Complejo Centenario para la línea base obtenido por el software Edge y las categorías mencionadas</i>	- 73 -
Tabla 4. 8 <i>Resultado del consumo de agua obtenido por el software EDGE para la línea base</i>	- 76 -
Tabla 4. 9 <i>Reducción general del consumo de energético en (KWh/mes) para la simulación realizada por Red Regenerativa y el software EDGE</i>	- 78 -
Tabla 4. 10 <i>Resumen del consumo del agua (m³/mes) para el caso en que se cuente con la certificación LEED y no se cuenta con esta</i>	- 80 -
Tabla II. 1 <i>Consumo por mes de los servicios de agua y electricidad</i>	- 119 -

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis padres, Luis y Janne, por su apoyo y amor incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida. Darles gracias por todo el esfuerzo que día a día ponen por el bienestar de mis hermanos y el mío. Por enseñarme a no rendirme y que a pesar de las dificultades por la que se pueda atravesar, que siempre debo levantarme y dar lo mejor de mí. Gracias por nunca abandonarme en el camino y por siempre confiar en mí y en las cosas que puedo alcanzar. Asimismo, quiero agradecer a mis hermanos, Adrián y Sofía, que siempre están animándome y apoyándome en todo momento. Ustedes siempre me motivan a ser mejor cada día, son unos de los pilares de mi vida, quienes generan que quiera mejorar día a día y superarme para lograr el bienestar de todos mis seres amados y el mío.

Además, quiero agradecer a Jorge Eduardo por apoyarme en todo momento, por enseñarme a siempre perseguir mis sueños. Por ser uno de mis motores junto con mi familia, por motivarme a ser mejor cada día y luchar por mis metas al igual que mis padres. Por ser mi equipo y compañero.

Por otro lado, quiero agradecer a mi asesor de tesis, Alexis Dueñas, por apoyarme siempre con sus consejos sobre cómo mejorar la tesis, por confiar en mí y tenerme paciencia con las interminables preguntas que le he podido realizar, además quiero agradecerle por siempre motivarme, darme ánimos con respecto al avance de mi tesis y hacerse de un tiempo para poder brindarme feedback sobre mi tesis.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de esta tesis, como el Ingeniero Miranda y el Ingeniero Kanematsu que me brindaron los datos para poder desarrollar la tesis, así como a mis jefes de práctica de los cursos de tesis, Kurt y Mango, por asesorarme, por brindarme las correcciones oportunas para poder mejorar la tesis y amabilidad.

Muchas gracias a todos ellos por todo.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de sostenibilidad en todo el mundo son impulsados en gran parte por formas de desarrollo económico que promueven el consumo excesivo dentro de las sociedades acomodadas (Wheeler, 2013). Esto se debe a que para lograr dicho objetivo del crecimiento económico se debe impulsar el desarrollo de otros sectores como el caso del sector de construcción. Sin embargo, este sector contribuye notablemente en la emisión de contaminantes para el ambiente.

En el Perú, el sector de construcción mostró un crecimiento sostenible debido a que alcanzó una tasa de crecimiento promedio de 9.9% en el mes de mayo de 2018, en comparación al año anterior. A causa de lo mencionado alcanzó un crecimiento histórico de 7.2% en los últimos 50 meses según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (Ministerio de Vivienda, 2018). Debido a lo mencionado se puede apreciar que el crecimiento del sector de construcción es continuo, por lo que es inevitable el generar las emisiones de gases de efecto invernadero y los impactos al ambiente.

En la actualidad, este sector es uno de los principales y más importantes, puesto que origina ingresos económicos, además de que aporta al desarrollo y consumo de otros mercados debido a los elementos y procesos que se requieren para efectuar una construcción. A esto se le agrega que, en junio del 2019, el Índice de Producción del Sector de Construcción registró un aumento de 13.63%, debido principalmente al incremento del consumo del cemento interno que se representa en 11.90% y del avance físico de las obras públicas que se tiene un aumento del 20.34% (INEI, 2019). Sin embargo, este desarrollo económico trae consecuencias negativas para el medio ambiente, puesto que las entidades encargadas de realizar las construcciones no han tenido un cuidado adecuado sobre los impactos que se causan al medio ambiente como la emisión de los gases de efecto invernadero.

Asimismo, el sector de construcción involucra un coste energético alto en sus diferentes etapas, desde la extracción de materiales, la construcción del edificio, la operación y su

demolición (Vasquez Espi, 2001). De la misma manera, los impactos ambientales son originados por el agotamiento de los recursos no renovables de energía primaria, así como el agotamiento del agua potable, la pérdida de la fertilidad de los suelos, entre otros (Macías & Garcia Navarro, 2010). Esto último mencionado es relevante, debido a que los problemas no se pueden apreciar de manera inmediata, pero se harán muy evidentes a largo plazo, por lo que se deben tomar medidas en el presente antes que sea muy tarde para remediar los daños causados al ambiente.

Ante ello, han surgido diversas certificaciones tales como LEED, SITES, EDGE, entre otras para realizar una construcción sostenible. El principal objetivo de estas es disminuir el impacto de las construcciones por lo que se enfoca en reducir el consumo energético e hídrico, así como reducir los residuos sólidos, dado que los impactos por parte de las edificaciones son inminentes debido a los procesos requeridos para su ejecución. Desde el año 2008, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) tuvo una influencia en las construcciones del país como un sistema que busca disminuir los impactos ambientales, desde el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios (Merino Salazar, 2018). Es por ello que dicha certificación es la más conocida y empleada en el Perú y a nivel mundial.

A pesar de que la certificación LEED ha llegado al Perú desde años atrás, esta no se está aplicando en todas las edificaciones. Debido a que su puesta en práctica implica especialistas en el tema y en el país no se cuenta con un gran número de ellos. Existen pocos profesionales que se dedican y especializan en el tema de las construcciones sostenibles. Asimismo, actualmente, son pocas las edificaciones que cuentan con dicha certificación. Entre estas se encuentran edificios educativos de universidades con el compromiso por cuidar el medio ambiente y el de generar conciencia ambiental, inmobiliarias grandes que buscan reducir los impactos de sus construcciones y colegios privados. Lamentablemente, no existen hasta la fecha edificios públicos que hayan sido construido por medio de las certificaciones mencionadas para la mitigación de los impactos ambientales.

La Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) es una entidad privada que ha tomado como parte de su filosofía el desarrollar diversas construcciones sostenibles para contribuir al bienestar de sus alumnos y del medio. Es por ello que desde el año 2014 ha contribuido en el desarrollo de edificios eco amigables en el campus a través de la mencionada certificación

LEED y como prueba de su compromiso se tiene que hasta la fecha del año 2021 ha obtenido seis certificaciones en edificios bajo la modalidad de New Construction y Existing Buildings. A continuación, en la presente Tabla 1.1 se muestra las edificaciones construidas en la PUCP que cuentan con certificación LEED (USGBC, s.f.).

TABLA 1. 1

Edificios de la PUCP con certificaciones LEED

Nombre del Edificio	Tipo de certificación	Nivel de certificación
Complejo Felipe Mac Gregor	LEED v4 O+M: Existing Buildings	Plata (58 pts.)
Universidad Católica Aulario	LEED 2009 New Construction	Oro (70 pts.)
Edificio de Derecho	LEED v4 O+M: Existing Buildings	Oro (62 pts.)
Complejo Centenario	LEED 2009 New Construction	Plata (51 pts.)
Facultad de Arte / Pabellón Y	LEED v4 O+M: Existing Buildings	Oro (60 pts.)
Biblioteca Ciencias-FAU-FACI	LEED 2009 New Construction	Plata (52 pts.)

Nota. Fuente: LEED proyectos USGBC website. Recuperado de: [LEED project profiles | U.S. Green Building Council \(usgbc.org\)](https://www.usgbc.org/leed-project-profiles)

Además, todos los edificios que se planean ejecutar en la universidad son basándose en la guía LEED. Frente a lo mencionado surge la principal incógnita ¿Qué tanto se reducen los impactos generados por las edificaciones que cuentan con la certificación LEED a comparación de una edificación convencional? ¿Qué impacto tiene en las personas una edificación LEED? ¿Una edificación LEED aporta en la concientización social sobre el medio ambiente?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

El desempeño ambiental en cuanto al consumo energético y al consumo de agua de un edificio mejora con la aplicación de la certificación ambiental.

1.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- Las construcciones sostenibles generan un impacto positivo en el ambiente debido a que se disminuye los impactos perjudiciales hacia este como la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono.
- La aplicación de la certificación LEED genera un beneficio social en cuanto a la concientización sobre la importancia de esta misma.
- El empleo de la certificación LEED en una edificación genera una disminución del consumo energético y el consumo del agua.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del proyecto es determinar el desempeño ambiental, en cuanto al consumo energético, consumo de agua y emisiones de dióxido de carbono, de un edificio educativo con certificación LEED y evaluar de la misma manera su impacto en caso de no tenerlo. El edificio a evaluar es el Complejo Centenario de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar los beneficios de las construcciones sostenibles para el medio ambiente y la sociedad.
- 2.- Evaluar la metodología LEED y su relación con la construcción sostenible.
- 3.- Cuantificar los recursos de agua y energía que se ahorran por medio de un edificio con certificación LEED.
- 4.- Identificar el impacto ambiental, mediante las emisiones de dióxido de carbono, del edificio de estudio en caso de que no se contara con la certificación LEED y en caso contase con dicha certificación.

1.4. ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto evalúa el impacto ambiental generado por el Nuevo Complejo de Sociales que cuenta con certificación LEED para determinar cuál sería la diferencia de los impactos generados si este edificio no hubiese sido construido por medio de la guía LEED. De esta manera se plantea obtener los beneficios ambientales en cuanto a edificaciones con certificaciones LEED, la reducción en los recursos de agua y electricidad, el impacto generado por las personas que utilizan la edificación, así como la concientización social sobre el medio que se genera en las personas al frecuentar un edificio sostenible. Con todo lo mencionado se puede establecer conclusiones sobre la importancia de construir edificaciones sostenibles y determinar si al emplear la metodología LEED se cumple con las metas de reducción del consumo energético y del agua, asimismo identificar las reducciones del dióxido de carbono que se generan mediante la certificación LEED.

Por consiguiente, se busca brindar un conocimiento adicional sobre la importancia de los edificios sostenibles para mitigar los impactos que se generan por las edificaciones, debido a que se atraviesa por un cambio climático y si no se toman las adecuadas medidas para no seguir dañando al medio, la situación empeorará y no solo el medio ambiente se verá afectado sino todos los seres vivos que habitamos el planeta.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El sector de construcción es uno de los sectores que mayor contamina al medio ambiente tanto por el proceso constructivo como en las etapas de funcionamiento y mantenimiento que es cuando el edificio está operativo, debido a que los usuarios consumen los recursos no renovables, además, que generan residuos sólidos.

Debido a la contaminación originada por este sector, han surgido nuevos sistemas o metodologías para crear una construcción sostenible y para mitigar los impactos generados por las construcciones de las edificaciones como lo es el caso de LEED.

Este sistema LEED se basa en la acreditación de las edificaciones sostenibles mediante certificados que se obtienen por medio del cumplimiento de los requerimientos indicados en la guía LEED para asegurar una reducción en el consumo de los recursos como agua y

electricidad, así como la utilización de materiales adecuados durante el proceso constructivo y como objetivo más importante mediante esta metodología se busca reducir de manera importante la emisión del CO₂. Por consiguiente, LEED ha impulsado a nivel mundial que se empiece a desarrollar construcciones ecológicas y se tenga una base para lograr dicho objetivo.

En el Perú debido a la preocupación por el medio ambiente y los impactos que se ocasionan a este por el sector de construcción, el Estado ha tomado medidas para asegurar que las construcciones a realizarse sean edificios sostenibles. Un ejemplo de estas medidas son los requerimientos exigidos en el cuidado ambiental al realizarse las construcciones, debido a ello antes de cualquier ejecución de obra se debe presentar un estudio de impactos ambientales junto con las medidas correctivas o de mitigación para dichos impactos. Por consiguiente, el uso de metodologías que aseguren una construcción sostenible ha aumentado, es por ello que la metodología LEED es una de las más importantes y utilizadas. Por lo que las constructoras más grandes que poseen un gran impacto en el desarrollo constructivo del país usan la guía LEED para la ejecución de las edificaciones. Además, las universidades del país, así como colegios están empezando a utilizar este nuevo método en la creación de sus facultades o centros de estudio para garantizar un menor impacto en el ambiente, mejorando la calidad de este y así se garantiza una mejor calidad de vida de los seres vivos que lo habitan. Por consiguiente, estos centros de estudios crean conciencia en los estudiantes, el personal, los docentes y los padres sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y ser eco amigable con este, además, que las construcciones sostenibles mejoran y contribuyen a reducir los impactos negativos a este.

El presente proyecto pretende dar a conocer el desempeño ambiental de un edificio con certificación LEED para mostrar los beneficios brindados hacia medio ambiente, la sociedad y la economía que se obtienen al utilizar las construcciones sostenibles. Además, de dar a conocer que la Certificación LEED es un indicador muy utilizado debido a que con su aplicación se garantiza una reducción en los impactos. Por consiguiente, se pretende promover una construcción sostenible y sustentable para el medio en el que vivimos. Asimismo, se plantea demostrar la fácil aplicación de LEED en los edificios y los beneficios que brindan a la sociedad como una mejor calidad de vida, así como la concientización sobre la importancia de cuidar al medio ambiente.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Según el artículo publicado por Newsham (2009), debido al crecimiento poblacional, la necesidad por contar con edificaciones aumenta proporcionalmente con ello. Además, en los países desarrollados se estima un consumo del 20 al 40% de la energía. A esto se le suma que, en los países con una economía en crecimiento la tasa media anual en el uso de energía es del 3.2% en comparación con un promedio del 1.1% para los países desarrollados. Por consiguiente, las edificaciones generan un agotamiento de las fuentes renovables de energía, asimismo estas contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual ocasiona efectos perjudiciales al medio ambiente. Debido a ello se requiere de edificaciones que generen un menor uso del consumo energético de tanto en las etapas de construcción como de operación.

Este mismo autor señala que se han realizado diversos estudios en cuanto al consumo de la energía y como ejemplo mencionó el caso de estudio de Fowler y Rauch en el que se estudiaron 12 edificios comerciales, estos fueron diseñados para tener un desarrollo eficiente en el uso de energía, y algunos de ellos fueron certificados con LEED. Como resultado se obtuvo una reducción del 25% al 30% del uso de energía por área del suelo (m²). Sin embargo, los autores señalaron que las conclusiones no pueden ser muy firmes debido al pequeño número de muestras estudiadas de un solo operador (Newsham & Mancini, 2009).

Además, Newsham menciona en su artículo otro estudio realizado por Baylon y Storm (2008) en el que se examinaron edificios con certificación LEED en el noroeste de Pacífico de Estados Unidos de América y se compararon con edificios regionales sin certificación. Los resultados obtenidos mostraron que el consumo medio de energía para los edificios con certificación fueron 10% menor que los 39 edificios sin certificación. La pequeña mejora se le atribuyó a que las normas energéticas para todos los edificios de la región son altas; sin embargo, los autores especificaron sobre las incertidumbres de sus conclusiones basados en que evaluaron una muestra pequeña y variada.

Ante ello, Newsham realizó el estudio de 12 edificios para todas las combinaciones de uso y para el caso de edificios destinados a oficinas llevó a cabo otras cuatro pruebas. Al realizar las pruebas, se analizó el EUI (intensidad del uso de energía) y se midió el porcentaje de ahorro de energía en comparación con la base modelada para los efectos del nivel de certificación LEED mediante el análisis de la varianza (ANOVA) en la distribución del tamaño del edificio y nivel de certificación. Se esperó que, a mayor nivel de certificación obtenida por la edificación, se obtuviera una mayor reducción de energía. Sin embargo, en sus resultados obtuvieron que edificios con el nivel Plata no demostraron un mejor desempeño que los edificios con el nivel más bajo de certificación LEED. Otra conclusión obtenida de los resultados fue que los edificios con certificación LEED si presentaban un ahorro de energía del 18 al 39% dependiendo de los parámetros de comparación hacia los edificios convencionales, pero a pesar de ello, se obtuvo un porcentaje del 28 al 35% de edificios LEED que consumían mayor energía que los edificios convencionales (Newsham & Mancini, 2009).

Con respecto a las conclusiones del párrafo anterior, el autor mencionó que estas provienen de una obtención de base limitada, debido a que esta base de datos provenía de los primeros años de operación, tal vez del primero, en donde se presentan problemas de operación inusuales que son inevitables, además de que se estudió un tamaño pequeño de muestra. Como conclusión importante del autor se tiene que los edificios sostenibles pueden contribuir de manera importante a la reducción del consumo de la energía, pero se deben realizar mejoras y se debe definir bien el sistema de puntaje para que sea consistente con el nivel de certificación entregado.

Berkebile quien fue uno de los que ayudó a diseñar los primeros estándares de la certificación LEED posee su firma de arquitectos en la que ha diseñado varios edificios con certificaciones LEED. En una entrevista realizada por Brian Barth para CityLab (5 de junio de 2018) informó que la certificación LEED ayuda a que se reduzcan los daños al medio ambiente, pero ello significa que se sigue teniendo y generando impactos negativos (Barth, 2018).

Como se conoce, hoy en día, la importancia de las construcciones sostenibles tiene un mayor impacto para los diversos países, puesto que a causa del cambio climático se deben tomar medidas para mitigar los daños al medio ambiente. Es por ello, que existen diversas

metodologías para asegurar estos edificios eco amigables, sin embargo, como se mencionó anteriormente por Berkebile, estos impactos no se reducen al cien por ciento. además, muchas de las preguntas que han surgido en todos los lugares del mundo es si realmente se está asegurando una disminución en los impactos ambientales al utilizar dicha metodología LEED.

La mayoría de las personas asocian a los edificios verdes con la disminución del uso de energía y es que el sector de las edificaciones solo en USA contribuye al consumo de casi 40% del toda la energía y es responsable de la emisión de los gases de efecto invernadero; por lo que la eficiencia energética y los edificios de consumo energético cero son vistos como factores importantes para frenar las emisiones de carbono y disminuir el proceso del cambio climático (Barth, 2018).

En el Perú durante el 2016, el consumo energético del sector residencial aumento a una tasa anual promedio de 1.9%; este crecimiento se debió al crecimiento del GLP, gas natural y electricidad por el mencionado sector, además, la demanda de electricidad tuvo una participación de 30.3% (Ministerio de Energia y Minas, 2016). Estos resultados muestran que las edificaciones requieren un alto consumo energético para su funcionamiento, además, a medida que se requieran construir una mayor cantidad de edificaciones por el crecimiento poblacional, este consumo aumentará con lo que se generara un mayor impacto negativo al medio si no se toman las medidas necesarias.

El CEO de Green Business Certification Inc. quien es Ramanujam declaró para Barth en una entrevista para CityLab (5 de junio de 2018) que lo que no se ha hecho muy bien en el pasado es integrar el desempeño y los informes basados en los resultados en la certificación LEED, además agrego que a veces un buen diseño del edificio no se traslada adecuadamente a la construcción y operación, por lo que menciono que se necesita mejorar la estrategia operacional debido a que los procesos de operación y mantenimiento desarrollan un rol importante en cuanto a la eficiencia de un edificio determinado (Barth, 2018).

De lo que menciona Barth en su artículo (5 de junio de 2018), se puede observar que el consumo energético es uno de los puntos importantes a tratar para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero y la certificación LEED en su diseño contempla esto. Sin embargo, aún existen puntos por mejorar en dicha certificación, debido a que muchas veces

el diseño que se realiza en el edificio para lograr que este sea sostenible no se logra cumplir del todo a causa de que al momento de la construcción y operación no se efectúa dicho diseño de manera adecuada. Los edificios con certificación LEED no solo deben quedar en la parte de diseño, sino que se debe tener un control adecuado de que las especificaciones se cumplan durante el proceso de construcción. además, una vez que se encuentre el edificio finalizado se debe seguir teniendo un control de este para asegurar que esté cumpliendo con sus funciones de ser un edificio sostenible y que se está brindando un mantenimiento adecuado a este para que siga cumpliendo con los objetivos con el que fue diseñado. Sin embargo, a pesar de todas las críticas esta certificación brinda una mejora en la eficiencia energética y una mitigación en los impactos perjudiciales al ambiente, por lo que cada vez se emplean con mayor frecuencia las certificaciones sostenibles para la ejecución de las edificaciones.

Según un artículo publicado por Cease (2019), para mejorar los progresos en curso que se están realizando en las ciudades de Estados Unidos de América con respecto a la sostenibilidad es importante que los gobiernos locales aporten no solo informando sobre los programas sostenibles y su apoyo sobre estos debido a que amplían la conciencia pública detrás de los beneficios que provienen del desarrollo, sino que debe influir en la toma de decisiones locales económicamente mediante el financiamiento público para poder ayudar a estimular la inversión privada para proyectos como las certificaciones LEED. Asimismo, recalca que los incentivos que se adapten a las comunidades en las cuatro dimensiones que el autor trata las cuales son la economía, política, concientización pública y organizacional, logran que las partes interesadas posean el potencial de encontrar la manera adecuada para lograr un desarrollo sostenible.

De lo mencionado previamente se llega a la conclusión de que para el adecuado desarrollo sostenibles en las diversas edificaciones se debe tener el apoyo del gobierno. Este como órgano público importante debe implementar medidas e incentivos que generen que las construcciones sean eco amigables debido a que mayor parte de las construcciones a desarrollarse se encuentran dentro del ámbito público. Por consiguiente, al implementar medidas adecuadas en las edificaciones públicas creará una mayor concientización sobre ello. Esto se debe a que las personas se ven influenciadas por el medio en el que se desenvuelven ya sea el lugar de trabajo, el lugar de estudio o su hogar. además, que el gobierno genere el

desarrollo sostenible en las edificaciones brinda beneficios al país porque se mejora la calidad del ambiente y contribuye con la reducción de los impactos perjudiciales hacia este.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Para desarrollar adecuadamente el tema a evaluar es necesario que se expliquen la definición de ciertos términos que han sido usados anteriormente y los cuales se emplearan a lo largo del desarrollo de la tesis.

2.2.1. CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad proviene de la palabra sostenible que se refiere en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente (Real Academia Española, s.f., definición 2). La sostenibilidad trata de garantizar que las actividades del presente y el uso de recursos que requieran dichas actividades no afecten ni comprometan los recursos que se puedan necesitar en el futuro para el desarrollo del ambiente, la sociedad y la economía.

El desarrollo de una sostenibilidad económica, una sostenibilidad social y una sostenibilidad ambiental en armonía y sinergia es fundamental para que la sociedad se desarrolle tomando en consideración y preocupándose por el medio que nos rodea, de manera que no solo se piense en el beneficio de la sociedad y el crecimiento económico, sino que también se tome en cuenta la importancia del medio en el que vivimos para no impactar de manera negativa sobre este y terminar explotando más de los recursos necesarios para un adecuado desarrollo social y económico (United States Environmental Protection Agency (EPA), s.f.)

Rodríguez y Meza (2018) en su artículo mencionaron que en el documento Nuestro Futuro Común, en el cual se consignaron los temas tratados en la Primera Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo que se realizó en 1984, se divulgó el concepto de desarrollo sostenible, el cual según la ONU (1987) se define como el desarrollo económico y social que permite manejar las necesidades del presente sin poner en riesgo el que futuras generaciones puedan satisfacer sus necesidades.

De lo anteriormente citado se observa que para un adecuado desarrollo sostenible se debe aplicar el Triple Bottom Line, el cual trata sobre el equilibrio que debe existir entre los tres puntos que son la económica, la sociedad y el ambiente. El Triple Bottom Line se basa en que las personas y el planeta deben ser considerados como piezas fundamentales para el desarrollo, no solo se debe pensar en el desarrollo económico. Por consiguiente, si una sociedad se equilibra en los tres puntos o pilares mencionados es una sociedad sostenible (Miller, 2020).

2.2.2. CONCEPTO DE CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES

La edificación sostenible ha crecido a partir del movimiento verde, el cual se desarrolla en los años 70 con el objetivo de la conservación de la energía y la eficiencia energética (Macías & Garcia Navarro, 2010). La construcción sostenible es la aplicación de un diseño sostenible en la construcción que abarca criterios que van desde la elección de los materiales junto con el proceso constructivo hasta el entorno urbano y su desarrollo. Este tipo de construcciones se basan en la adecuada gestión de los recursos naturales que son empleados en las construcciones. (Clima de Cambios PUCP, 2010).

Rodríguez y Meza (2018) citan a Kibert (2016), este autor menciona que la construcción sostenible se basa en ciertos principios básicos pero fundamentales los cuales son reducir, reusar, reciclar, proteger la naturaleza, reducir el costo del ciclo de vida y asegurar la calidad de las edificaciones. De la misma manera estos principios deben manifestarse durante todas las fases de construcción que son planeación, desarrollo, diseño, construcción, uso y operación.

El objetivo principal de la construcción sostenible consiste en reducir los impactos ambientales, así como reducir el impacto en la salud de las personas por lo que se busca brindarles una mejor calidad de vida brindando una construcción que cuente con condiciones óptimas para la ejecución del objetivo.

Actualmente, los fundamentos planteados por Kibert (2016) se está aplicando con mayor frecuencia en las nuevas construcciones, asimismo a las construcciones ya existentes se les realizan las modificaciones necesarias para que estas cumplan con el propósito de ser una construcción sostenible. La aplicación de los mencionados fundamentos se debe a que se está

tomando mayor importancia al cambio climático y los gases de efecto invernadero que afectan al ambiente debido al sector de construcción. Los gases de efecto invernadero del sector de construcción de edificios y centros comerciales provienen directamente de las emisiones de la combustión de combustibles fósiles para la calefacción y cocción, la gestión de residuos y aguas residuales, y las fugas de refrigerantes en hogares y empresas, así como las emisiones indirectas que se producen fuera del sitio, pero están asociados al uso de la electricidad consumidas por las edificaciones (EPA, 2017).

2.2.2.1. BENEFICIOS DE LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES

Las construcciones sostenibles generan impactos positivos no solo en el aspecto ambiental sino en el social y el económico, los cuales se explican a continuación.

En primer lugar, una construcción genera impactos ambientales que se ven involucrados en una de las principales causas del cambio climático. Este se debe a que los materiales a utilizar como el concreto, material que requiere de la utilización del cemento y el cual es uno de los materiales más contaminantes del planeta, requieren procesos que incrementan la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales son muy perjudiciales para el ambiente (A O Oluwunmi et al., 2019).

Al emplear las construcciones sostenibles no solo se reduce los impactos perjudiciales al ambiente, sino se puede llegar a influir positivamente a las personas que se habitan en dichas construcciones (Clima de Cambios PUCP, 2010). Esto se debe a que en este tipo de construcciones se contempla la generación de la energía renovable por medio de paneles solares entre otros métodos.

Las construcciones sostenibles que obtuvieron el Green Star Certification en Australia han demostrado que producen el 62% menos de la emisión de gases de efecto invernadero que una edificación promedio del país (World Green Building Council, s.f.). Esto se debe a que estas construcciones en su diseño contemplan métodos que permitan mitigar los impactos negativos asegurando que el edificio sea eco amigable, además su objetivo principal es disminuir el uso del agua, la energía o los recursos naturales a utilizar en los procesos que involucra la construcción.

En segundo lugar, los beneficios sociales de las construcciones sostenibles están relacionados principalmente a la salud, comodidad y satisfacción. Con respecto a la salud se basa mayormente en la problemática de las enfermedades de las personas encargadas de realizar la construcción. Trabajadores en edificios sostenibles tienen un mejor medio laboral, debido a que se cuida de manera adecuada el ambiente de trabajo de manera que se mejora su calidad; por lo que se ha demostrado que existe un 30% de reducción en la cantidad de los trabajadores con problemas de salud, además, el 26.4% demostró una mejor función cognitiva que los trabajadores en edificios convencionales (MacNeughton, Satish, Cedeno Laurent, Flanigan, & Vallarino, 2016). El mejorar la calidad en las construcciones brinda un mejor desempeño de los trabajadores debido a que se presenta menos condiciones para que estos contraigan enfermedades respiratorias que les dificulte realizar su trabajo de manera productiva.

Asimismo, la comodidad y la satisfacción del ambiente de trabajo brindan que los trabajadores no presenten problemas de estrés, fatiga o distracciones lo que le dificulten el tener un mejor desempeño. Del mismo modo, en la etapa de uso, el que las edificaciones sostenibles sean cómodas genera una mejor perspectiva de las personas que realizan sus actividades en el lugar.

En tercer lugar, uno de los principales beneficios económicos de las construcciones sostenibles es el costo de la utilidad. Esto se debe a que en este tipo de edificaciones se reducen el consumo de los recursos naturales como la energía y el agua. Asimismo, muchos de estos edificios utilizan energía renovable y captan el agua de las lluvias lo que implica una disminución en los pagos de los servicios (Ribero et al., 2016).

Otro de los beneficios económicos es que debido a la importancia que posee el ambiente, las personas poseen un mayor interés en adquirir construcciones sostenibles. Por consiguiente, la inversión que se realice a las edificaciones para ser eco amigable es rentable a largo plazo, puesto que se aumenta los precios de venta debido a que la edificación genera menos consumo de recursos como el agua y la electricidad, asimismo el lugar está diseñado para disminuir en la generación de los residuos.

2.2.2.2. APLICACIÓN DE LAS CERTIFICACIONES AMBIENTALES EN LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES

Debido a la importancia del ambiente debido al cambio climático por el que se atraviesa, las construcciones sostenibles tienen una mayor importancia, esto se debe a que estas buscan reducir los impactos perjudiciales al ambiente como se ha explicado anteriormente. Por consiguiente, actualmente existen certificaciones ambientales, las cuales son herramientas que se encargan de asegurar que las edificaciones cumplan con ciertos parámetros que se especifican en cada una de estas para que el edificio sea considerado ecoamigable. Asimismo, estas son usadas y reconocidas en todo el mundo, además son de aplicación voluntaria.

Por ejemplo, el US Green Building Council (USGBC) es una organización cuya misión es la de fomentar la sostenibilidad en los edificios, por lo que esta creó una de las principales certificaciones ambientales a nivel mundial, la cual se basa en brindar la acreditación a las construcciones que han seguido las especificaciones planteadas por esta. (US Green Building Council (USGBC), s.f.)

El principal objetivo de las certificaciones ambientales es brindar que todo proyecto de inversión cuente con un procedimiento y requisitos que deben cumplir los edificios al momento de ser diseñados y construidos, por lo que estas plantean parámetros para tener un adecuado diseño en el que se asegure la mitigación de los impactos perjudiciales al ambiente y que se brinde una mejor calidad de vida. (Ministerio del Ambiente (MINAM), s.f.)

El proceso de certificación consiste en presentar el cumplimiento de los requisitos solicitados por cada organización que brinda la certificación ambiental, en el que se argumente los resultados obtenidos por el edificio. Es por ello, que para el proceso de certificación se necesita de un especialista en el tema, ya que este se encarga de verificar los puntos débiles del diseño e implementar las medidas necesarias para mejorar el desempeño ambiental del edificio (LEED, 2009). Por consiguiente, es necesario que durante toda ejecución de una edificación todas las partes necesarias para la elaboración de este se encuentren integradas.

2.2.2.2.1. TIPOS DE CERTIFICACIONES

A continuación, se detalla sobre las principales certificaciones ambientales a nivel mundial.

- **LEED**

El nombre LEED proviene de las siglas de Leadership in Energy and Environmental Design y que en español significa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental. Este fue creado en el año 1993 por la organización U.S. Green Building Council (USGBC, s.f.). Este sistema de certificación es una de las más empleadas en todos los países para acreditar a las edificaciones sobre su sostenibilidad por medio de requisitos establecidos los cuales cumplen un estándar. Dichos requisitos deben verificarse dependiendo de la categoría del edificio los cuales pueden ser New Construction and Major Renovation (Nueva Construcción y Renovaciones Mayores), Core and Shell, Schools (Escuelas), Retail, Warehouses and Distribution Centers (Centros de Distribución), Hospitality (Hoteles o Moteles) y Healthcare (Centros de Salud).

Para cada categoría se debe evaluar los criterios ya determinados por la Organización que maneja LEED. En la nueva versión de LEED que es la V4.1. se contemplan las siguientes categorías: Proceso Integrativo, Locación y Transporte (LT), Sitios Sostenibles (SS), Eficiencia del Agua (WE), Energía y Atmosfera (EA), Materiales y Recursos (MR), Calidad del Ambiente Interior (EQ) e Innovación y Prioridad Regional (IN). Asimismo, cada criterio posee prerrequisitos y créditos que se deben cumplir para la obtención de los puntajes y en base al puntaje total final obtenido por todos los criterios se asigna el nivel de certificación las cuales pueden ser Certificación (con la obtención del puntaje mínimo que es 40 hasta 49 puntos), Plata (de 50 a 59 puntos), Oro (de 60 a 79 puntos) y por último Platino (de 80 a 110 puntos) (USGBC, 2019).

- **BREEAM**

El nombre BREEAM proviene de Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology. Este es un método de evaluación de sostenibilidad empleado para la planificación de los proyectos, infraestructuras y edificios masterplanning, además que refleja el valor de los activos de mayor rendimiento a lo largo del ciclo de vida del entorno

construido hasta los procesos de utilización y renovación (BREEAM, 2019). BREEAM fue lanzado en el año 1990 por el Building Research Establishment más conocido como el BRE. Las categorías de evaluación para la obtención de la certificación son las siguientes: energía, salud y bienestar, innovación, uso del suelo, materiales, administración, contaminación, transporte, residuos y agua; asimismo, cada categoría está dividida en rangos conforme al objetivo que se plantea alcanzar o punto de referencia según lo determinado por el asesor BREEAM, dichos puntos son los créditos y la puntuación de categoría se calcula según los créditos obtenidos y la ponderación de la categoría (BREEAM, 2019). Al final de la evaluación se determina el puntaje final por medio del rendimiento obtenido en cada categoría. Los tipos de certificación son Pass (Aprobado) que es el estándar de buena práctica, Good (Bueno) que es buena práctica intermedia, Very Good (Muy bueno) que es buena práctica avanzada, Excellent (Excelente) que es la mejor practica y por último Outstanding (Sobresaliente) que es innovador (BREEAM, 2019).

- **EDGE**

La certificación EDGE proviene de Excellence in Design for Greater Efficiencies que traducido significa Excelencia en el Diseño para Mejoras Eficiencias. Esta es una metodología de evaluación ambiental que cuenta con una plataforma en línea.

La aplicación de EDGE ayuda a determinar opciones rentables para poder diseñar un edificio sostenible dentro de un contexto climático local, asimismo esta certificación se puede aplicar para edificios que pueden ser construcciones existentes, nuevas construcciones y edificios con reacondicionamientos importantes (EDGE BUILDINGS, 2019). Esta certificación ayuda a crear una buena eficiencia de los recursos en las edificaciones de manera rápida, fácil y asequible, debido a ello, su acogida ha sido importante en los diversos países del mundo.

EDGE forma parte de una estrategia cuyo objetivo es dirigir las construcciones hacia un camino en el que se emita niveles bajo de carbono, además que la ventaja de emplear EDGE es la reducción de los servicios como agua y electricidad con lo que se disminuye los gastos con respecto a estos servicios públicos (EDGE BUILDINGS, 2019). De lo que menciona, se puede concluir que los objetivos principales de la Certificación EDGE son generar la reducción de los recursos energéticos y lograr una eficiencia en el uso del agua. Es por ello,

que se cuenta con su Software EDGE, el cual brinda como opciones ciertas mejoras a emplear para lograr los objetivos mencionados.

- **SITES**

Esta certificación se base en la sostenibilidad de los paisajes y lleva a los ingenieros y arquitectos a realizar prácticas que aseguren la protección de los ecosistemas y con ello mejoran los beneficios que se proporcionan a las comunidades como la regulación climática, el carbono y la mitigación de inundaciones (SITES, 2019). SITES brinda que se mejore y proporcione un mejor hábitat de vida silvestre, reduce el consumo de energía, mejora la calidad del aire y la calidad de vida humana, además aumenta las oportunidades de recreación al aire libre. Para obtener la certificación se debe cumplir con un determinado puntaje al final en base a los puntos obtenidos por cada categoría evaluada las cuales son contexto del sitio, evaluación previa al diseño y planificación, diseño del sitio del agua, suelo y vegetación, selección de materiales, salud humana y bienestar, construcción, operación y mantenimiento, educación y supervisión del rendimiento, y por último innovación o rendimiento ejemplar.

A Los niveles de certificación entregado por SITES son Certificación con la obtención de 70 a 84 puntos, Plata con la obtención de 85 a 99 puntos, Oro con la obtención de 100 a 134 puntos, y Platino con la obtención de 135 a más puntos.

Un punto importante de esta certificación es que es complementario con LEED y se pueden utilizar de forma independiente o en conjunto. La certificación LEED se aplica a la construcción del proyecto y al sitio en el que se encuentra, mientras que la certificación SITES se aplica a todo el sitio excepto a su edificio (SITES, 2019).

2.3. ESTADO DEL ARTE

2.3.1. CERTIFICACIÓN LEED

Debido a la importancia y la preocupación del cambio climático, las empresas buscan maneras para llegar a ser más eficientes por lo que están invirtiendo en edificios que reducen su huella ecológica; por lo tanto, algunos buscan ir más allá de las practicas verdes básicas a través de la Certificación LEED (Currie, 2019). Esto se debe a que los edificios impactan en

gran medida al ambiente, la salud y el bienestar de las personas, ya que los edificios utilizan recursos, generan residuos, además son costosos de mantener y operar (USGBC, s.f.).

Según Fiona Greer et al. (2019) así como Günkaya et al. (2020), en sus estudios publicados detallan que los edificios residenciales y comerciales consumen aproximadamente el 39% de la energía de los Estados Unidos de América; además, los edificios representan aproximadamente el 12% del agua dulce retirada de los Estados Unidos, y el medio ambiente ha contribuido en el crecimiento del consumo del agua en las últimas décadas. Asimismo, mencionan que la industria de construcción, en cada país, es un gran contribuyente para el desarrollo socioeconómico, sin embargo, también es quien mayor emplea el uso de la energía y los recursos naturales. De la misma manera, se menciona que los impactos ambientales debido al alto consumo de recursos incluyen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), emisiones de contaminantes y el agotamiento de los recursos que en gran medida se desarrolla a través del uso de la energía.

LEED es una certificación ambiental creada por la USGBC, organización sin fines de lucro, debido a la contaminación que generan las edificaciones en cuanto a todos los procesos que están involucrados en ella tanto como la planificación, la construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, debido al cambio climático por la que se está atravesando y todas las consecuencias ambientales originados por el consumo excesivo y desmesurado de los recursos, el medio en el que vivimos no atraviesa por un buen momento.

La certificación LEED se basa en acreditar a los edificios para que estos sean considerados sostenibles mediante un sistema de puntajes que determina los méritos cumplidos. Para obtener la certificación se debe cumplir con los créditos correspondientes para cada categoría determinada por LEED como se mencionó anteriormente, las cuales son las siguientes: Proceso Integrativo, Locación y Transporte (LT), Sitios Sostenibles (SS), Eficiencia del Agua (WE), Energía y Atmosfera (EA), Materiales y Recursos (MR), Calidad del Ambiente Interior (EQ) e Innovación y Prioridad Regional (IN) (LEED, 2009).

Desde su creación, la certificación LEED está siendo aplicada con mayor frecuencia en los proyectos públicos y privados a nivel mundial. A pesar de que LEED es una certificación que se adquiere de manera voluntaria, basada en el consenso del sistema, existen algunas jurisdicciones federales, estatales y locales que han estado empleando dicha certificación de

manera imperativa para los proyectos que ellos financian (Karakhan, 2016). Esto se debe a que LEED ayuda a mejorar e incentivar la economía circular, esta captura los beneficios de los materiales a lo largo de su vida útil y busca mantener dichos materiales en una circulación y uso el mayor tiempo posible, la cual ayuda a reducir los costos, el carbono y la tensión de los recursos naturales y los sistemas (Hughes, 2019). De lo mencionado por los autores, LEED es una certificación que evoluciona con el tiempo conforme a las necesidades del ambiente y los nuevos retos que deban enfrentarse para poder mitigar los daños perjudiciales, por lo que con el transcurso del tiempo la certificación se vuelve más exigente en cuanto al cumplimiento de los objetivos debido a que se necesitan ejecutar medidas más rigurosas para asegurar que el edificio no impacte de manera perjudicial al ambiente. Esto se debe a que el cambio climático y la huella ecológica aumentan con el pasar de los años y las medidas a realizar deben estar orientadas a disminuir o revertir el problema causado al ambiente. Con la última versión de LEED, la USGBC introduce los conceptos nuevos como la evaluación de ciclo de vida en todo el edificio, así como la generación de informes y optimización de los ingredientes con los que fueron elaborados los materiales debido a que se asegura que una adecuada gestión de residuos en la construcción, así como el abastecimiento responsable de los materiales (Hughes, 2019).

LEED es una certificación que no solo se encarga de asegurar que el edificio sea ecoamigable mediante la reducción de los recursos a utilizar y los residuos a generar para mitigar los impactos a generar, sino que también es una herramienta que ayuda a que el sector de la construcción avance y evolucione teniendo en consideración todo el proceso que esta involucra (USGBC, 2017).

Al emplear la certificación ambiental LEED se genera una reducción del impacto negativo sobre el ambiente, sino también se generan beneficios económicos y beneficios a las personas que están cerca al lugar, los cuales se detallan a continuación.

En primer lugar, como se mencionó los beneficios a generarse por la aplicación de la certificación son para el ambiente. Esto se genera debido a que en los requisitos para la obtención de la certificación se presentan categorías que se enfocan en el cuidado del ambiente construcción. Una de ellas es material, en el cual se evalúa en los créditos la procedencia de los materiales que se emplean en la (LEED, 2009).

Un ejemplo con respecto a lo mencionado previamente se tiene que al momento de encofrar los elementos estructurales se emplea la madera, por lo que se debe demostrar que este material no es obtenido de la tala ilegal. Con este crédito se considera la importancia del uso de los materiales provenientes de la naturaleza, puesto que si se consume recursos obtenidos de manera ilegal, los cuales son obtenidos sin el adecuado cuidado y las medidas de corrección o mitigación requeridas, esta acción se seguirá generando con lo que se contribuye en la escasez de los recursos y el deterioro del ambiente (LEED, 2009).

En los requisitos para la obtención de la Certificación LEED se valora la procedencia de los materiales a emplear en las construcciones, así como los residuos a generarse por lo que se debe tener un adecuado plan de gestión de residuos para disminuir el impacto a generar en el ambiente. LEED también incita a la reutilización de ciertos materiales que pueden ser usados en otros procesos en la etapa de construcción (USGBC, s.f.)

De la misma manera, con el cumplimiento de los requisitos de la certificación se asegura la reducción de los gases contaminantes para el ambiente como lo son los compuestos orgánicos volátiles que se encuentren en distintos materiales empleados en la construcción como el caso de las pinturas, los selladores entre otros debido a que se tiene un cuidado adecuado sobre dichos materiales.

Según Newsham (2009) en un estudio que realizó obtuvo que la energía ahorrada en los edificios era del 18-39% dependiendo de los parámetros efectuados en la obtención de la certificación. De lo que se concluye que al construir edificios mediante los parámetros de la certificación LEED se reducen los recursos energéticos, los cuales aportan a una reducción de los impactos perjudiciales y a la emisión de los gases de efecto invernadero. Además, con el empleo de la certificación se reduce el consumo del agua, el cual es un recurso no renovable y que en la actualidad se presenta una escasez de este en diversos lugares del mundo, así como la reducción de residuos tóxicos. Cabe resaltar que la certificación, también se preocupa por las especies que viven cerca del lugar en donde se ejecuta la construcción y el cuidado del hábitat de dichas especies mediante la implementación de un adecuado diseño constructivo.

En segundo lugar, con respecto al beneficio económico se tiene que el costo de operación y mantenimiento es bajo. Esto se debe a que como se busca reducir el consumo de los recursos

dentro de la edificación se emplean aparatos que aportan a lograr dichos objetivos como válvulas para reducir el consumo del agua en aparatos sanitarios, entre otros (LEED, 2009). Asimismo, debido al impacto que tienen las construcciones ecoamigables en las personas y a la preocupación por frenar el cambio climático, las personas poseen un mayor interés en adquirir construcciones sostenibles, por lo que el costo de venta de dichos lugares dentro del edificio incrementa proporcionalmente con los beneficios que se obtendrán.

A lo mencionado se le agrega que al tener un edificio con certificación LEED se mejora la productividad de los empleados, lo cual es positivo para el edificio debido a que se aumentan las ganancias, además los costos con respecto a la salud se ven disminuidos debido a que se cuenta con un buen ambiente laboral y de desarrollo. De la misma manera, el valor de los activos se ven incrementados por la demanda de contar con un edificio sostenible (Riberó et al, 2016).

En último lugar, con respecto a los beneficios sociales se tiene principalmente la calidad del ambiente dentro de la edificación, la cual se refiere a la relación del edificio con la salud y el bienestar de aquellos que ocupan un espacio dentro de este; la calidad del ambiente está relacionado con diversos factores como la luz, la calidad del aire y las condiciones húmedas (NIOSH, 2013). De lo expuesto se le agrega que Worden et al. (2019) en uno de sus textos publicados menciona de igual manera que LEED promueve la salud de las personas, así como su bienestar.

De lo mencionado previamente se observa que, si no se brinda un adecuado lugar para las personas dentro del edificio, estas no tendrán un óptimo desarrollo y desenvolvimiento. Por ejemplo, durante las obras de construcción que no cuentan con certificación LEED, los trabajadores presentan mayores enfermedades respiratorias que pueden ser crónicas debido a que no se tiene un adecuado cuidado sobre los contaminantes del aire. Ello ocasiona que estos se ven imposibilitados de trabajar y que se deba tener que velar por la salud de dicho trabajador, lo que involucra también el ámbito económico, ya que se debe reemplazar a dicho trabajador para poder seguir el desarrollo adecuado de la construcción, así como se debe pagar por la recuperación de los trabajadores afectados (Hardik, 2015). Asimismo, como se mencionó en el primer punto, la certificación LEED tiene en cuenta el empleo de materiales

cuya emisión de compuestos orgánicos volátiles sea mínima con lo que se asegura un ambiente libre de toxicidad para los usuarios y su salud no se ve perjudicada.

De la misma manera, los usuarios obtienen un mayor confort por parte de la edificación por lo que desarrollan sus actividades de manera proactiva debido a que en la certificación LEED se tiene en cuenta la iluminación natural de los diversos espacios del edificio, así como una adecuada ventilación con lo que se contribuye a la calidad de vida de los usuarios.

2.3.2. LEED EN EL MUNDO

Como se ha mencionado anteriormente, debido a los impactos perjudiciales generados por las edificaciones durante los procesos de diseño, construcción y operación, se deben efectuar medidas que permitan reducir dichos impactos. Con el pasar de los años, la huella ecológica sigue aumentando porque no se tiene un adecuado cuidado sobre el ambiente y sus recursos, las empresas y las personas siguen consumiendo y sobreexplotando los recursos no renovables (Díaz, 2017). Es decir, las personas están consumiendo los recursos que equivalen a los que serían generados por más de una Tierra.

En el libro Nuestra Huella Ecológica, Mathis Wackernagel y William Rees (1996) se refieren a huella ecológica como la superficie de tierra necesaria para apoyar cierta población o actividad, la cual podría servir como una medida sustituta para el consumo del recurso total. Además, la huella ecológica es la inversa de la capacidad de carga y representa la cantidad de tierra necesaria para apoyar con una población determinada; por ejemplo, Londres requiere un área de Tierra 125 veces mayor que su huella ecológica física (Kibert, 2016). De lo mencionado se concluye que, si no se tiene un adecuado cuidado del medio ambiente y del consumo de los recursos que la Tierra nos brinda, el impacto a generarse al ambiente es perjudicial, asimismo el desarrollo y la buena calidad de vida para las personas en un futuro será difícil de conseguir. Por lo tanto, debido a que las construcciones utilizan los recursos de la Tierra y generan impactos perjudiciales, se utilizan nuevos métodos de sostenibilidad en las edificaciones para poder disminuir el daño al ambiente.

Cease (2019) menciona que en National Academies of Science, Engineering and Medicine (2016) se comenta sobre las tendencias de la población mundial de los Estados Unidos y que a medida se cuente con ciudades y barrios más urbanizados existe una reducción del medio

ambiente, la calidad, la expansión urbana, la expansión y la segregación social, los cuales son un desafío para la planificación y el diseño. Además, comenta que la decisión de priorizar las consideraciones medioambientales sobre el uso de la tierra dentro del país se dio a finales de la década de 1960 después de la aprobación de la Ley Nacional de Política Ambiental, la cual se utilizó y se mejoró dentro del Informe de Our Common Future publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1987.

Ante este movimiento de construcciones sostenibles, surgió la Certificación LEED, la cual como se mencionó brinda una guía a seguir por el equipo del proyecto de manera que se pueda completar los requisitos exigidos y se asegure que las edificaciones sean sostenibles. Esta certificación es la más utilizada a nivel mundial por los beneficios que se obtienen mediante su uso.

La certificación LEED ha sido empleada como un sistema de evaluación en más de 62000 proyectos en los Estados Unidos, además esta ha sido mejorada con el paso del tiempo debido a las nuevas medidas a tomar para mitigar los impactos perjudiciales (Mousa & Farag, 2016). Además, los estándares de LEED generan ahorros energéticos significativos con lo que se busca reducir los gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen con el desgasto del ambiente; asimismo dentro de dichos estándares se contempla el ahorro en el consumo del agua lo que implica un cuidado adecuado sobre los recursos no renovables.

LEED también toma en cuenta los residuos de la construcción por lo que dentro de los alcances de la certificación se busca generar una minimización de estos para contribuir a la mitigación de los impactos negativos. En un estudio realizado por Chi et al. (2020) en el que se compara la minimización de los residuos de la construcción en dos proyectos ubicados en China y Estados Unidos se menciona que la certificación si genera una concientización sobre la importancia de la reutilización y el reciclaje de dichos materiales, sin embargo, en Estados Unidos se observó que se obtuvo un mejor rendimiento en comparación con China debido a que este país cuenta con una mayor concientización sobre ser sostenibles, en cambio China pese a contar con un gran desarrollo sobre las construcciones no cuenta con los conocimientos adecuados o medidas sobre la reutilización de dichos elementos.

Como se ha mencionado anteriormente la certificación LEED si contempla varias medidas para mitigar los impactos negativos, pero también se requiere que se posea una mayor

concientización para generar un mejor desarrollo en cuanto a su aplicación. Asimismo, los beneficios de LEED involucran al ambiente, la sociedad y la economía, motivo principal por lo que se utiliza la certificación ambiental. Una evaluación de 22 instalaciones federales mostró que los edificios certificados LEED cuestan un 19% menos para operar, mientras que un estudio de los edificios certificados en Texas mostro un valor medio de mercado 6% mayor que los otros edificios sin certificación (Currie, 2019).

La USGBC, organización que creó la certificación LEED, en el Acuerdo de Paris planteó que se este es un paso crítico e importante para la acción climática mundial debido a que este acuerdo reunió a casi todas las naciones en un marco mutuo para proteger el planeta. Asimismo, se mencionó que mediante la utilización de los edificios sostenibles para el año 2030 se plantea reducir drásticamente las emisiones de carbono, así como para el año 2050 se busca alcanzar el consumo neto cero, el cual se basa en utilizar energía renovable y métodos en el que se pueda reducir el consumo del agua, de manera que se preserve el planeta y la calidad de vida (USGBC, 2019).

2.3.2.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y LEED EN EL PERÚ

Según Montoya (2014), el Perú vive un sostenido crecimiento del sector de construcción desde finales de los años 90. Asimismo, mencionó que este sector crece a tasas que superan el 10% anualmente. Desde el 2006 el sector se encuentra en crecimiento, según lo que señala Montoya, en más del 14% anual, además este crecimiento es impulsado principalmente por tres factores, los cuales son el incremento de los ingresos económicos de los hogares, las facilidades para la adquisición de viviendas y el incremento de la inversión tanto pública como privada destinado para la infraestructura.

De lo mencionado se concluye que el crecimiento del sector de construcción se origina debido a que la densidad poblacional aumenta por lo que se surgen mayores necesidades en cuanto a la obtención de hogares, instituciones públicas o privadas que brinden los servicios básicos como educación y salud. Debido a ello, las empresas constructoras deben tener un adecuado plan de diseño y construcción a seguir puesto que mencionados procesos tienen un impacto en el ambiente que muchas veces son muy perjudiciales.

Montoya (2014) hace referencia al BCRP del 2012, en el que se informó que el precio de venta promedio/alquiler anual para el segundo trimestre del año 2011 llegó a 15.4 USD/m² debido al aumento de capacidad adquisitiva de los peruanos en obtener una vivienda propia. Esto se representa en el crecimiento poblacional del departamento de Lima, y es que, debido a la falta de infraestructuras adecuadas dedicadas para los servicios básicos, así como para los hogares en los demás departamentos, las personas optan por venir a la capital para poder acceder a mejores infraestructuras que garanticen una buena calidad de vida. Esto se debe a que el Perú es un país centralizado y la mayoría de los recursos se centran en la capital por lo que no hay una buena inversión en las infraestructuras de los demás departamentos.

Como se menciona previamente, el sector de construcción aumentará por la demanda de las personas en adquirir nuevos hogares. Es por ello, que en el país ya se toma como objetivo principal la aplicación de métodos que aporten en que las edificaciones sean sostenibles. Ante ello se tiene que el Gobierno ha creado políticas para las construcciones de viviendas sostenibles y formales. Como resultado se creó el Bono Verde, el cual es un programa del fondo Mivivienda que impulsa y promociona el acceso a viviendas verdes, la cual incorpora criterios de sostenibilidad en su diseño y construcción, disminuyendo el impacto sobre el medio ambiente (Fondo Mivivienda, 2019).

Este bono se basa en la reducción del consumo del agua y la electricidad por medio de la utilización de los aparatos necesarios para lograr dichos objetivos como aparatos sanitarios que ayuden a que el consumo del agua sea menor. El Fondo Mivivienda otorga mencionado bono como un porcentaje (3% o 4%) del valor de financiamiento según sea el grado de sostenibilidad para la adquisición en un proyecto certificado (Fondo Mivivienda, 2019). Dentro de los beneficios a obtenerse por medio del Bono se encuentra que las cuotas mensuales son de menor costo que las regulares debido a que el aporte del Bono disminuye el monto restante a pagar; asimismo, el consumo de servicios de energía eléctrica y agua son más bajos, alrededor de un 30% menos (Techo Propio Perú, 2019). A la fecha se cuenta con más de 200 proyectos eco sostenibles con una oferta superior a las 46600 viviendas a nivel nacional, además en el presente año 2019 se busca beneficiar con más de 4500 créditos hipotecarios (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Asimismo, empresas constructoras privadas toman en cuenta los parámetros establecidos en la guía brindada por LEED. Esto se debe a que estas buscan brindar edificios sostenibles que disminuyan los impactos perjudiciales, además, estas cuentan con los profesionales adecuados para poder realizar el proceso de certificación ambiental y cuentan con un mejor planeamiento. En el Perú ya se cuenta con 113 edificaciones que cuentan con certificación LEED y 104 edificaciones que se encuentran en progreso para adquirir dicha certificación (USGBC, s.f.).

Lamentablemente, las construcciones privadas tienen un mejor desarrollo que las privadas debido a que en estas últimos se busca reducir los costos en la construcción y en un adecuado estudio para el diseño. Esto se debe a que no se tiene un adecuado seguimiento del cumplimiento de las obras, ya que en muchos casos las infraestructuras entregadas por las entidades públicas poseen paupérrimas condiciones, pero ello está relacionado con los encargados de realizar las construcciones debido a que muchas veces solo buscan beneficiarse a ellos mismos y no se preocupan por el ambiente y las personas. Es por ello que se deben realizar políticas adecuadas para la revisión del diseño de las edificaciones y que se tenga una supervisión con profesionales que sean éticos.

2.4. CERTIFICACIÓN EDGE Y SU COMPATIBILIDAD CON LEED

Como se mencionó anteriormente en el inciso sobre los tipos de certificaciones, EDGE significa Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias, la cual fue creada por el International Finance Corporation (IFC) miembro del Banco Mundial. Esto se debió a que el aumento de la población y el de la urbanización han contrastado fuertemente por la grave falta de infraestructura lo que ha ocasionado que el desarrollo de la construcción ecológica sea más importante con sus beneficios empresariales y económicos (Uroko, 2019). Debido a la problemática sobre la necesidad de construir nuevas infraestructuras para cumplir con las demandas actuales y la importancia del ambiente, las constructoras y los inversores de los proyectos tienen la necesidad de adoptar medidas que aseguren el desarrollo de las edificaciones sin impactar perjudicialmente al ambiente como es el caso de la mencionada certificación EDGE.

EDGE hace que un proyecto sea más rápido y fácil de certificar el proyecto verde, además, al emplear esta certificación se asegura una reducción del 20% en la energía, agua y la energía incorporada en los materiales; asimismo que en el capítulo anterior sobre LEED, EDGE forma parte de los parámetros establecidos en el Acuerdo de Paris, por lo que se tiene como meta que todos los nuevos edificios no contaminen con emisiones de carbono al 2030 y para el 2050 se busca que todos los edificios cumplan con dicho objetivo (EDGE, 2019).

Según la página web principal de EDGE se observa los valores ahorrados obtenidos por todas las edificaciones que han recibido una certificación preliminar y la certificación final por EDGE hasta la fecha (año 2020), los cuales indican que, de un total de 16,304,630 metros cuadrados de espacio registrados en las certificaciones, son los siguientes.

- Energía ahorrada: 339,412 MWh/año
- Agua ahorrada: 8,725,471 m³/año
- Energía incorporada en el ahorro de materiales: 19,093,894 GJ
- CO₂ ahorrado: 16, 280 tCO₂/año
- Espacio de piso certificado: 8,230,392 m²

La certificación EDGE se puede desarrollar en los siguientes proyectos los cuales son viviendas, locales comerciales, hoteles, oficinas, hospitales y en educación; además EDGE puede ser utilizada para certificar edificios en cualquier proceso de su ciclo de vida; los que incluyen la concepción, el diseño, nuevas construcciones, edificios existentes y renovaciones (EDGE, 2018). Además, su metodología de evaluación se basa en otorgar certificados a los proyectos y edificios que implementen estrategias ambientales de manera que alcancen al menos el 20% de ahorro en consumo de agua, energía y materiales.

Dentro de esta metodología de evaluación se contempla en primer lugar las características del proyecto, en donde se evalúa el uso de la edificación, la ubicación, los usuarios a los que va dirigidos, el área construida y las horas diarias de operación; en segundo lugar EDGE realiza cálculos sobre la demanda de los recursos que tendrá la edificación para contar con un edificio de referencia EDGE que será utilizado como línea base para luego realizarles las mejoras por medio de estrategias eficientes tanto en agua, energía y materiales para obtener el proyecto mejorado, el cual será más eficiente y sostenible.

Dai Nhan Nguyen, ingeniero que estudio en la Universidad Tecnológica de Ho Chi Minh y que actualmente ocupa el cargo de gerente técnico de diseño sostenible en Ardor Architects menciona que estaba interesado en dedicar su carrera al ahorro de energía en edificios y encontró en EDGE la manera de poder lograr dicho objetivo debido a que cuando realizo los cálculos con el software EDGE para compartir con sus clientes obtuvieron resultados fiables del ahorro del proyecto en función de las decisiones adoptadas (Menes, 2018). Ante lo mencionado se observa que la certificación EDGE es una de las importantes debido a que cuenta con un software que le permite conocer y estimar de manera fiable el consumo de los recursos energéticos, consumo de agua y materiales.

Asimismo, EDGE permite a los equipos de diseño y dueños de proyectos evaluar y comparar de forma rápida los costos estimados para desarrollar las estrategias dirigidas a la reducción del consumo de energía, el uso del agua, y la energía incorporada en los materiales (EDGE, 2019).

Tanto la certificación EDGE como LEED tienen como objetivo la reducción de la energía, el consumo del agua y medidas de eficiencia del uso de materiales. Sin embargo, LEED tiene en consideración más alcances, los cuales se mencionaron en el inciso sobre la Certificación LEED como por ejemplo sitios sostenibles. Es decir, LEED toma en consideración el entorno en donde se desarrolla el proyecto y el impacto que se genera a este, así como a las especies que viven en el ambiente a modificar. A pesar de lo mencionado, ambas certificaciones ambientales tienen en común que el proceso de certificación no solo se queda en la etapa de diseño, sino que se evalúa la etapa de construcción y operación en el plan elaborado para la obtención de la acreditación ambiental.

Asimismo, para elaborar el plan a seguir mediante las guías que se disponen de las mencionadas certificaciones se necesita de expertos que conozcan sobre la certificación a emplear. El trabajo a realizar tanto por los expertos como por los diseñadores debe ser integrado, es decir que debe existir comunicación entre todas las partes involucradas para que se conozca sobre los procesos a emplear para el cumplimiento de los requisitos especificados en las guías de certificación (LEED, 2009)

Para determinar el porcentaje de los recursos empleados por medio de la edificación, EDGE cuenta con un software, el cual se explica con mayor detalle en el capítulo 3. Por medio de

este software se obtiene el consumo energético, de agua y de los materiales. Debido a que los alcances evaluados en EDGE tienen los mismos objetivos a cumplir que los de LEED para estos mismos se puede emplear dicho software para determinar el consumo de los recursos por medio de la Certificación LEED.

A ello se le agrega que Green Business Certification Inc. (GBCI) and USGBC han estado trabajando con IFC, el cual es un miembro del Grupo del Banco Mundial e innovador de EDGE, para garantizar que LEED y EDGE trabajen sinérgicamente para satisfacer las necesidades del mercado en torno a la sostenibilidad. Asimismo, se han identificado 4 sinergias entre ambas certificaciones (Karni, s.f.). Estas se muestran en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1

Sinergias entre EDGE y LEED

Número de sinergia	Descripción
Sinergia 1	Los profesionales de LEED están precalificados para convertirse en expertos EDGE.
Sinergia 2	Los profesionales LEED y otros profesionales de certificaciones del programa GBCI reciben horas Continuing Education (CE) para el trabajo del proyecto EDGE
Sinergia 3	Las políticas de construcción ecológica y los incentivos para la certificación EDGE califican para LEED para ciudades y comunidades v4.1 puntos.
Sinergia 4	La certificación EDGE contribuye a LEED v4 para el Prerrequisito y Crédito de Construcción Ecológica Certificada por Desarrollo de Vecindarios.

Nota. Fuente: Resumen de sinergias entre EDGE y LEED. Recuperado de: [EDGE and LEED Synergies Summary | EDGE \(gbc.org\)](#)

CAPITULO 3 METODOLOGÍA

La construcción de un edificio genera impactos al ambiente, los que pueden ser muy perjudiciales si no se utiliza una certificación ambiental para asegurar que este sea eco amigable. Esto se debe a que un proyecto involucra varios procesos, los cuales son el diseño, la construcción, operación y mantenimiento que se deben analizar; además, en mencionados procesos se presentan la generación de residuos sólidos, el consumo de agua, entre otros, los cuales son contemplados dentro del plan del proyecto que se realiza en base a la guía a seguir dependiendo la certificación a utilizar. Por consiguiente, al emplear una certificación ambiental como LEED en nuestro caso de estudio se aseguran de que este sea sostenible y exista una reducción del consumo de agua, de electricidad y generación de residuos, lo que genera un impacto mucho menor que el producido por una edificación convencional. De esta manera se busca fomentar el uso de las certificaciones ambientales como LEED y EDGE debido a que estas generan un impacto menos perjudicial al ambiente, lo que favorece a las personas que habitan el edificio. Es por ello por lo que se utilizan las siguientes etapas metodológicas para demostrar los beneficios de emplear las certificaciones ambientales.

- Estudio del caso
- Instrumentos y fuentes de recolección
- Tipo de certificación
- Software y entorno digital
- Procedimiento para el tratamiento de los datos

3.1. ESTUDIO DEL CASO

El proyecto por estudiar es el Complejo Centenario, el cual se ubica en la zona sur de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) en el distrito de San Miguel, en la Ciudad de Lima Metropolitana, provincia de Lima. El proyecto complejo es un espacio académico orientado al estudio y al aprendizaje en un área de más de 6,800 m²; por lo ello, además de oficinas, laboratorios, salas de lecturas, este incluye veredas, escaleras, foros, terrazas y plazas que sirven como espacios para la socialización (PUCP, s.f.).

En la figura 3.1 se puede observar la ubicación satelital del edificio y en la figura 3.2 se muestra la fachada de la edificación. Asimismo, en la Tabla 3.1 se muestra un resumen sobre la información general del presente proyecto.

FIGURA 3. 1

Ubicación (Izquierda) y vista en planta del complejo (Derecho)



Nota. La imagen corresponde a la Pontificia Universidad Católica del Perú, la cual fue obtenida de Google Maps (s.f.)

FIGURA 3. 2

Vista de frente del Complejo Centenario



Nota. Adaptado del Portal Administrativo PUCP (2019). Complejo de Ciencias Sociales

([HTTPS://ADMINISTRATIVO.PUCP.EDU.PE/PROYECTOS/COMPLEJO-DE-CIENCIAS-SOCIALES/](https://administrativo.pucp.edu.pe/proyectos/complejo-de-ciencias-sociales/))

TABLA 3. 1

Información general del edificio

Campo	Descripción
Nombre del edificio	Complejo Centenario
Ubicación	Pontificia Universidad Católica del Perú
Pisos	Del piso 1 al 4 sirve para espacios de estudio y descanso Del piso 5 al 9 son oficinas administrativas
Tipo de Certificación	Certificación LEED silver versión 3

Nota. Fuente: Complejo de Ciencias Sociales de la página Descubre PUCP y el Scorecard del complejo de la página de proyectos LEED

3.2. INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Como este edificio cuenta con certificación LEED, este debe cumplir con los parámetros estipulados en la guía LEED versión 3, la cual fue empleada para la certificación del Complejo Centenario, por lo que mediante el Scorecard obtenido de la acreditación se determina los puntos alcanzados por este complejo para conocer los alcances desarrollados de la certificación, así como los créditos a los que se postularon, los que fueron aceptados y los que rechazados. Todo ello se requiere para poder estimar las mejoras empleadas en el complejo, las cuales se necesitan al momento de modelar la edificación en el software EDGE, el cual se explica en el inciso 3.4, para determinar la eficiencia energética y del agua en caso no se contase con la certificación y en caso se contase con esta debido a que no se cuenta con todos los detalles sobre las mejoras realizadas.

Lo mencionado previamente se debe a que no se cuenta con la información sobre el consumo del agua de la edificación mediante la línea base (en caso no contase con la certificación) y mediante la certificación LEED, solo se cuenta con la información brindada por la empresa encargada de realizar la certificación, en el Complejo Centenario, la cual es la empresa Red Regenerativa, sobre dos elementos empleados para lograr la reducción del consumo del agua.

Asimismo, se cuenta con el resumen del reporte de comisionamiento, brindada por la mencionada empresa, en el cual se especifican de manera general los requerimientos del propietario para el proyecto; las bases del diseño para la certificación y el plan de comisionamiento en el cual se especifican las estrategias, aspectos y responsabilidades por cada fase del proyecto para todos los miembros que conforman este. Este resumen del reporte de comisionamiento es de utilidad para poder determinar datos a emplear en el software Edge para la modelación.

Por último, se cuenta con el análisis energético del Complejo Centenario, dicha información la brinda Red Regenerativa, en el cual se especifica el reporte de la simulación de energía para la línea base en caso no se contase con la certificación y para el caso se contase con la certificación LEED. Dichos datos sirven para comparar la reducción del consumo energético por medio de la certificación.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN OBTENIDA POR EL COMPLEJO CENTENARIO

Para nuestro caso de estudio se emplea la Certificación LEED. Como se mencionó previamente, la certificación LEED sirve como una herramienta cuyo objetivo es guiar a la edificación a que pueda ser sostenible por medio de requerimientos que se deben cumplir durante el proceso de diseño, construcción y mantenimiento. Además, LEED es el estándar en construcción sostenible con mayor prestigio en todo el mundo, el cual se basa en un sistema de puntuación que mide el nivel de respeto medioambiental y de salud de las edificaciones que han sido desarrolladas bajo los criterios del USGBC (Regenerativa, 2019). Cuando una empresa busca lograr la acreditación LEED en su edificio debe determinar el tipo de certificación a adquirir, puesto a que cada una de estas posee una cantidad diferente de puntajes a cumplir por medio de los créditos a especificados, así como los requisitos a conseguir y prerrequisitos que son propios de cada una. Los tipos de certificación LEED según la USGBC se muestran en la siguiente Tabla 3.2

TABLA 3. 2

Tipos de certificación LEED según la USGBC

Tipos de certificación LEED	Descripción y tipos de edificios dentro de la categoría
Building Design and Construction (BD+C)	Para edificios en los cuales se elabora nuevos diseños y construcción. Los edificios dentro de la categoría son: Nueva Construcción y Renovaciones Mayores (el diseño y la construcción de edificios nuevos como para edificios en el que se le realizaran renovaciones), Core and Shell Development, Data Center (edificios destinados a satisfacer la necesidad de equipos informáticos), Healthcare (edificios médicos hospitalarios), Hospitality (hoteles, moteles y edificios de la industria de servicio), Retail (edificios para las necesidades de los minoristas), Escuelas y Centers (edificios para almacenar mercancía)

Interior Design and Construction (ID+C)	Para desarrollar espacios interiores que sean mejores para el planeta y para los usuarios. Los tipos de edificios que se encuentran dentro de la categoría son: Commercial Interiors y Retail y Hospitality
Building Operations and Maintenance (O+M)	Para edificios existentes que se encuentran en proceso de mejoramiento o poca o ninguna construcción. Los edificios dentro de la categoría son: Existing Buildings, Schools, Retail, Hospitality, Data Centers y Warehouses and Distributions Centers
Neighborhood Development (ND)	Para proyectos nuevos que se ejecuten en lugares de desarrollo o en proyectos de reurbanización que contengan usos residenciales
Homes	Para viviendas unifamiliares, multifamiliares de poca altura (1-3 pisos) o multifamiliares de media altura (4-6 pisos).
Cities and Communities	Para ciudades enteras, además los proyectos de LEED for Cities pueden medir y gestionar el consumo de agua, el uso de energía, los residuos, el transporte y la experiencia humana

Nota. Fuente: A LEED for every project (USGBC, 2021)

La categoría empleada con mayor frecuencia a nivel mundial es Building Design and Construction (BD+C), debido a que involucra el diseño del proyecto, así como el proceso de construcción y debido a los impactos generados en el ambiente a causa de las edificaciones, se toman medidas desde su concepción. Esta categoría es la que se utiliza en el presente informe para nuestro caso de estudio.

Como se mencionó dependiendo del tipo de categoría usada que es la BD+C, se cuenta con una guía en la cual se especifican los alcances a lograr. Actualmente se cuenta con la última versión LEED que es la V4.1, sin embargo, la versión empleada para la certificación del Complejo Centenario como se menciona previamente es LEED v3. 2009, en la siguiente tabla 3.3 se muestran los alcances, sus prerequisites y créditos respectivos por cada alcance para la versión de certificación mencionada según la USGBC (2019). En el Anexo 1 se explica con más detalle lo que se requiere en los prerequisites y créditos a cumplir para cada alcance.

TABLA 3.3*Alcances y prerequisites de la certificación LEED V3 2009*

Alcances	Prerrequisitos
Sitios Sostenibles (26 puntos)	-SSP1: Prevención de la Contaminación por actividades de Construcción
	-SSc1: Selección del Sitio. (1pto.)
	-SSc2: Densidad del Desarrollo y Conectividad de la Comunidad (5pto.)
	-SSc3: Redesarrollo de Suelos Industriales Contaminados (1pto.)
	-SSc4.1: Transporte Alternativo: Acceso al Transporte Público. (6ptos.)
	-SSc4.2: Transporte Alternativo: Almacén de Bicicletas y Vestuarios. (1pto.)
	-SSc4.3: Transporte Alternativo: Vehículos de Baja Emisión y Combustible Eficiente. (3pto.)
	-SSc4.4: Transporte Alternativo: Capacidad de Aparcamiento. (2ptos.)
	-SSc5.1: Desarrollo de la Parcela: Proteger o Restaurar el Hábitat. (1pto.)
	-SSc5.2: Desarrollo de la Parcela: Maximizar el Espacio Abierto. (1pto.)
	-SSc6.1: Diseño de Escorrentías: Control de Cantidad. (1pto.)
	-SSc6.2: Diseño de Escorrentías: Control de Calidad. (1pto.)
	-SSc7.1: Efecto Isla de Calor: No-Tejado. (1pto.)
-SSc7.2: Efecto Isla de Calor: Tejado. (1pto.)	
-SSc8: Reducción de la Contaminación Lumínica. (1pto.)	
Eficiencia en Agua (10ptos.)	-WEp1: Reducción del Consumo de Agua
	-WEc1: Jardinería Eficiente en Agua. (4ptos.)
	-WEc2: Tecnologías Innovadoras en Aguas Residuales. (2ptos.)
	-WEc3: Reducción del Uso de Agua. (4ptos.)

- EAp1: Recepción Fundamental de los Sistemas de Energía del Edificio.
- EAp2: Mínima Eficiencia Energética.
- EAp3: Gestión de los Refrigerantes Principales.
- EAc1: Optimización de la Eficiencia Energética. (19ptos.)
- EAc2: Energía Renovable In-Situ. (7ptos.)
- EAc3: Recepción Mejorada. (2ptos.)
- EAc4: Gestión Mejorada de los Refrigerantes. (2ptos.)
- MRp1: Almacenamiento y Recogida de Reciclables.
- MR1.1: Reutilización del Edificio: Mantener los Muros, Forjados y Cubiertas Existentes. (3ptos.)
- MR1.2: Reutilización del Edificio: Mantener los Elementos no Estructurales del Interior. (1pto.)
- MR2: Gestión de Residuos de Construcción. (2ptos.)
- MR3: Reutilización de Materiales. (2ptos.)
- MR4: Contenido em Reciclados. (2ptos.)
- MR5: Materiales Regionales. (2ptos.)
- MR6: Materiales Rápidamente Renovables. (1pto.)
- MR7: Madera Certificada. (1pto.)
- IEQp1: Mínima Eficiencia de Calidad del Aire Interior.
- IEQp2: Control del Humo del Tabaco Ambiental.
- IEQc1: Seguimiento de la Entrada de Aire Fresco. (1pto.)
- IEQc2: Incremento de la Ventilación. (1pto.)
- IEQc3.1: Plan de Gestión de Calidad del Aire Interior en la Construcción-Durante la Construcción. (1pto.)
- IEQc3.2: Plan de Gestión del Plan de Calidad en la Construcción: Antes de la Ocupación. (1pto.)
- IEQc4.1: Materiales de Baja Emisión: Adhesivos y Sellantes. (1pto.)
- IEQc4.2: Materiales de Baja Emisión: Pinturas y Recubrimientos. (1pto.)
- IEQc4.3: Materiales de Baja Emisión: Sistemas de Suelos. (1pto.)

Energía y
Atmosfera
(35ptos.)

Materiales y
Recursos
(14ptos.)

Calidad
Ambiental
Interior (15ptos.)

	-IEQc4.4: Materiales de Baja Emisión: Productos de Maderas Compuestas y de Fibras Agrícolas. (1pto.)
	-IEQc5: Control de Fuentes Interiores de Productos Químicos y Contaminantes. (1pto.)
	-IEQ6.1: Capacidad de Control de los Sistemas: Iluminación. (1pto.)
	-IEQ6.2: Capacidad de Control de los Sistemas: Confort Térmico. (1pto.)
	-IEQ7.1: Confort Térmico: Diseño. (1pto.)
	-IEQ7.2: Confort Térmico: Verificación. (1pto.)
	-IEQ8.1: Luz Natural y Vistas: Luz Natural. (1pto.)
	-IEQ8.2: Luz Natural y Vistas: Vistas. (1pto.)
Innovación en el Diseño (6ptos.)	-IDc1: Innovación en el Diseño. (5ptos.)
	-IDc2: Profesional Acreditado LEED. (1pto.)
Prioridad Regional (4ptos.)	Proporcionar un incentivo para conseguir créditos que se dirigen a las prioridades medioambientales específicas de la geografía.

Nota. Fuente: LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones Versión 3.0. Recuperado de: [Microsoft Word - LEED 2009 NC Nov 2008 ESP \(sistemamid.com\)](http://sistemamid.com)

La certificación BD+C cuenta con un sistema de puntuación de 110 como máximo. Según la Guía de Building Design and Construction se cuenta con cuatro niveles de certificación los cuales son los siguientes (USGBC, 2019).

- Certificado: 40-49 puntos
- Plata: 50-59 puntos
- Oro: 60-79 puntos
- Platino: 80+ puntos

3.4. SOFTWARE Y ENTORNO DIGITAL

Como en la presente tesis se evalúa el consumo energético y del agua, así como las emisiones de dióxido de carbono para evaluar el desempeño ambiental del proyecto, el cual cuenta con certificación LEED se debe realizar un estudio sobre el consumo de dichos recursos en base a una línea de referencia para de esa manera realizar un análisis comparativo adecuado. El Software EDGE sugiere valores predeterminados para el caso base del proyecto y a medida que se le ingresen las mejoras, el software muestra las reducciones de dichos consumos, es decir, brinda las eficiencias energéticas y del agua por medio de mejoras relacionadas a los aparatos sanitarios y eléctricos que garanticen la reducción de dichos recursos, además, al final de colocar todas las mejoras a realizar en el proyecto a certificar, este software brinda las emisiones de dióxido de carbono que se generan (EDGE, 2019).

El software EDGE requiere que se ingrese datos sobre el proyecto que en este caso es el Complejo Centenario como la orientación del edificio, la cantidad de los espacios con los que se disponen, la altura de piso a piso, área interna bruta, etc. Dichos datos permiten que el software pueda modelar un edificio base o de guía con el cual se realizan las comparaciones de las mejoras obtenidas. Asimismo, este permite ingresar datos sobre la edificación a valorar y una vez que se ingresa al software se tiene las opciones para elegir el tipo de edificación a certificar como pueden ser las siguientes: Homes (Hogares), Hospitality (Hoteles), Retail (Venta al por menor), Offices (Oficinas), Hospitals (Hospitales) y Education (Educación) (EDGE, 2019).

El software EDGE es auto explicativo debido a que, una vez seleccionado el tipo de edificación, este brinda ciertas casillas a completar con la información del edificio con lo que se obtendrá la línea de base y conforme se seleccionen las mejoras a realizar se observa los porcentajes ahorrados en base a esta línea de referencia. Algo importante y representativo de este software es que se indica el tiempo que se necesitara para recuperar el dinero a través de los ahorros efectuados. (EDGE, s.f.).

Según el reporte EDGE sobre la metodología, el Software EDGE se guía de los datos recopilados a nivel local por medio de las instituciones basadas de los países que proporcionaron estudios de mercado para poder realizar el modelado, por lo que entrega valores por defecto, los cuales pueden ser modificados en caso se requiera de ello. Asimismo,

los supuestos tomados para la creación del edificio base son tomados de las normas de cada país para la construcción de un edificio o el diseño de este. Por lo que para poder determinar los parámetros del edificio base se emplea la información sobre las practicas típicas o más comunes de construcción del país, así como los códigos de rendimiento de los edificios (EDGE, s.f.).

Por lo que las eficiencias a tomar para las mejoras son en base a los códigos del país y además se emplean los códigos de la ASHRAE como la 90.1, los cuales son los mismos códigos que toma en cuenta LEED como requisito para la obtención de la certificación.

La utilización del Software EDGE en la presente tesis se debe a que se requiere modelar la edificación en caso contase o no contase con la certificación LEED puesto que se necesita los datos del consumo energético y del agua para poder realizar una adecuada comparación entre ambos casos. Para este estudio como se menciona en el inciso 3.2 solo se cuenta con los datos del consumo energético para ambos casos, mas no se cuenta con el consumo del agua por lo que es necesario emplear el software.

Otro punto por el cual se emplea el software EDGE es debido a que el software a emplear por LEED no es gratuito por lo que no es de fácil acceso para poder realizar la modelación y conocer los datos, en cambio EDGE es un software gratuito y de fácil acceso mediante la misma página de EDGE. Asimismo, como la presente tesis se enfoca principalmente en el consumo energético y el consumo del agua, y se conoce que EDGE se centra en dichos puntos mencionados, así como materiales como se puede observar en su misma app EDGE se emplea dicho software para estimar los consumos mencionados previamente.

Mediante el análisis del Scorecard y los créditos alcanzados se puede estimar cuales son los aparatos eléctricos o sanitarios que se emplean para lograr la reducción del consumo energético y del agua. Una vez que se cuente con estos datos se puede emplear el este software para la modelación del proyecto con lo que se puede estimar el ahorro del consumo energético y del agua; y posterior evaluar el impacto ambiental en base las emisiones de dióxido de carbono que el Complejo Centenario generara con las mejoras empleadas.

Es importante recalcar que, si bien se cuenta con el Scorecard y sus reducciones generadas en el consumo energético y del agua, se opta por realizar el modelado en el software EDGE debido a que los datos que se obtienen en cuanto a las cantidades de los consumos son

requeridos para evaluar los beneficios ambientales para saber cuánto se disminuye en las emisiones de los gases de efecto invernadero, y económicos en cuanto a los ahorros monetarios que se generan mediante la aplicación de LEED.

3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS

En el presente apartado se explica de manera detallada los pasos realizados para el desarrollo de la presente tesis. Para la realización del presente proyecto se emplea la siguiente secuencia explicada a continuación.

a) Recolección de datos e información para la modelación en el software EDGE

En este punto se aplica lo explicado en el inciso 3.2, el cual consiste en recolectar los instrumentos empleados en el Complejo Centenario para lograr la certificación LEED, puesto que estos se requieren para la modelación de la edificación con la que se estima el consumo energético y del agua, así como se estiman las emisiones de dióxido de carbono. Asimismo, en este inciso se menciona que no se cuenta con los valores reales del consumo de agua de la modelación realizada por la empresa encargada de lograr la certificación en el Complejo Centenario, así como los valores de la línea base del proyecto, y como se menciona en el inciso 1.3 para desarrollar objetivo general de la presente tesis se requiere de dichos datos.

Para estimar los valores que se requieren en cuanto al consumo del agua se emplea el software EDGE, como se menciona en el inciso 3.4, debido a que este brinda dichos valores por medio de la modelación del Complejo Centenario. Asimismo, dicho software brinda el consumo energético y las emisiones de dióxido de carbono, las cuales se requieren para estimar el impacto ambiental.

Como se menciona en el inciso 3.2, se cuenta con el consumo energético real por medio de la modelación realizada por la entidad encargada de lograr la certificación del proyecto para el caso en que este cuente con la certificación y no cuente con la certificación, sin embargo, también se estima estos valores en el software para poder conocer que tan cercanos y confiables son los valores obtenidos en el software EDGE con respecto a los valores reales.

Para determinar cuáles son los datos por recolectar se analiza el software EDGE para conocer que valores pide este a insertar en cada apartado que tiene para la modelación adecuada del

proyecto. Estos datos están relacionados con los elementos a emplear para la reducción del consumo energético y del agua, tales como aparatos sanitarios y eléctricos.

Con respecto a los aparatos sanitarios se cuenta con dos de estos elementos que brinda Red Regenerativa, los cuales son el tipo de regadera y brazo chapetón con sistema anticácareo y el aparato Faucet TV121-1.9, los demás elementos empleados se estiman en base a la reducción del agua que se espera por medio de instrumentos sanitarios. Toda esta estimación se basa en la categoría de reducción del agua del Scorecard.

Con respecto a los aparatos eléctricos, se emplea, también, el Scorecard para determinar los logros obtenidos con respecto a la eficiencia energética para poder estimar los aparatos eléctricos. Asimismo, se utiliza el plan de comisionamiento brindado por Red Regenerativa, puesto que en este se menciona las consideraciones para el mejoramiento de los sistemas eléctricos que desea lograr el propietario en el edificio.

b) Modelación en el Software EDGE

Para empezar con la modelación, el software requiere que se ingrese ciertos datos principales sobre el proyecto de estudio como el tipo de edificación, el cual requiere de ingresar que es una edificación educacional universitaria; la locación, en el que se ingresa el país y ciudad en donde se encuentra el proyecto que es nuestro caso es Perú – Lima; detalles generales del proyecto, en el cual se debe ingresar nombre de proyecto, propietario, correo del propietario, dirección, etc.; detalles del subproyecto, en el cual se debe ingresar si la certificación es para un proyecto preliminar o si es post - construcción, si el proyecto es nuevo o es uno existente, etc.; datos del edificio, en el que se debe ingresar el número de pisos en altura, número de sótanos, área, etc., en este punto se toman datos por defectos debido a que no se cuenta con ellos; entre otros datos principales sobre el proyecto.

Una vez ingresados los datos mencionados previamente se debe ingresar en la pestaña de eficiencia del agua los elementos empleados en el proyecto para lograr esto, los puede ser: duchas de bajo flujo, grifos de bajo flujo para lavabos, sanitarios con uso eficiente de agua, urinarios con uso eficiente de agua, grifos de cocina con uso eficiente de agua, válvulas rociadoras de bajo flujo para preenjuagar la vajilla, lavavajillas con uso eficiente de agua, lavavajillas de carga frontal con uso eficiente del agua, sistema de recuperación del agua de enjuague para el lavado de ropa, sistema de recuperación del agua condensada, jardinería con

uso del agua eficiente, cobertor para piscina, sistema de recolección de agua de lluvia, sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises, sistema de tratamiento y reciclaje de aguas negras.

Luego de ello, se debe ingresar los elementos que son empleados por el proyecto para la obtención de la eficiencia energética, dichos elementos pueden ser para lograr los siguientes puntos: reducción de la energía para la refrigeración (aire acondicionado), energía de calefacción, energía de bombas, energía de agua caliente, energía de los equipos y ascensor, energía de ventiladores y la iluminación.

Es importante mencionar la inserción de dichos elementos sanitarios y eléctricos en el apartado de eficiencia del agua y energética depende de lo que cada proyecto decida emplear para generar una reducción en el consumo del agua y energía.

Con todo lo mencionado previamente se puede modelar el proyecto en caso este contase con la certificación para contar con los datos del consumo energético y de agua, además este software con todos los datos ingresados brinda la emisión de dióxido de carbono que genera el proyecto certificado. De la misma manera se emplea en el mismo software para determinar las emisiones de dióxido de carbono en caso el proyecto no constase con certificación debido a que con estas emisiones para ambos casos se puede estimar el impacto al ambiente. Para modelar el segundo caso mencionado, en el software no se consideran las mejoras realizadas.

c) Análisis cuantitativo de los resultados obtenidos por medio del software

Luego de ejecutar el programa para ambos casos, se obtiene los resultados, los cuales se documentan por medio de tablas para poder realizar la comparación adecuada sobre las eficiencias logradas en el proyecto mediante la certificación. Asimismo, por medio del software se puede estimar los beneficios económicos teniendo en cuenta los gastos que se generaran por medio del consumo de agua y eléctrico tanto para la edificación con o sin certificación.

De la misma manera, como se cuenta con los datos verdaderos del consumo energético del proyecto por medio del reporte de análisis energético brindado por Red Regenerativa, los cuales están en MMBtu por año se procede a emplear la siguiente fórmula 3.1 para pasar dicho valor a KWh por mes y poder realizar una comparación entre los resultados obtenidos por Red Regenerativa y el software con lo que se puede determinar la eficacia de emplear este software.

$$\frac{1 \text{ MMBtu}}{\text{año}} * \frac{293.07 \text{ KWh}}{1 \text{ MMBtu}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = \frac{\text{KWh}}{\text{mes}} \quad (3.1)$$

d) Análisis cualitativo de los resultados obtenidos por medio del software

Por medio de los resultados obtenidos con respecto a las emisiones de dióxido de carbono se puede realizar un análisis cualitativo para determinar los beneficios que se genera al ambiente por medio de la utilización de la certificación LEED.

e) Estimación de los beneficios sociales generados por medio de la certificación LEED en el proyecto.

Los beneficios sociales se estiman por medio de una encuesta que se realiza a los usuarios del Complejo Centenario, que en este caso son estudiantes, para conocer la percepción que estos poseen sobre un edificio con certificación.



CAPITULO 4 RESULTADOS

En este capítulo se evalúa los resultados obtenidos por medio del software EDGE para el proyecto de estudio en caso esta constase o no contase con la certificación. Los resultados obtenidos están relacionados en la eficiencia energética, eficiencia del agua y las emisiones de dióxido de carbono. De la misma manera, en el presente capitulo se evalúa los beneficios sociales, económicos y ambientales que se generan por construir una edificación sostenible que cuenta con la certificación ambiental LEED.

4.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DEL AGUA POR MEDIO DEL SCORECARD DEL COMPLEJO CENTENARIO

Como se menciona previamente el caso de estudio es el Complejo Centenario de la PUCP, el cual se registró para la obtención de la Certificación LEED el 30 de marzo de 2016 y fue certificado el 8 de agosto de 2019 (LEED, s.f.).

El Complejo Centenario contrató a la Red Regenerativa para brindarle los servicios del comisionamiento, los cuales detallan los procesos a seguir en las tres etapas las cuales son diseño, construcción y la fase de aceptación para la obtención de la certificación. El objetivo principal para el Complejo fue el de lograr que este cuente con una buena calidad y un buen desempeño a nivel de edificación, así como brindar un diseño sostenible (Regenerativa, s.f.).

La intención en la construcción del Complejo Centenario fue el de conseguir la certificación de oro para lo cual se requiere contar con un puntaje que este dentro del rango de 60 a 79 puntos. El Complejo Centenario aplicó a 71 puntos de los cuales 20 puntos fueron denegados, por lo que se alcanzó la certificación de plata. Estos datos se obtienen del Scorecard brindado por Red Regenerativa.

Para obtener la certificación LEED se deben cumplir con la mayoría de los créditos que están distribuidos en las siete categorías. El Complejo obtuvo los siguientes puntos por cada categoría.

- Sitios Sostenibles: 16 de 26 puntos

- Eficiencia del Agua: 4 de 10 puntos
- Eficiencia del Energía y Atmosfera: 14 de 35 puntos
- Materiales y Recursos: 6 de 14 puntos
- Calidad del Aire Interior: 4 de 15 puntos
- Innovación y Diseño: 3 de 6 puntos
- Prioridad Regional: 4 de 4 puntos

En la presente tesis, los puntos a evaluar del Scorecard obtenido para la modelación del presente proyecto como se menciona en el capítulo de metodología son el de eficiencia energética y del agua.

Con respecto al alcance de la Eficiencia del Agua se obtuvo un puntaje total igual a 4 puntos debido a que se cumplió con el crédito WEc3 que trata sobre la reducción del uso del agua y el prerequisite.

El Complejo Centenario logró cumplir con el prerequisite que exige la guía LEED, el cual consiste en obtener una reducción del 20% del uso de agua. Los prerequisites son requerimientos mínimos que solicita la guía para poder obtener puntajes por el cumplimiento de los créditos que posee el alcance. El proyecto logró una reducción total en el uso del agua potable del 42.1%. Esto se logró teniendo que los cálculos no consideran el consumo del agua por parte de los urinarios de las personas con discapacidad debido a que no se espera que estos usen, pero en la forma se señala que se espera que el porcentaje que se espera que de los hombres usen baños con urinarios es del 100%. Además, estos cálculos no incluyen los usos de los fregaderos de la cocina en los grupos de mantenimiento y discapacidad, sino según la Guía LEED se espera que se utilicen los fregaderos de cocina con una tasa de un uso por FTE (Full-Time Equivalent) por día. Dichos datos se obtienen del Scorecard brindado por la Red Regenerativa, en el cual se detallan puntos generales sobre la obtención del crédito.

Para el alcance de Energía y Atmosfera se obtuvo un total de 14 puntos debido a que se cumplieron con los prerequisites establecidos y los créditos EAc1, EAc3, EAc4, EAc5 y EAc6. Sin embargo, en el crédito EAc1 solo se obtuvieron 5 de los 19 posibles puntos a alcanzar debido a que la documentación adicional demostraba que se logró reducir costos en energía del 64% como parte del prerequisite EAp2. Sin embargo, en el reporte previo se

indicó que cuando los valores de este prerrequisito fueron recalculados se observaron que el proyecto presentaba una reducción de los costos de energía del 26%. Al final en el último reporte de diseño y construcción se comprobó que se consiguió una reducción del costo de energía del 45.19%, pero se consideró que la información dada era insuficiente para verificar ello. Este crédito brinda 5 puntos cuando se logra una reducción en costos de energía del 26%.

4.1.1. ANÁLISIS DE LA ENERGÍA AHORRADA

a) Estimación de los datos para la modelación en el Software EDGE

El Complejo Centenario como uno de sus objetivos planteó el lograr una reducción en el uso de la energía, puesto que dentro de los alcances a cumplir para la certificación LEED esta Energía y Atmosfera. Este alcance se caracteriza por tener una perspectiva holística debido a que se busca la reducción del uso de energía por medio de estrategias en las que se planteen un diseño eficiente sobre el manejo de la energía además de emplear y buscar fuentes de energía renovable (LEED, 2020).

Actualmente, los recursos energéticos empleados están orientados mayormente hacia el uso del petróleo, el carbón y el gas natural; además, al emplear los recursos mencionados previamente los cuales no son renovables, puesto que sus cantidades son limitadas o estas no se pueden reemplazar de la misma manera en la que son usadas, estas emiten gases de efecto invernadero (LEED, 2020). De lo expresado previamente se puede deducir que el uso de la energía no renovable no es sostenible debido a que se sobreexplotan los recursos del medioambiente sin considerar el impacto que se ocasiona sobre este.

Para asegurar la eficiencia energética de un edificio se pueden utilizar diversas metodologías como calefacción y refrigerantes pasivos, ventilación natural y sistemas de climatización de alta eficiencia que se encuentren asociados a controles que contribuyan con una mayor reducción en el uso del consumo energético (LEED, 2020).

Uno de los beneficios que se obtienen de cumplir este alcance es que se incentiva a los profesionales a que busquen maneras sustentables para brindar al edificio de energía, asimismo se aleja al mercado de la dependencia en los recursos no renovables. Con todo ello

se busca que se reduzca el impacto sobre el medioambiente y que se comience a pensar en que se debe construir edificios sustentables, puesto que si no se toman las medidas necesarias se seguirá impactando negativamente al medioambiente y esto traerá consecuencias a largo plazo las cuales serán negativas para todos los seres vivos que habitamos en él.

Como se mencionó en la primera parte de este inciso, el Complejo Centenario empleó la Guía LEED para lograr una reducción del uso de la energía. Por lo que en los requerimientos que la PUCP solicitó a la entidad encargada de elaborar el diseño para lograr este alcance fueron los siguientes.

- Maximizar los créditos correspondientes a HVAC que se encuentre dentro del alcance de Energía y Atmosfera como la principal prioridad. Por lo que se busca que el edificio opere a un mínimo del 12% más de eficiencia que la Norma ASHRAE 90.1-2007 lo indica.
- Con respecto al sistema de iluminación se busca utilizar iluminaciones de alta eficiencia para poder reducir las densidades de potencia en un 10 a 15% en comparación con la Norma ASHRAE 90.1-2007.
- Utilización de un sistema automático y otros controles que permitan mantener y rastrear de manera eficiente el rendimiento de los sistemas de construcción clave como son el HVAC e iluminación.
- Cada espacio del edificio debe contar con al menos un sensor de ocupación para controlar la iluminación.

Con respecto al sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), Red Regenerativa desarrolló un sistema capaz de proporcionar aire acondicionado para Equipo de Volumen de Refrigerante Variable (VRV) solo frío debido a que es moderno; además, como es un sistema flexible se adapta con facilidad a la arquitectura del diseño del edificio (RED REGENERATIVA, 2016). Estos sistemas de VRV presentan una unidad externa que es común, la cual está conectada con las múltiples unidades internas por medio de las tuberías aisladas; además, su unidad exterior presenta un mecanismo que emplea el aire exterior para evaporar (calor) o condensar (frío) el gas refrigerante (Airzone, 2016).

Los sistemas de expansión directa son equipos de climatización el cual cuenta con dos partes; la primera se sitúa en el interior de la zona a la que se debe climatizar y la segunda se

encuentra en el exterior debido a que esa unidad contiene el compresor y el condensador (CLIMART, s.f.).

Debido a que la PUCP es una universidad que busca obtener y lograr la sostenibilidad de sus edificios se empleó un sistema de iluminación que cumpla con los parámetros dados en la Guía LEED v3 2009 para obtener la certificación como un edificio verde. El objetivo de dichos parámetros es el de reducir el consumo energético, además de impactar lo menos posible al medioambiente. Para ello se realizaron los cálculos de la iluminación por medio del software Visual 3D. Asimismo, el diseño de la iluminación considera iluminaria LED y este fue diseñado para cumplir con la norma ASHRAE 90.1-2007.

Según el Informe del Plan de Comisionamiento (2017) se emplearon sistemas para verificar que se estuviera cumpliendo y alcanzando con los requerimientos realizados por parte de la PUCP para poder obtener la Certificación LEED. A continuación, en la Figura 4.1 se muestra los sistemas aplicados para poder realizar el seguimiento debido.

Como se observa en la Figura 4.1, se emplean sistemas de ventilación y aire acondicionado, los cuales emplean los equipos del HVAC, controles y sistemas de extracción; además, para los sistemas de iluminación, los elementos a emplearse son los controles de iluminación. Por último, para el sistema de agua caliente domestico se emplea la Therma Sole. Asimismo, para este sistema de agua caliente de uso doméstico se emplea un sistema de red caliente para el cual se diseñó un calentador eléctrico de 800 litros de capacidad que se ubica en el sótano 3 debido a que en ese nivel suministrara este servicio a las duchas (RED REGENERATIVA, 2016).

FIGURA 4. 1

Sistemas para el Comisionamiento

SYSTEM	EQUIPMENT
Ventilating and Air Conditioning systems	All HVAC Equipment including; toilet exhaust fans and controls.
Luminaire systems.	Lighting controls.
Domestic hot water systems	Therma Sole

Nota. Recuperado del Informe del Plan de Comisionamiento

Para el análisis del ahorro de energía se emplea el software EDGE como se menciona previamente en el capítulo de metodología debido a que este software es amigable, es decir es manejable puesto que se deben ingresar las mejoras que se están aplicando con respecto al uso de energía y brinda los resultados de los ahorros que se generaran. Asimismo, es importante tener en cuenta que dentro de este alcance para el software se evalúan los puntos especificados en la Guía LEED, por lo que el porcentaje de la eficiencia energética no será igual a la obtenida por la Certificación LEED.

La certificación LEED con respecto a la eficiencia energética como se detalla en el Anexo 1 solo contempla los siguientes ítems.

- Optimización de la Eficiencia Energética (EAc1)
- Energía Renovable In Situ (EAc2)
- Gestión del Comisionamiento (EAc3)
- Gestión de Refrigerantes Mejorada (EAc4)
- Medición y Verificación (EAc5)
- Energía Verde (EAc6)

El Complejo Centenario como se menciona en el inciso 4.1, obtuvo puntajes por cumplir con los requisitos estipulados y por cumplir con los créditos EAc1, EAc3, EAc4, EAc5 y EAc6. A partir del crédito 3 al 5 se obtuvieron todos los puntajes posibles, pero en el crédito 1 se obtuvo 5 de los 19 puntos posibles. El porcentaje de la optimización de la eficiencia energética obtenida es de 26% (Regenerativa, s.f.).

El Software EDGE toma en cuenta más puntos o ítems a lograr, los cuales se pueden observar en la Guía EDGE. En general, dentro de este alcance de la eficiencia energética el Software toma en consideración puntos como elementos o materiales a emplear para mejorar la eficiencia energética como pinturas reflectivas, o brindar una reducción de la proporción de vidrio en la fachada interior.

Muchos de las opciones que brinda el Software a considerar como empleados para la reducción de la energía no son tomados en cuenta debido a que no se cuenta con la información sobre si se emplearon algunos de dichos ítems.

El análisis de la eficiencia energética está orientado a la utilización de iluminaria eficiente y la utilización del Sistema HVAC por lo que al momento de completar los ítems se buscan las opciones que cumplan con la información brindada por el Informe del Complejo Centenario.

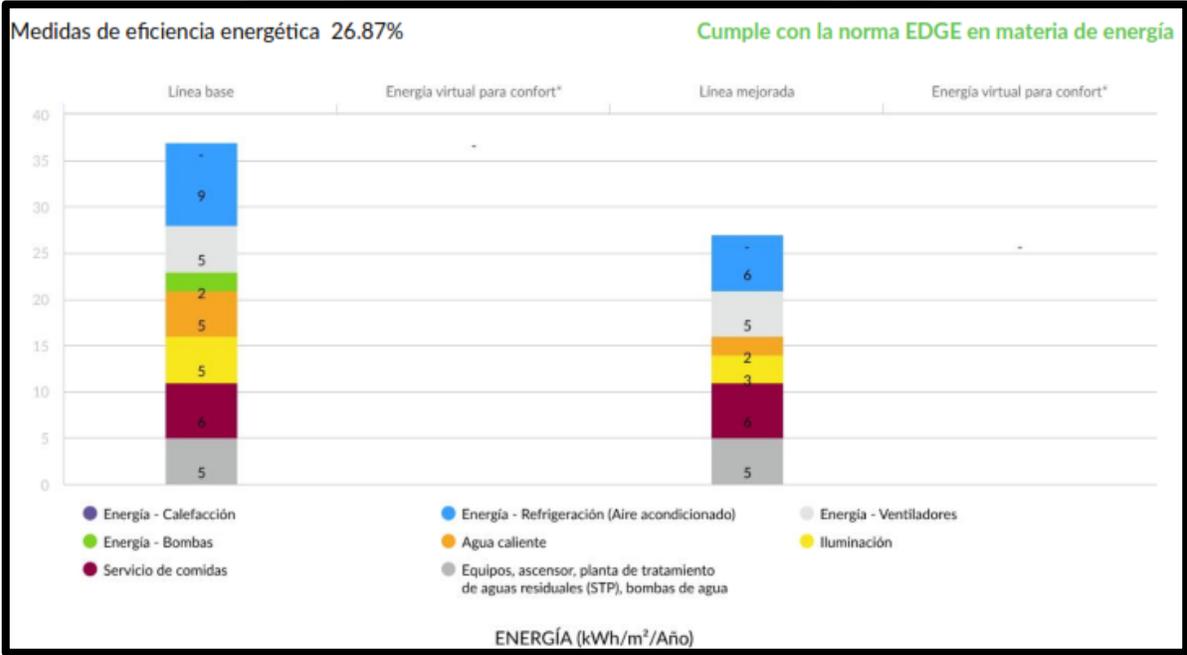
Asimismo, se consideraron que el Complejo Centenario cuenta con ventilación natural de lo que se pudo observar cuando se visitó el lugar, así como la presencia de focos LED y sensores de ocupación. Se considera que se cuenta con sensores de ocupación debido a que los pasillos del Aulario de la PUCP, el cual cuenta con la certificación LEED y fue dirigida de igual manera por Red Regenerativa cuentan con dichos dispositivos.

b) Resultados por medio de la modelación en el Software EDGE

Con la información conocida y los supuestos realizados se obtienen los siguientes valores del ahorro del uso energético presentados en la Figura 4.2, en el que se observa una reducción del 26.87%. Con esto se observa que mediante el Software EDGE se obtiene una reducción mayor que el obtenido por el crédito EAc1 correspondiente a la eficiencia energética.

FIGURA 4. 2

Ahorro de energía



Nota. Fuente Propia – Software EDGE

El Software EDGE está basado en los ítems que se presentan en la Guía EDGE, los cuales no se ven contemplados dentro de este análisis debido a que la Certificación del Complejo fue realizada mediante la Guía LEED y como se menciona previamente existen diferencias con respecto a los puntos a tratar dentro de este alcance que es la Eficiencia Energética.

Este software, además, brinda el consumo energético en KWh por mes para el caso simulado, el cual es igual a 24,286.87. De la misma manera como se menciona previamente se cuenta con los valores reales del consumo energético del proyecto por medio de la simulación del Complejo Centenario según el Reporte del Análisis Energético brindado por Red Regenerativa es igual a 3,660.62 MMBtu/yr. Para obtener dicho valor a KWh por mes se procede a efectuar la fórmula 3.1 mostrada en el capítulo de metodología, con lo que se obtiene un valor equivalente a 89,401.49 kWh por mes.

La diferencia entre el consumo energético obtenido por EDGE y el de la modelación de Red Regenerativa se debe principalmente a que mediante la simulación que realizó Red Regenerativa se toma en cuenta tres categorías adicionales a las evaluadas por el Software EDGE como son el consumo energético de los elevadores, los sistemas en los que se eliminan los gases quemados o vapor, y por último los equipos de tomacorrientes. En la tabla 4.1 se muestra el valor total considerando estas categorías en el valor obtenido mediante el software.

TABLA 4. 1

Consumo energético KWh/mes del Complejo Centenario obtenido por el software Edge y las categorías mencionadas

Consumo energético	KWh por mes
Elevadores	14,235.08
Sistemas encargados de la eliminados de los gases quemados o vapor	25,550.25
Equipos de tomacorrientes	29,382.42
Software EDGE	24,286.87
TOTAL	93,454.62

Nota. Fuente: Reporte del Análisis Energético de Red Regenerativa y resultado obtenido mediante EDGE

Como se puede apreciar el valor final que se obtiene por el Software considerando estas categorías es mayor en 4.5% con respecto al análisis, y ello se debe a que en la simulación real realizada para la obtención de la Certificación LEED se conoce con mayor detalle todas las mejoras realizadas dentro de la edificación para que se cumpla con lo requerido por la Guía LEED, por ejemplo se conoce el tipo de sistema HVAC que se emplea por lo que se sabe el valor del desempeño que se espera y el ahorro, así como se conoce a detalle los equipos de iluminación empleados para la determinación de la eficiencia energética.

4.1.2. ANÁLISIS DEL AGUA AHORRADA

a) Estimación de los datos para la modelación en el Software EDGE

Como se menciona en el Anexo 1, uno de los alcances a lograr para garantizar que el edificio sea sostenible es la Eficiencia del Agua en el cual se puede alcanzar un total de 10 puntos si se cumplen con todos los créditos brindados en la Guía LEED v3 2009 y como se detalla en el inciso 4.1 de la presente tesis, el Complejo Centenario logró un puntaje total de 4 puntos.

Dicho puntaje obtenido proviene de haber cumplido con el crédito 3 (WEc3), el cual trata sobre la reducción del uso del agua. El objetivo del mencionado crédito es incrementar la eficiencia del agua dentro de la edificación para reducir la carga sobre el suministro municipal y de los sistemas de aguas residuales (LEED, s.f.). Según este crédito para obtener el puntaje total es necesario alcanzar el 40% de reducción del consumo del agua (LEED, 2009).

Para determinar el puntaje obtenido, la Guía LEED v3 2009 brinda una forma de referencia en la que se debe colocar los siguientes datos mencionados a continuación.

- Volumen Anual del uso total calculado del agua del accesorio para el caso de referencia (KGal)
- Volumen Anual de uso calculado del agua del accesorio para el caso de rendimiento (KGal)

Con ambos valores mencionados se determina el porcentaje del uso del agua, asimismo, se debe presentar la documentación requerida y necesaria para poder garantizar que se cumple con el crédito y se está siguiendo los lineamientos brindados en la Guía LEED v3 2009 (LEED, 2009).

Como prerrequisito en este alcance se debe cumplir que se reduzca el consumo del agua en un 20% y como se sabe se debe cumplir el prerrequisito para luego poder acceder a obtener puntos por medio de los créditos detallados en este alcance en el Anexo 1. Este ahorro del uso del agua se logra principalmente por medio de la utilización de elementos o accesorios que brinden una eficiencia en el uso del agua.

El crédito 3 (WEc3) como requisito se debe emplear rutas de cumplimiento alternativa (ACP), en las cuales se emplean estrategias que permitan obtener un menor uso del agua que la línea de base del uso de agua calculada para el edificio (LEED, s.f.). La Guía LEED para este crédito 3 (WEc3) toma en cuenta que se deben realizar los cálculos de los siguientes accesorios según correspondan al alcance del proyecto, los cuales se menciona a continuación: inodoros, urinarios, grifos de lavados, duchas, grifos de fregaderos de cocina, válvulas de pulverización de prelavado (LEED, 2009).

Para determinar la línea base del consumo del agua, la Guía LEED emplea el ACP de Europa: línea de base del uso del agua, además dentro de la Guía se detalla como calcular la línea de base teniendo en cuenta si se toma al proyecto como comercial o residencial. En este caso como el Complejo Centenario es un centro educativo en el que acuden una gran cantidad de alumnos por día para emplear los espacios y servicios brindados se toma en cuenta como un edificio comercial sin fines de lucro, por lo que se toman en cuenta las siguientes medidas con respecto a la línea de base, las cuales se detallan a continuación en la Tabla 4.2. Los datos de esta tabla son obtenidos por medio de la Guía LEED v3 2009 (LEED, 2009).

La línea de rendimiento que se obtiene del uso del agua es por medio de los cálculos de los accesorios que se emplean para obtener la eficiencia del agua. El Complejo Centenario logró este crédito por medio de la utilización de aparatos y griferías sanitarias que cumplieran con los requerimientos de la norma de ahorro, además se emplea para realizar los cálculos la calculadora EPA WaterSense, la cual es un programa brindado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA), en el que se brindan una etiqueta a los

productos que ahorran agua, además es usado como recursos para ayudar a la reducción del uso del agua (EPA, s.f.).

TABLA 4. 2

Línea de Base de elementos sanitarios

Accesorios comerciales	Línea de base actual (unidades métricas)
Baños comerciales	6 litros por descarga (lpf)
Urinaros comerciales	4 litros por descarga (lpf)
Grifos de lavados	2 litros por minuto (lpm)
Cabezales de ducha	9.5 litros por minuto (lpm)

Nota. Fuente: Water Efficiency- Guia LEED. Recuperado: <https://www.usgbc.org/credits/core-shell-new-construction-schools/v2009/wec3?view=language>

Como se menciona en el inciso 4.1 y de lo obtenido por medio del Scorecard final del Complejo y lo que menciona la empresa Red Regenerativa se determinó que el proyecto redujo el uso del agua potable en un 42% (Regenerativa, s.f.).

En el Informe brindado por parte de Red Regenerativa, encargada de lograr la certificación LEED del Complejo Centenario, sobre el los cálculos de medición de la reducción del agua se detalla que para lograr reducir la línea base del consumo del agua se seleccionó el siguiente aparato sanitario el cual se muestra en la tabla 4.3.

TABLA 4. 3

Resumen del consumo del aparato sanitario Faucet

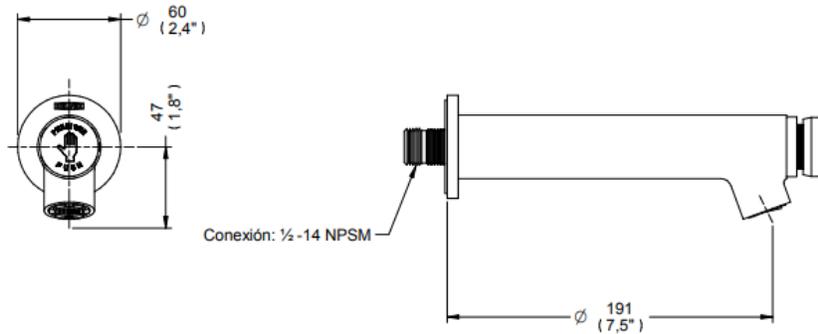
Modelo	TV 121-19
Marca	HELVEX
Código	CSI. 22 42 39
Consumo	1.9 LPM = 0.5 GPM
Medición	0.1 GPM

Nota. Fuente: Informe WEP1. Water Use Reduction

A continuación en la Figura 4.3 se muestra el producto utilizado, el cual está certificado por ser un producto ahorrador, además forma parte dentro del U.S.Green Building Council.

FIGURA 4.3

Aparato sanitario Helvex TV 121

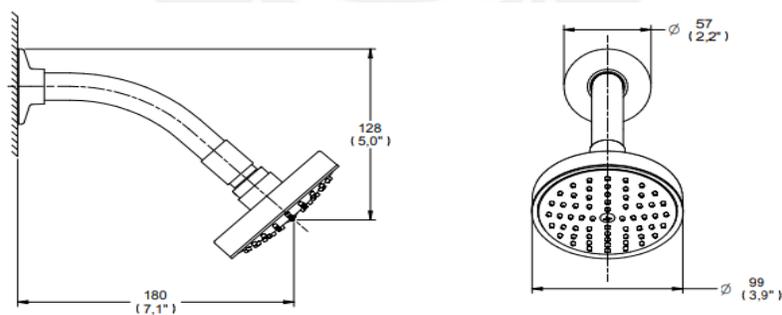


Nota. Adaptado de la data de Helvex (<https://helvex.la/data/data/IT/HE/TV-121.pdf>)

Según Red Regenerativa en uno de los documentos brindados se menciona que otro aparato sanitario para garantizar la reducción del consumo de agua fue el HELVEX H201-6, el cual es una regadera y brazo chapetón con un sistema anticácareo de 6 lpm para un gasto máximo a media y alta presión. A continuación, en la Figura 4.4 se muestra el aparato sanitario empleado.

FIGURA 4.4

Aparato sanitario Helvex H201-6



Nota. Adaptado de la data de Helvex

(<https://www.helvex.com.mx/files/especificacion/H201-6.pdf>)

Como se mencionó en el Capítulo 3 que trata sobre la metodología a emplear se detalla que para el análisis de la reducción del consumo de agua se emplea el Software EDGE y para ello se necesita conocer los productos sanitarios a emplear para el modelado. Debido a que no se cuenta con los demás modelos empleados con respecto a los urinarios e inodoros se asumirán dichos productos partiendo de que corresponden a la marca HELVEX, puesto a que como se aprecia previamente de los elementos conocidos que se emplearon se usaron de dicha marca mencionada.

Por ello, se escoge dichos productos teniendo en cuenta el consumo mínimo que se espera que estos utilicen para su adecuado funcionamiento y que cumplan con los requerimientos de la Guía LEED para garantizar la reducción del uso de agua, los cuales se detallan en la siguiente Tabla 4.4.

Es importante mencionar que dichos productos también se escogieron teniendo en cuenta los elementos sanitarios empleados por la PUCP en sus demás edificios que cuentan con la Certificación LEED, puesto que estos mismos edificios fueron de igual manera dirigidos por Red Regenerativa para asegurar su certificación y las metodologías a emplear.

TABLA 4. 4

Resumen de los aparatos sanitarios

Producto	Modelo	Consumo Esperado
Fluxómetro para taza flux de manija spud de 32 mm	110-32	6 litros por descarga
Taza para fluxómetro Nao, Trampa Expuesta	TZF NAO 3.5 LPD	3.5 litros por descarga
Mezcladora para lavaplatos	MEF-SP01-6	6 litros por minuto

Nota. Fuente: Helvex web. Recuperado: <https://helvex.la/pe/>

Por ello es importante mencionar que para este caso de estudio se considera dichos valores y no se han realizado modificaciones. Asimismo, para la evaluación del ahorro del consumo del agua, según el software, se toman los siguientes puntos: duchas de bajo flujo, grifos de bajo flujo para lavados, sanitarios con uso eficiente de agua, urinarios con uso eficiente de agua, grifos de cocina con uso eficiente de agua, válvulas rociadoras de bajo flujo para

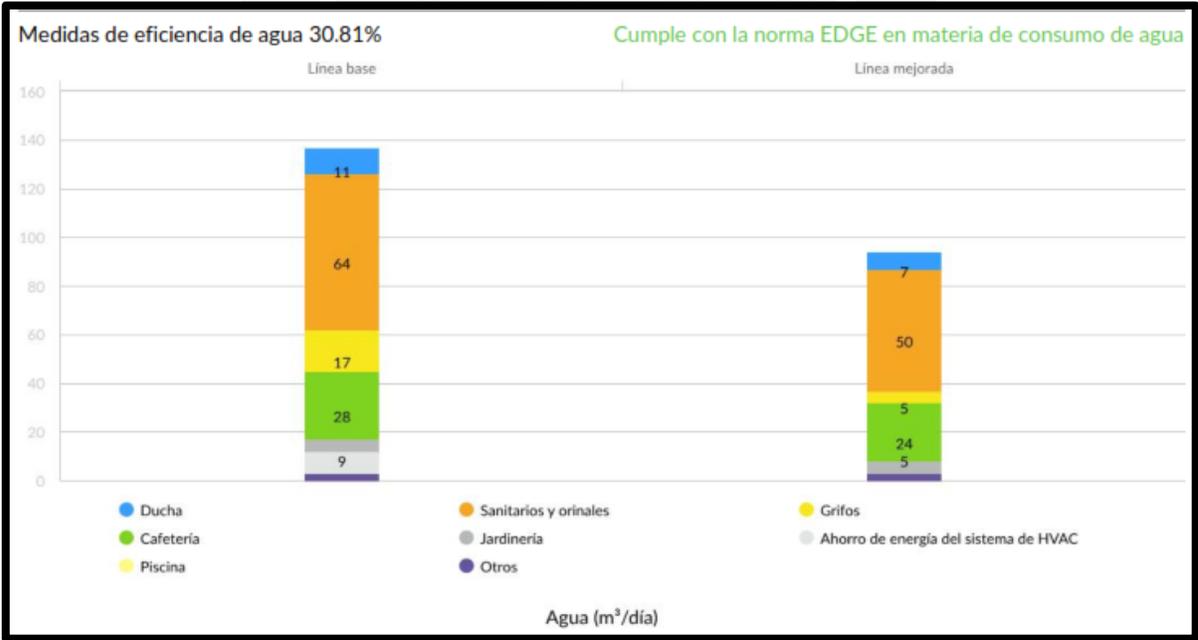
preenjuagar la vajilla, lavavajillas con uso eficiente de agua, lavavajillas de caga frontal con uso eficiente de agua, sistema de recuperación del agua de enjuague para el lavado de ropa, sistema de recuperación del agua condensada, jardinería con uso del agua eficiente, cobertor para piscina, sistema de recolección de agua de lluvia, sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises, sistema de tratamiento y reciclaje de aguas negras; dichos datos se obtienen de la Guía EDGE (EDGE, 2019).

b) Resultados por medio de la modelación en el Software EDGE

Como se mencionó previamente del Scorecard final se obtiene que principalmente el Complejo Centenario logró este crédito debido a la utilización de aparatos sanitarios que sean eficientes, y debido a que no se cuenta con mayor información sobre los aparatos sanitarios empleados se realizaron los supuestos mencionados en párrafos anteriores. Por lo que es importante mencionar que este análisis brinda un aproximado a lo que se obtuvo por medio de la Certificación LEED.

FIGURA 4. 5

Ahorro del agua por medio del software EDGE



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos al momento de modelar el proyecto en el software EDGE

Como se aprecia de la Figura 4.5 se obtiene un ahorro del consumo de agua del 30.81%. Sin embargo, este rendimiento contempla varios elementos para evaluarse y como se mencionó nuestro análisis se limita al uso de los aparatos sanitarios empleados en los baños y la cocina. Es por ello que se observa que este valor obtenido mediante el software es menor que el especificado por Red Regenerativa equivalente a 42%.

El Software toma el porcentaje del ahorro del uso de agua con respecto a las mejoras que se realizan en cada uno de los ítems explicados previamente. Y como se observa en la Figura 4.5 no se presentan mejoras en varios de estos por la información con la que no se dispone; asimismo, el software EDGE solo presenta este alcance en global, es decir que no cuenta con créditos que evalué por separado la eficiencia del consumo del agua como lo realiza la Certificación LEED.

De la misma manera, el software brinda el consumo de agua en m³ por mes, dicho valor obtenido junto al porcentaje de reducción el consumo del agua se resume en la Tabla 4.5 presentada a continuación.

TABLA 4. 5

Resultados obtenidos mediante el Software EDGE

Consumo m ³ por mes	Porcentaje de reducción del consumo (%)
2,800	30.81

Nota. Fuente: Software EDGE

4.2. EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS GENERADOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN LEED

Como se menciona en el Capítulo 2, las edificaciones consumen una gran cantidad de recursos en todo su proceso de construcción y en su tiempo de vida útil. Por ejemplo, en la etapa de diseño y construcción se debe emplear recursos para poder ejecutar la obra, y dentro de estos recursos se tiene el consumo de la madera, concreto, entre otros. Dichos elementos para ser obtenidos impactan negativamente al medioambiente.

Los edificios ecológicos han obtenido apoyo público dado que estos contribuyen con sus beneficios al medioambiente y a la sociedad, así como brinda a la economía ganancias durante la operación del edificio (Golbazi & B. Aktas, 2016). Debido a ello, los edificios ecológicos son cada vez más empleados en las construcciones, además de que genera concientización sobre el cuidado del medio ambiente y como al tener más edificios de este tipo no solo se contribuye con el ambiente, sino que el público que ocupe dicho edificio se beneficia. Es por ello que se emplea la Certificación LEED a nivel internacional, puesto que esta se enfoca en la aplicación de metodologías que contribuyen a generar dichos beneficios (USGBC, s.f.).

Como se ha mencionado previamente la Certificación LEED se enfoca en los aspectos económicos, sociales y medioambientales, y ello se puede apreciar en sus alcances debido a que estos van enfocados en lograr que la edificación sea sostenible por medio de metodologías que ayuden a mitigar los impactos negativos. Además, por medio de sus alcances en los que se busca la reducción del consumo de agua y energía se contribuye a una disminución de los costos que se generan dentro del edificio a largo plazo.

Por otro lado, por medio del alcance de la calidad del aire la Certificación LEED se enfoca en brindar un lugar óptimo a los usuarios para que estos puedan desarrollar sus actividades sin ningún problema en un ambiente que le brinde confort y que no les ocasione problemas respiratorios que puedan afectar su desempeño más adelante. Asimismo, durante la etapa de construcción, esta certificación detalla lineamientos a seguir para que los trabajadores no se encuentren expuestos y no contraigan problemas de salud (LEED, 2009).

Los beneficios originados o generados por medio de la Certificación LEED al Complejo Centenario se especifican con mayor detalle en el Anexo 2. En primer lugar, se explica el beneficio social que brinda el Complejo Centenario a los ocupantes en el tiempo de vida útil por medio de una encuesta realizada a un grupo de estudiantes de la universidad, en la cual se obtiene en conclusión que los alumnos consideran que el Complejo Centenario brinda un beneficio social para todos ellos debido a que cuenta con lugares destinados para un adecuado estudio, además que el edificio les brinda una calidad de aire interior óptima para el desarrollo de sus actividades, sin embargo, comentaron que es necesario que se adicione una mayor

cantidad de mesas para cumplir con la gran demanda de áreas de estudio por parte de los alumnos.

En segundo lugar, se detalla y comenta los beneficios ambientales que se generan por parte del Complejo al emplear la certificación por medio de la utilización del Software EDGE, el cual permite que se estime los ahorros energéticos y del uso del agua por medio de las mejoras que se realizan en la edificación para lograr que este sea sostenible. Para evaluar este beneficio se determinó el ahorro de las emisiones de los gases de efecto invernadero (CO₂). Esto se debe a que el Software EDGE brinda una estimación de la cantidad de CO₂ que se emite con las mejoras realizadas.

Asimismo, se realizó el modelamiento de la edificación en caso no contara con las mejoras para obtener cual es la estimación del CO₂ con lo que por medio de ambos datos se pudo determinar el porcentaje de disminución del CO₂, cuyo valor obtenido es del 21.62%. Como se sabe la emisión de los gases de efecto invernadero impacta de manera negativa al medioambiente y al generar una reducción de estos se contribuye en la mitigación de estos impactos negativos.

Por último, se explica los beneficios económicos generados en el Complejo por medio de la utilización de la certificación por medio de la aplicación del Software EDGE, puesto a que por medio de este se puede estimar el ahorro energético que se obtiene, así como el ahorro del consumo de agua por medio de una edificación LEED, por lo que se puede estimar la reducción del costo de dichos servicios.

4.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL EDIFICIO SIN CERTIFICACIÓN LEED

Anteriormente en los incisos previos de este Capítulo 4, se detalla los beneficios de la utilización de la Certificación LEED en el Complejo Centenario, por lo que es importante conocer y evaluar cuales son las mejoras empleadas en la edificación para obtener mencionados beneficios. Debido a ello, en este inciso se evalúa los resultados que se

obtendrían en cuanto al consumo energético y de agua que se generan en el Complejo Centenario en caso no se contara con la Certificación LEED.

Para realizar dicha evaluación es necesario dejar detallar que los resultados que se obtienen son por medio del Software EDGE y esto se da por medio de la no aplicación de las mejoras, es decir que para obtener estos valores no se colocaran las mejoras dentro del Software para de esa manera contar con el edificio base, el cual no cuenta con la certificación.

Debido a que no se cuenta con todos los datos del edificio base y los valores de los resultados esperados en cuanto al consumo energético y el consumo de agua es que también se toma el software para realizar la estimación, pero es importante indicar que los valores obtenidos son aproximados y no los exactos, debido a que no se cuenta con toda la información sobre las mejoras realizadas y lo esperado a lograr.

El Software EDGE como edificio base toma algunos de los siguientes puntos que se detallan a continuación, los cuales se expresan con mayor detalle en la Guía de la Metodología EDGE (EDGE, s.f.).

- Edificios sin dispositivos de protección solar
- Edificios con techo de hormigón sin aislar
- Edificio con paredes sin aislar con mampostería de ladrillo enlucida
- Edificio con ventanas de metal con vidrio simple
- Edificio con distintos dispositivos para la iluminación, pero sin contar con un control de este
- Edificio con accesorios de agua con caudales elevados
- Edificio que no emplea la reutilización o reciclaje de agua

Es importante recalcar que para los datos de la edificación base como no se contaba con todos los requeridos por el software se tomaron los valores que se encuentran por defecto. Asimismo, en la Guía de la Metodología EDGE se detalla que para garantizar los resultados de energía EDGE sean confiables y adecuados para poder realizar la certificación y puedan ser usados a nivel global se emplearon softwares de simulación para verificar los resultados de 9 edificios como el eQuest 11 y estos resultados obtenidos fueron similares a los calculados mediante el Software EDGE (EDGE, s.f.).

4.3.1. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ENERGÍA UTILIZADA

Para evaluar la energía que se emplea en el edificio que no cuenta con la Certificación LEED se analiza dos casos. El primero es teniendo en cuenta la información obtenida por medio de Red Regenerativa sobre el análisis de la energía del Complejo Centenario; y el segundo es en base a los resultados obtenidos por medio del Software EDGE para el caso del modelamiento del edificio base. Para el primer caso se empleó el método que se indica en el Apéndice G de ASHRAE 90.1-2009 en el que se requiere que se realice simulaciones en el edificio guía para las optimizaciones de la eficiencia energética que se pueden efectuar y de esa manera obtener la Certificación LEED.

Para la simulación del edificio para obtener las demandas energéticas se emplea el Software Integrado de Soluciones Medioambientales (The Integrated Environmental Solutions software) versión 2015, el cual se encuentra certificado por la ASHRAE (LEED, 2009). Asimismo, en el Reporte el Análisis de Energía del Complejo Centenario se menciona que se emplea el módulo ApacheSim, ya que permite que se realice la simulación de la energía del edificio mediante el CIBSE como método de calculación, y este cumple con los requerimientos que se piden en la ASHRAE 140 2001 con respecto a la simulación de energía del edificio, la cual es imperativo cumplir.

Según el Reporte de Análisis de Energía se obtuvo los siguientes valores mostrados en el Tabla 4.6 con respecto a la energía base total obtenida. Como se observa en cuanto a los valores obtenidos que son elevados y ello se puede deber a que esta simulación es completa debido a que se cuenta con los gastos energéticos y los aparatos eléctricos que se emplean.

TABLA 4. 6

Energía total por medio de la simulación realizada por Red Regenerativa

Energía usada (MMbtu/yr)	Energía usada (KW/mes)
6759	165,071.682

Nota. Fuente: Reporte del análisis de energía del Complejo Centenario

Para el segundo caso como se menciona previamente el edificio base se obtiene por medio del Software EDGE. Por lo que para obtener los resultados con respecto al edificio base se

ingresaron los datos con los que se cuentan del Complejo Centenario, asimismo se toman varios valores por defectos del software como ya se mencionó anteriormente.

Con respecto al resultado de la eficiencia energética se descartaron todas las mejoras que se colocaron para el caso del edificio con la obtención de la certificación, puesto que de esa manera se puede obtener de manera detallada el consumo que se espera consumir por mes. Por lo que se obtiene del modelado un consumo esperado por mes de energía equivalente a 33,211.76 kWh/mes.

Como se puede observar con respecto al consumo de energía para el primer caso se presenta una diferencia grande con respecto a los consumos energéticos esperados, y esto se debe a que dentro del reporte del Análisis de Energía brindado se observa que se consideran ciertas categorías adicionales con respecto al consumo energético que las presentadas y mencionadas previamente sobre las categorías que toma en cuenta el Software EDGE, las cuales se mencionaron en el inciso 4.1.1 del presente capítulo. El valor final obtenido por medio de estas tres categorías y el resultado del software se presenta en la Tabla 4.7.

TABLA 4.7

Consumo energético mensual en KWh del Complejo Centenario para la línea base obtenido por el software Edge y las categorías mencionadas

Consumo energético	KWh por mes
Elevadores	14,235.08
Sistemas encargados de la eliminados de los gases quemados o vapor	25,550.25
Equipos de tomacorrientes	31,180.33
Software EDGE	33,211.76
TOTAL	104,177.42

Nota. Fuente: Reporte del Análisis Energético de Red Regenerativa y resultado obtenido mediante el modelamiento del proyecto en EDGE

Como se observa de la Tabla 4.7 se tiene que el consumo final del primer caso, que es el valor obtenido por Red Regenerativa, es 58.45% mayor que el consumo final energético del segundo caso, el cual es el valor obtenido por medio del software. Esto se puede deber a que

al momento que se realizó el modelamiento de la edificación no se cuenta con todos los datos de entrada como las áreas de cada espacio que se encuentra dentro del Complejo Centenario así que se toman los datos por defecto. Asimismo, no se cuenta con la orientación de la edificación ni la profundidad de este por lo que al modelar con ciertos valores por defecto del software en cuanto al diseño de la edificación pueden generar que se presente esta gran diferencia en cuanto al consumo energético.

Por lo que es importante recalcar que para el modelamiento del primer caso se tuvieron en cuenta dichas categorías para la recolección del consumo energético, las cuales son: espacios de calefacción, espacio de enfriamiento, las bombas (pumps), rechazo del calor (heat rejection), ventiladores en el interior, iluminación interior, therma eléctrica (utilidad base), elevador (utilidad base).

Como se sabe para el primer caso se cuenta con los valores reales y con todos los aparatos que se emplean en la edificación, y de la misma manera se conocen los valores que se esperan que estos aparatos consuman así que ingresan esto datos en el software de simulación.

Otro punto importante a mencionar en la diferenciación de los valores del consumo energético final para ambos casos se debe a que los datos por defecto que emplea el Software EDGE son obtenidos por medio de una base de datos y como se conoce cada edificación es distinta en cuanto al diseño por lo que en esto también se puede encontrar dicha variación de los resultados obtenidos.

4.3.2. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE AGUA UTILIZADA

Para el caso del análisis del consumo de agua que se obtendría en caso la edificación no contara con la Certificación LEED se emplea el Software EDGE, además no se puede realizar una comparación de este gasto con respecto a los valores reales debido a que no se cuenta con la información pertinente como en el inciso anterior sobre el consumo energético.

Para la obtención de los resultados del consumo esperado de agua del edificio base que se realiza en el Software no se consideran las mejoras por medio de los aparatos sanitarios que se consideraron para la Certificación LEED. Como se menciona en incisos anteriores con respecto a esta categoría, la PUCP consideró la utilización de equipos que brindarían una

eficiencia con respecto al consumo del agua y la obtención del puntaje en esta categoría en el Scorecard se basa en esto.

Según la Guía sobre la Metodología EDGE, la estimación de la demanda de agua es relativamente simple en comparación a la estimación sobre la demanda energética, ya que EDGE estima el uso de agua fresca para determinar el consumo total esperado. Asimismo, se menciona que a pesar que no existen estándares internacionales para determinar este consumo en las edificaciones, la metodología que emplea EDGE es similar a muchas calculadoras empleadas a nivel global. Para la determinación del uso anual de agua, EDGE toma en consideración los siguientes puntos mencionados a continuación.

- Numero de accesorios de agua que son los aparatos sanitarios como duchas, inodoros, grifos, etc.
- Cargas de uso de agua que se miden a través de la ocupación y tasa de flujo de agua a través de los mencionados accesorios

Es importante recalcar que para el cálculo del consumo de agua como no se cuenta con los valores exactos sobre el número de accesorios a emplear por baño que se cuente, así como los aparatos empleados en las cocinas en el diseño del edificio no se puede obtener un valor exacto sobre este consumo final esperado sino se obtiene un aproximado.

El Software EDGE pide que se coloque el área de los baños y cocinas para en base a ello realizar las estimaciones sobre el consumo de agua, sin embargo, no se cuenta con dichos valores por lo que se toma los datos por defecto que brinda el software para una edificación para un tipo de uso institucional.

En base a las consideraciones tomadas y explicadas previamente se obtiene un consumo final de agua equivalente a lo mostrado en la Tabla 4.8. Los valores presentados pueden variar para el caso real tomando en cuenta los valores exactos en cuanto a la cantidad de aparatos sanitarios que se emplean.

TABLA 4. 8

Resultado del consumo de agua obtenido por el software EDGE para la línea base

Consumo de m³ por mes

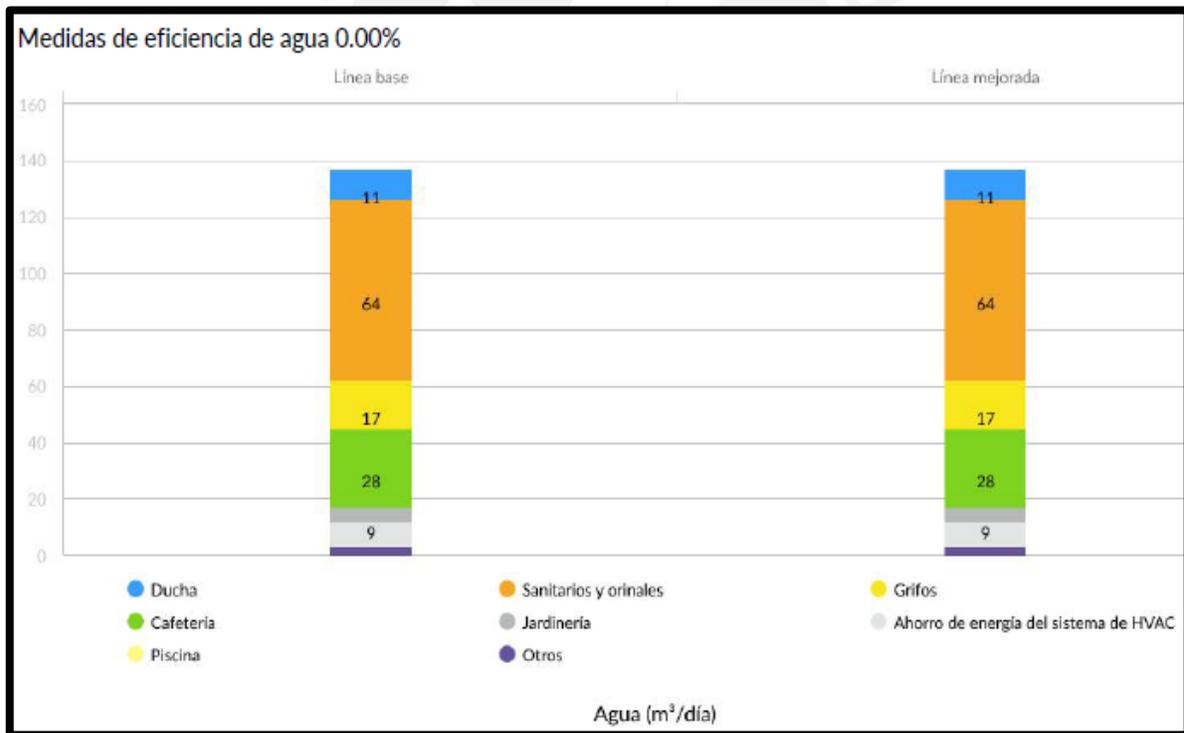
4,047

Nota. Fuente: Software Edge

En la Figura 4.6 se puede observar que las medidas de eficiencia de agua son equivalentes a 0%, lo cual se debe a que se descartaron las mejoras como se ha mencionado para obtener los resultados de la línea base, asimismo se puede observar las categorías a considerar para el cálculo del consumo de agua dentro de la edificación.

FIGURA 4. 6

Medidas de eficiencia del agua obtenido por el software EDGE



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos al momento de modelar el proyecto en el software EDGE

4.4. COMPARACIÓN ENTRE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL EDIFICIO CON CERTIFICACIÓN LEED Y ESTE MISMO EN CASO DE NO CONTAR CON DICHA CERTIFICACIÓN

En este inciso se realiza una comparación entre los resultados obtenidos por medio del edificio con certificación LEED y este mismo en caso de no contar con la mencionada certificación para poder conocer de qué manera se genera una mejora en la edificación mediante la certificación, además de poder determinar de qué manera se beneficia al ambiente con su utilización mediante la comparación de las emisiones de dióxido de carbono para ambos casos mencionados.

El primer punto a desarrollar es la comparación sobre el análisis de la energía que se consume en el Complejo Centenario con y sin la certificación LEED. Para el caso del Complejo Centenario con la certificación como se menciona previamente se realiza por medio del Software EDGE, asimismo se cuenta con el análisis energético real brindado por la PUCP.

En la Figura 4.7 se puede observar los valores de los consumos energéticos esperados para el Complejo Centenario con y sin certificación, por medio de la modelación en el Software EDGE y la simulación real. Con los resultados obtenidos en la mencionada figura se puede determinar en qué cantidad se presenta la reducción del consumo para el caso de la simulación realizada por Red Regenerativa y por el software EDGE. Dichos valores se presentan en la Tabla 4.9.

De la Tabla 4.9 se puede observar que por medio de la simulación de Red Regenerativa se cuenta con una mayor reducción que por medio del software, esto se puede deber a dos razones. La primera es que para el caso de la simulación realizada por Red Regenerativa, en el consumo de la línea base es mayor a la obtenida por EDGE debido a que en esta simulación se cuenta con los datos generales reales del proyecto, como la cantidad total de los espacios junto con sus respectivas áreas, la orientación del edificio, etc.; en cambio para la modelación con EDGE solo se cuenta con ciertos datos generales y para los demás datos requeridos por el software se tomaron ciertos valores por defecto que este mismo proporciona como se menciona previamente en el capítulo de metodología.

TABLA 4.9

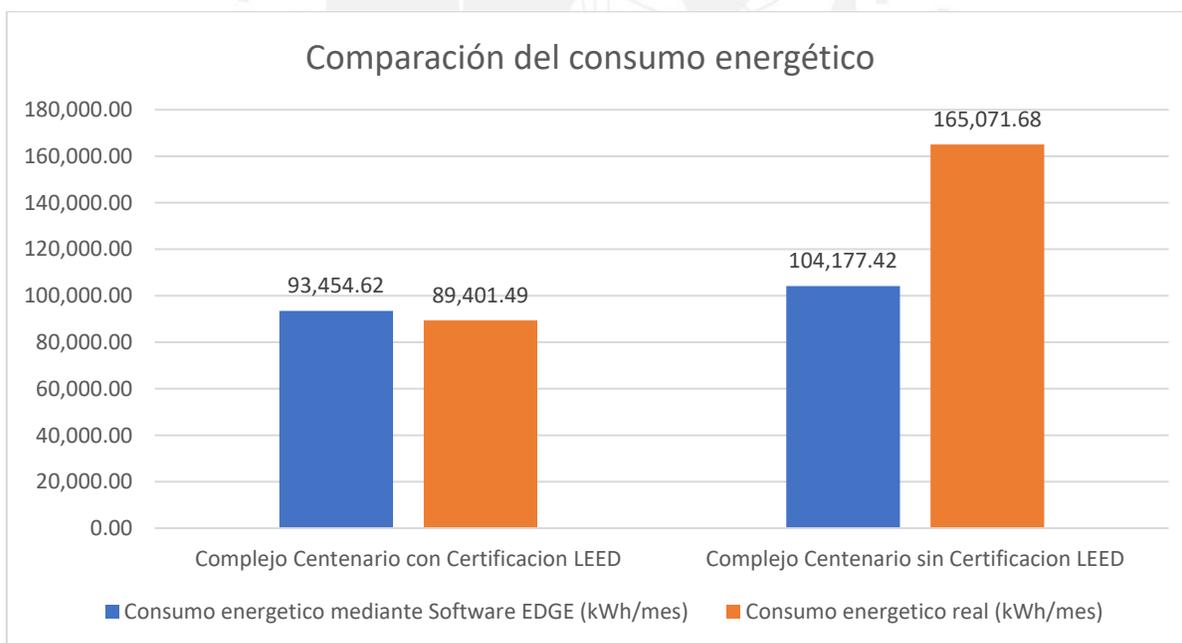
Reducción general del consumo de energético en (KWh/mes) para la simulación realizada por Red Regenerativa y el software EDGE

	Consumo energético (KW/mes) por la simulación de Red Regenerativa	Consumo energético (KW/mes) por la simulación del software EDGE
Caso base sin mejoras	165,071.68	104,177.42
Caso con mejoras	89,401.49	93,454.62
Consumo energético Total reducido	75,670.19	10,722.80

Nota. Fuente: Análisis energético de Red Regenerativa y software Edge

FIGURA 4.7

Consumo energético



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos al momento de modelar el proyecto en el software EDGE y los valores obtenidos del Informe de Análisis Energético

El dato sobre la orientación puede ser de gran utilidad debido a que en base a ello se puede determinar qué tan necesario es contar con la iluminación en la edificación, puesto que si se tiene una buena orientación se puede contar con la iluminación natural por lo que no se requiere de la iluminación que se coloca dentro de este en las horas en las que se cuente con este beneficio, y en caso de no contar con una buena iluminación natural, la iluminación del edificio debe permanecer encendida por mayor tiempo lo que genera mayores consumos energéticos.

El segundo es que en la simulación realizada por Red Regenerativa se cuenta con todas las mejoras que se realizan en el proyecto, puesto que esta empresa fue quien se encargó de que el Complejo Centenario cuente certificación LEED. En cambio, al momento de modelar en EDGE se necesitan datos sobre los instrumentos que se emplean para generar reducciones en el consumo energético y del agua, y como se menciona previamente en la presente tesis, estos se estiman debido a que no se cuentan con ellos.

A pesar de estas diferencias presentadas por lo expuesto anteriormente, se observa que los valores del consumo energético para el caso de que el proyecto cuente con certificación LEED tanto para la simulación realizada por Red Regenerativa y el software EDGE presenta una diferencia del 4.5%, el cual para las cantidades evaluadas no es una diferencia grande, por lo que con ello se puede concluir que el software EDGE es apropiado para la evaluación de nuestro estudio, por lo que al momento de realizar la evaluación del consumo del agua, el valor obtenido es confiable.

El segundo punto a desarrollar es la comparación sobre el consumo de agua que se espera del edificio base y del edificio con las mejoras para la obtención de la certificación LEED. Por lo que es importante mencionar que para este punto solo se cuenta con los valores que se obtienen por medio del software asimismo como se explica previamente en los demás incisos con respecto a este punto se conoce que el Complejo Centenario buscó la obtención de dicho crédito por medio de la utilización de equipos que garanticen una reducción en el uso de agua.

Los valores obtenidos del consumo del agua por medio del software para el caso en que se consideran las mejoras (LEED) y el caso en las que no se consideran estas mejoras se presentan en la Tabla 10.

TABLA 4. 10

Resumen del consumo del agua (m³/mes) para el caso en que se cuenta con la certificación LEED y no se cuenta con esta

Consumo (m ³ /mes) para caso con certificación LEED	Consumo (m ³ /mes) para caso en que no se cuenta con la certificación LEED
2,800	4,047

Nota. Fuente: Software EDGE

De la Tabla 4.10 se observa que el consumo de agua del edificio base es de 4,047 m³ por mes. Asimismo, como en el punto tratado previamente se debe considerar que dicho valor no es el real debido a que no se tiene los datos exactos sobre las áreas y orientación del Complejo Centenario por lo que este valor es en base a los valores por defecto que se presentan en el software.

El resultado obtenido por el software con las mejoras realizadas las cuales son aproximadas, es decir que se conoce que se logra esta reducción o eficiencia por medio de los aparatos y la marca de estos por lo que en base a ello se realizó una búsqueda en la página de la marca de los aparatos para obtener equipos que me brinden una eficiencia mayor para lograr cumplir con lo esperado, es equivalente a 2,800 m³ por mes.

Con respecto a los valores obtenidos para el consumo energético y del agua, se puede observar que estos son adecuados, puesto a como se presenta en el inciso 4.1.1 y 4.1.2, los porcentajes de reducción obtenidos por el Scorecard y el software son cercanos. Si estos no son exactos se debe a las consideraciones sobre las diferencias sobre a que no se cuenta con todos los datos reales del proyecto especificadas a lo largo de la tesis.

Asimismo, de la evaluación del Complejo Centenario, el cual cuenta con la certificación LEED se identificaron beneficios en el ámbito ambiental, social y económico, los cuales se explican previamente de manera más detallada.

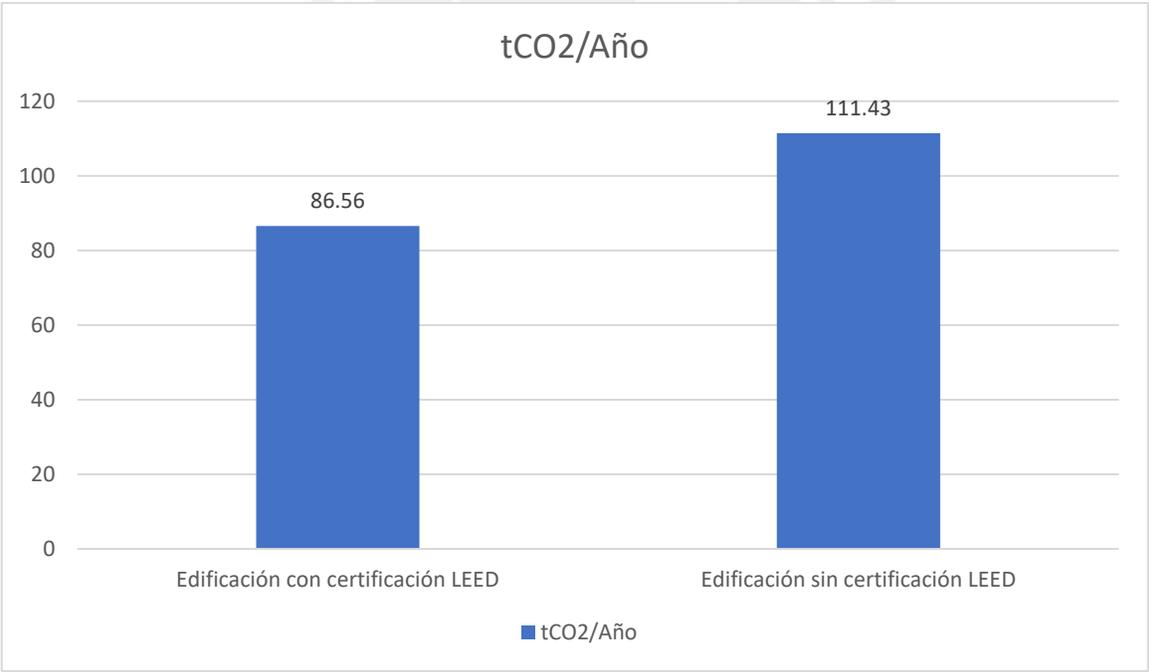
Para el caso de los beneficios ambientales, se determina en el Anexo 2 que mediante la utilización de la certificación LEED se presenta una disminución con respecto a la emisión del CO₂ que como se sabe es uno de los principales gases contaminantes que influyen en efecto invernadero.

En la Figura 4.8 se puede observar que para el Complejo Centenario mediante el modelado en el software considerando las mejoras dentro de la edificación, la emisión de dióxido de carbono que se emite por año es equivalente a 86.56 toneladas. En cambio, para el caso base que se toma del software quitando las consideraciones con respecto a las mejoras obtenidas por medio de la certificación se observa que se espera un valor de 111.43 toneladas de dióxido de carbono por año.

Como se puede observar se evidencia la reducción de la emisión de dióxido de carbono, asimismo se puede concluir que si se cuenta con todos los valores reales con respecto a las mejoras empleadas se podría observar un mayor valor en la disminución de dicho gas.

FIGURA 4. 8

Emisión de dióxido de carbono por año



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos al momento de modelar el proyecto en el software EDGE

Esta reducción de la emisión de CO₂ contribuye al ambiente debido a que por medio de ello se mitiga los efectos del cambio climático, es decir que debido a que el Complejo Centenario emite menos gases contaminantes se disminuye a la generación de impactos negativos al ambiente.

Con respecto a los beneficios sociales desarrollados en el Anexo 2 se realizó una encuesta sobre el confort a los principales usuarios del Complejo Centenario que en este caso son los alumnos debido a que esta edificación tiene como objetivo principal brindar un adecuado espacio para que los estudiantes puedan realizar sus deberes académicos, así como para que estos puedan estudiar ya sea de manera individual o en grupo.

De la encuesta se obtuvo que todos los estudiantes están de acuerdo que con el Complejo Centenario se obtiene beneficios dentro de los cuales esta como se expresa previamente que ellos pueden contar con un apropiado lugar para poder realizar sus deberes como estudiantes.

Dentro de las preguntas se le consultó sobre qué beneficios encuentran como predominante dentro del edificio y estos indicaron que los beneficios académicos son lo que principalmente se logran. Sin embargo, mencionaron que a pesar de que con el Complejo Centenario la PUCP brinda más lugares de estudio, este espacio no es suficiente para cumplir y satisfacer a todo el alumnado debido a que la demanda sigue siendo mayor.

Ellos indicaron que se cuenta con pocas mesas y que los espacios libres dentro de la edificación pueden ser utilizados de una manera más óptima para poder satisfacer a una mayor cantidad de estudiantes. Como ejemplo, indicaron que durante la época de exámenes los espacios están completamente llenos por lo que varios alumnos que necesitan un espacio para estudiar no encuentran uno por lo que en muchas veces deben ocupar las mesas de las cafeterías o comedores en donde el bullicio es fuerte por lo que no se pueden concentrar de manera apropiada.

Por último, con respecto a los beneficios económicos desarrollados en el Anexo 2 se concluye que, si se generan reducciones en cuanto a los costos del consumo energético y el consumo de agua, ya que se determina que existe una reducción del costo de los servicios públicos equivalente a 10,491.20 soles, lo cual es una reducción significativa que a largo plazo es muy beneficiosa.

Cabe resaltar que el valor mencionado previamente en este caso se considera constante, pero puede ser que por múltiples factores varíe, pero debido a las mejoras empleadas siempre existirá una reducción en los costos que se esperan.

CAPITULO 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ASPECTOS GENERALES

En la presente tesis se ha realizado el análisis sobre el desempeño ambiental que presenta una edificación por medio de la certificación LEED y en el caso de que esta no contase con ella. Esto se debe a que las construcciones crecen de manera proporcional al crecimiento poblacional, asimismo, en los países desarrollados se estima un consumo del 20 al 40% de energía, y en los países con una economía en crecimiento la tasa anual del consumo de energía es del 3.2% en comparación con un promedio del 1.1% para los países desarrollados (Newsham & Mancini, 2009). Y como se sabe las edificaciones contribuyen a la generación de los impactos negativos para el medioambiente por medio de su construcción y el tiempo de vida que esta tiene.

Es debido a ello que surgen las certificaciones ambientales, puesto que en la actualidad contar con construcciones sostenibles es fundamental para poder mitigar dichos impactos negativos y frenar el cambio climático por el que se atraviesa, ya que si no se realiza un cambio o se emplean las medidas adecuadas en el futuro el estilo de vida y la calidad de vida de todos los seres vivos se pueden ver afectados. La certificación LEED es una de ellas debido a que por medio de los parámetros o lineamientos que se estipulan en su guía se busca alcanzar la sostenibilidad de la edificación, asimismo se logra que esta sea más amigable con el medioambiente.

Es por ello que en el presente trabajo se ha evaluado al Complejo Centenario debido a que este ya cuenta con la certificación LEED. Esta evaluación está relacionada como se aprecia en el Capítulo 4, en el que se presenta los resultados, a la reducción del consumo del agua y de la energía por medio de la utilización de la certificación, así como los beneficios que se generan no solo a las personas que en este caso son los usuarios de la PUCP sino también al ambiente y la economía de la PUCP. De la misma manera se realizó un modelamiento sobre como seria la situación en caso el Complejo Centenario no contase con la mencionada certificación. Todos estos resultados obtenidos se discuten a lo largo del presente capítulo.

5.1.1. LEED Y SU RELACIÓN CON LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La sostenibilidad es uno de los temas más importantes, asimismo su uso se ha incrementado y expandido por los últimos 20 años. Es por ello que, en la construcción, el número de diseños sostenibles y edificios verdes han crecido desde el año 1990, por lo que se estima que por lo menos el 70% de las construcciones de negocios utilizan tecnologías o practicas sostenibles (como se cita en Karakhan, 2016). Como se observa la sostenibilidad es una de las metas que se busca alcanzar en las edificaciones debido a que con esto se asegura que exista un mayor cuidado en el ambiente y no se impacte de manera tan negativa.

Las construcciones siempre van a generar un impacto en el medioambiente, debido a que dentro de su proceso se involucran varias partes. Por ejemplo, durante etapa de construcción se requiere de elementos o recursos naturales por lo que para obtener estos se debe recurrir a una empresa que proporcione dichos materiales requeridos pero a su vez para obtener este material como la madera para el encofrado, dicha empresa impactará de manera negativa al ambiente puesto que se debe tallar los árboles para contar con la madera. Si bien el sector de construccion contribuye a la generación de ingresos.

Como se menciona siempre existirá un impacto negativo al momento de realizar las construcciones de las edificaciones, lo que se busca por medio de las edificaciones sostenibles es que se reduzcan dichos impactos por medio de la utilizacion de tecnologias o metodologias que garanticen ello.

En el Perú, el sector de construcción mostró un crecimiento sostenible debido a que alcanzó un promedio de 9.9% en el mes de mayo de 2018, en comparación al año anterior (Ministerio de Vivienda, 2018). Como se observa, el crecimiento de las edificaciones es inminente, pero al emplear construcciones sostenibles se garantiza que estas sean ecoamigable con el medioambiente y se contribuye a la reducción de los gases de efecto invernadero que son los principales causantes del cambio climático.

LEED es una certificación diseñada por la USGBC, cuyo principal objetivo es realizar el diseño, la construcción y la operación de una edificación más sostenible (Karakhan, 2016). Como bien se ha explicado a lo largo de los capítulos anteriores para la obtención de la certificación LEED es necesario alcanzar ciertos puntajes que se estipulan en la guía por

medio del cumplimiento de los requisitos que se encuentran distribuidos a lo largo de sus 7 categorías a evaluar.

A lo explicado anteriormente se le suma que en el año 2015 se realizó el acuerdo de Paris, en el cual diversos países como Perú se comprometían a realizar medidas para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, y como se ha mencionado anteriormente en la presente tesis, el dióxido de carbono es uno de los principales contribuyentes.

Por lo que mediante la utilización de la certificación LEED se logra la disminución de dicho gas mediante la reducción del consumo energético. Esto se debe a que las edificaciones emplean refrigerantes o calefacción y dichos elementos emiten dióxido de carbono por lo que mediante los requerimientos que la guía LEED estipula se busca que se empleen otras alternativas ecológicas para evitar el uso inadecuado de dichos elementos y reducir su consumo de manera que se asegure una reducción en la emisión del dióxido de carbono.

La PUCP mediante el periódico de la universidad conocido como PuntoEdu publicó en el año 2015 una nota con respecto a las construcciones verdes en la que señala que, desde hace unos años, la PUCP tiene como política el reducir los impactos negativos que esta pueda causar al medioambiente en todas sus actividades por lo que optan por trabajar con estándares sostenibles. Como se observa, la PUCP tiene en claro la importancia de las construcciones sostenibles, ya que de esta manera se contribuye a la disminución de los impactos negativos que se puedan causar por medio de las construcciones de las edificaciones.

La PUCP, en la actualidad, cuenta con varias edificaciones las cuales han sido creadas bajo los estándares o lineamientos estipulados en la guía LEED debido a que por medio de esta se logra reducciones en los consumos de los recursos con lo que existen beneficios en el ámbito ambiental, social y económico. Por ejemplo, en el artículo mencionado en el párrafo anterior se muestra el caso de la Biblioteca del Complejo de Innovación Académica en la que se recibió la certificación LEED nivel plata y dentro de las mejoras que se logran se especifica lo siguiente.

- 41% de reducción en el consumo de agua potable
- 50% de reducción de agua en el riego de áreas verdes
- 50% de residuos fueron reciclados durante su construcción

- 31% de materiales son regionales

Los resultados mostrados previamente indican que por medio de la utilización de LEED si se logra reducciones y una mejor eficiencia en el edificio. Asimismo, el Complejo Centenario de igual manera ha sido construido con base a los lineamientos que brinda LEED para la certificación y esta cuenta con la certificación en el nivel plata con un total de 51 puntos.

Del Scorecard brindado por la USGBC sobre el Complejo Centenario se observa que con respecto a la reducción del agua se logró un equivalente igual al 42% y con respecto a la reducción del consumo energético se tiene un equivalente igual al 26%. Como se observa por medio de la utilización de la certificación LEED existen mejoras dentro del Complejo Centenario que influyen de manera positiva a la reducción de los impactos negativos.

Asimismo, se puede observar que conforme a lo que menciona el Newsham, lo cual se presenta al inicio del presente capítulo con respecto a que las edificaciones emplean del 20% al 40% del total del uso de la energía de los países al emplear LEED se genera una reducción del consumo energético, lo cual genera una eficiencia y un beneficio tanto para el ambiente como para los usuarios de este.

El uso de la energía contribuye a la emisión de los gases de efecto invernadero en la atmosfera lo que causa efectos negativos y para reducir la huella de carbono producida por las edificaciones, estos deben emplear menos energía tanto en su construcción como operación sin afectar su desempeño y la calidad del ambiente para los usuarios (Newsham & Mancini, 2009). Como se observa de lo obtenido por medio del Scorecard debido a que el Complejo presente una reducción en el consumo energético influye de manera positiva a que se disminuya la emisión de los gases de efecto invernadero.

Es por ello que es importante que las nuevas edificaciones sean construidas con base a lineamientos de sostenibilidad para garantizar un adecuado desempeño ambiental.

5.2. PRINCIPALES CONTRIBUCIONES AL MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD POR MEDIO DE LA CERTIFICACIÓN LEED

En este inciso se discuten los resultados relacionados con los beneficios que se generan mediante la utilización de la certificación LEED que han sido obtenidos por medio del modelamiento realizado del Complejo Centenario en el Software EDGE, los cuales se detallan en el inciso 4.2. En primer lugar, se desarrolla la discusión de los beneficios ambientales obtenidos por medio de las eficiencias y reducción del consumo de los recursos; en segundo lugar, se desarrolla la discusión sobre los beneficios ambientales con los resultados obtenidos por medio de la encuesta realizada a un grupo de estudiantes de la PUCP; en tercer lugar, se discute los beneficios económicos obtenidos de manera general.

La construcción, el uso y la demolición de los edificios han provocado enormes emisiones de gases de efecto invernadero por el consumo de energía, recursos y disposición de los desechos sólidos (Tan & Liu, 2019). Es por ello que como se ha mencionado a lo largo de la presente tesis, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el principal objetivo a alcanzar para garantizar un desempeño ambiental adecuado por lo que la utilización de LEED contribuye a ello.

Los edificios consumen una gran cantidad de recursos, por lo que estos son de gran importancia para lograr los objetivos de sostenibilidad, puesto que los impactos ambientales de este alto nivel de consumo incluyen las emisiones de los gases de efecto invernadero y agotamiento de recursos (Greer et al., 2019). Como se observa los autores indican que los edificios consumen recursos tanto en la etapa de diseño, construcción y operación, lo cual genera impactos perjudiciales al medioambiente; es por ello, que el emplear las certificaciones ambientales como LEED que brinda lineamientos para que el edificio sea sostenible se puede lograr una reducción en el consumo de dichos recursos.

Como se conoce, el Complejo Centenario ya cuenta con la certificación LEED, la cual fue otorgada el año pasado por la USGBC, y como ya se ha mencionado previamente, la PUCP desde hace unos años se encuentra empleando la presente certificación debido a que con ella se busca generar el menor impacto posible al medioambiente mediante los lineamientos de la certificación LEED. El Complejo Centenario se enfoca mayormente a generar una

reducción en el consumo energético por lo que sus espacios fueron diseñados para aprovechar la luz y ventilación natural lo que contribuye a reducir el uso de iluminación artificial, aire acondicionado y calefacción.

En Greer et al. (2019) se realiza un caso de estudio sobre un edificio ubicado en California en el que se busca determinar la relación entre el resultado ambiental de las emisiones de los gases de efecto invernadero que se evitan y los resultados del sistema de calificación en la eficiencia de agua y energía en la certificación LEED v4. Asimismo, ellos indican que para lograr ello se busca caracterizar la relación del impacto climático que se puede evitar mediante la reducción del CO₂ por medio de los créditos. Como se aprecia, la determinación de los beneficios ambientales está orientado a la disminución de la emisión del CO₂, ya que este es uno de los principales contribuyentes del cambio climático por el que se atraviesa.

La energía es uno de los principales contribuyentes a la emisión de los gases de efecto invernadero en USA; además, los sistemas energéticos producen emisiones de gases de efecto invernadero en forma del CO₂ (Greer et al., 2019). Esto se debe a que al consumo energético causado por las iluminarias y los sistemas de aire acondicionado y calefacción, por lo que el generar una reducción en dicho consumo contribuye de manera importante a mitigar los impactos ambientales negativos. Es por ello que por medio del software EDGE se determinó las eficiencias generadas, puesto que este software nos entrega, además, los datos del consumo que se hubiese generado en el Complejo Centenario si es que no se contase con la certificación LEED que es el caso base o de referencia.

De los resultados obtenidos se tiene que para el caso del Complejo Centenario con las mejoras realizadas para la certificación se presenta una reducción del 26.87%. Dicho valor es mayor en un 0.87% al que se presenta por medio del Scorecard que es del 26%, lo cual se puede deber como se menciona previamente, a que los datos con los que no se contaban no eran los valores exactos al momento del modelado en EDGE. Sin embargo, en ambos casos se presenta una reducción considerable que garantiza que el Complejo Centenario es sostenible, asimismo, esta diferencia menor del 1% entre ambos casos muestra que los datos obtenidos en nuestro estudio por medio del software son confiables. Además de que existe una disminución del consumo energético lo que garantiza una disminución de los gases de efecto invernadero que a su vez es beneficioso para el medioambiente.

La eficiencia energética está más relacionada a la reducción del CO₂ que los puntos que LEED brinda con respecto a la eficiencia del agua; por lo que se espera una reducción entre 0 a 0.5 kg de CO₂ por metro cuadrado (m²) de superficie por año (Greer et al., 2019). Como se puede deducir del estudio realizado por Greer, el generar una reducción del consumo energético contribuye de manera significativa a la reducción de las emisiones del CO₂ con lo que se garantiza beneficios al medio ambiente.

Del modelado por EDGE del Complejo Centenario se plantearon dos casos a evaluar. El primer caso es considerado las mejoras para la certificación de la que se obtuvo un resultado de las emisiones de CO₂ equivalente a 86.56 toneladas por año. En segundo caso se evaluó el mismo edificio sin las mejoras consideradas para la certificación con lo que se obtuvo un equivalente a 111.43 tCO₂ por año. Como se aprecia esta reducción del 21.62% de las emisiones es considerable e importante y se observa, además, que se cumple con lo planteado por Greer que indica que LEED si genera una disminución de dicho contaminante con lo que se obtiene que el Complejo Centenario si genera beneficios al ambiente.

Con respecto a los beneficios sociales, los resultados obtenidos fueron mediante una encuesta como se mencionó al inicio del capítulo. De los cuales se observa en el Anexo 2 que los estudiantes encuestados afirman y están de acuerdo con que el Complejo Centenario es un lugar que les brinda beneficios, de los cuales el principal para ellos es el académico debido a que como este complejo brinda áreas comunes y de estudios para que estos puedan desarrollar sus deberes estudiantiles sin problemas y su desempeño sea el adecuado.

El entorno ecológico de las construcciones sostenibles generan impactos en los ocupantes (docentes, personal y estudiantes) quienes trabajan en las instituciones educativas, lo cual se debe a los ambientes verdes como el confort térmico, espacios bien distribuidos y luz (Kim et al., 2019). Como se aprecia, las construcciones sostenibles generan un impacto beneficioso para los usuarios de la edificación, puesto que al ser esta construida bajo parámetros de sostenibilidad se asegura que cuente con un adecuado diseño. Las edificaciones sostenibles cuentan con mejores ambientes para los usuarios que van desde el generar un adecuado confort, iluminación adecuada y ofrece una mejor salud que ayuda a los alumnos a su aprendizaje (Kim et al., 2019). Como se menciona previamente, de las encuestas obtenidas se cuenta con que los alumnos están de acuerdo con que el Complejo

Centenario brinda adecuados espacios con luminacion apta para que puedan estudiar asi como les brinda lugares de ocio y espacios comunes para que puedan sociabilizar. Con lo que se obtiene que el tener una edificacion con LEED brinda beneficios positivos a los usuarios para que estos puedan tener un adecuado desenvolvimiento.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) indicó que la calidad del aire, el cual incluye los contaminantes, temperatura y humedad, incluye a la salud y el rendimiento académico de los estudiantes (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000, como se citó en Kim et al., 2019). Al contar con una edificación sostenible como el Complejo Centenario, el cual ha sido diseñado bajo los parámetros de LEED, se asegura que los ambientes sean los apropiados, asimismo, dentro de sus categorías en LEED se encuentra la calidad del aire, el cual se basa en garantizar un adecuado lugar para los ocupantes para que más adelante no se presenten problemas de salud como los respiratorios.

Con respecto a los beneficios económicos obtenidos se obtuvo que mediante la utilización de la certificación LEED contribuye a una reducción en el pago de los servicios debido a que existe la reducción del consumo energético y del agua. En Kim et al. (2019) se menciona que, desde un punto de vista económico, las instituciones que son sostenibles generan un ahorro del \$3 por pie cuadrado o menos del 2% menos que en el caso de una edificación sin la certificación. Asimismo, indicaron que los beneficios económicos en una edificación ecoamigable son mucho más beneficiosos en las instituciones educativas.

Como se observa el emplear la certificación es viable para las edificaciones educativas debido a que están son edificios de largo plazo. Esto se debe a que dichas instituciones no dejan de funcionar y dar sus servicios. La PUCP es una universidad que tiene 103 años de funcionamiento, por lo que sus edificios educativos sirven a una gran cantidad de alumnado y debido a ello es necesario que se cuente con buenos edificios que garanticen un bienestar tanto a los estudiantes que hoy en día están en la universidad, así como a los futuros estudiantes. Sin embargo, Richardson y Lynes (2007 como se citó en Hopkins, 2015) indicaron que los costos que se requieren como capital para empezar los proyectos de las edificaciones son altos, por lo que pueden ser una barrera financiera para el desarrollo de los edificios sostenibles. Por lo que, si bien la certificación LEED genera un beneficio económico como lo visto en el inciso 4.2.3 se requiere para ello contar con el apropiado capital.

5.3. EVALUACIÓN SOBRE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL EDIFICIO CON Y SIN CERTIFICACIÓN LEED

Para el presente inciso se realiza la discusión de los resultados obtenidos sobre el desempeño del Complejo Centenario para el caso de la edificación con certificación LEED y el caso de esta misma si es que no constase con mencionada certificación en base a las reducciones de los consumos energéticos y del agua por medio del modelamiento realizado en el Software EDGE, además como se cuenta con el reporte energético se emplea dicha información para la presente discusión.

En el capítulo 4 se realizó el análisis del desempeño energético de la edificación por medio del software EDGE en el que se obtuvo un ahorro del 26.87% y por medio de Scorecard de LEED para su calificación se menciona que se obtuvo el 26%. El Complejo Centenario en un inicio quiso lograr cerca del 44% según se menciona en el Scorecard, pero no se contaba con una adecuada documentación que comprobara dicho desempeño. En Newsham (2009), menciona que Torcellini et al. (2004) realizaron el análisis energético de 6 edificaciones sostenibles en las cuales obtuvieron que todas las edificaciones se comportaban peor de lo esperado pero que todos ellos manejan un ahorro sustancial (costo de la energía o uso de la energía). Como se observa la reducción alcanzada del 26% se puede deber a que el desempeño esperado fue mayor o que las expectativas eran altas, pero de igual manera lograr el 26% del ahorro es un logro importante y es más del mínimo requerido por LEED para dar puntos con respecto al alcance de Energía y Atmósfera.

En Newsham (2009) mencionan que los resultados de su análisis que la desviación del ahorro previsto se debía a cargas de ocupantes más altas de lo esperado y sistemas que no funcionan según lo diseñado, además de las horas de operación y construcción junto con que las temperaturas del espacio variaron desde el diseño inicial. De lo mencionado por el autor se aprecia que existen variaciones del desempeño energético tanto en la etapa de diseño como en la etapa de operación debido a que existen ciertas variaciones cuando el edificio este operativo, por ejemplo, como menciona el autor la temperatura es variable, esta no se puede predecir con exactitud por lo que este cambio puede originar que se emplee de los sistemas de aire acondicionado o calefacción generando una mayor carga de la esperada.

De igual manera el valor obtenido por la modelación del Complejo Centenario en el software es mayor debido a que, en primer lugar, se toma los algunos valores por defecto del software y estos valores son de la base de datos que este tiene con respecto a las edificaciones educativas del país y, en segundo lugar, las mejoras colocadas en el software son aproximadas a los datos obtenidos en el reporte del comisionamiento del Complejo Centenario. Por lo que el desempeño energético real puede ser menor al 26.87% obtenido por el software, pero en un porcentaje bajo y no menor que el 20% que es lo mínimo que se necesita para la certificación. En Newsham (2009) se menciona que Turner (2006) realizó el estudio de 11 edificaciones en base al uso de energía de diseño, uso de energía en comparación con el código de la línea base y el uso promedio de la energía de las edificaciones. De dicho estudio se obtuvo que todas las edificaciones se comportan mejor que la línea base. Como se observa de lo mencionado el desempeño de la edificación con las mejoras de sostenibilidad estipuladas en la Guía LEED generan reducciones del consumo energético, en este caso para Complejo Centenario en base a las mejoras realizadas se observa que tanto en el modelado en EDGE como el reporte real de LEED existen mejoras y una reducción importante del consumo energético.

En promedio, las edificaciones LEED presentan una reducción entre el 18 – 39% de energía por superficie del piso que los edificios convencionales, sin embargo, un porcentaje de las edificaciones LEED entre el 28-35% usan más energía que las ediciones convencionales (Newsham, 2009). Como se observa en promedio se espera la reducción del consumo energético mediante la utilización de LEED y el porcentaje mencionado de edificaciones LEED que pueden tener un desempeño contrario a lo esperado que es la reducción energética se puede deber a que no se planteó un adecuado diseño y no se tuvieron todas las consideraciones necesarias para generar que el edificio genere la reducción esperada. Es debido a ello que la nueva versión de LEED considera una etapa de integración en la que todos los especialistas se deben reunir para llegar a un consenso de cuáles son las medidas adecuadas que se pueden efectuar para que se logre que la edificación tenga un buen desempeño. Asimismo, el estudio de Newsham es de años anteriores por lo que las metodologías que se emplean hoy en día para generar un comportamiento energético adecuado son mejores.

Con respecto a la reducción del consumo del agua no se presentan muchos casos de estudio y ello se puede deber principalmente a que la reducción de los gases de efecto invernadero está relacionado a un buen desempeño energético. Un gran consumo energético genera que las emisiones de dióxido de carbono sean mayores debido a que dentro de este consumo se encuentran los aparatos de aire acondicionado y calefacción, los cuales contribuyen a la contaminación ya que para funcionar requieren de una carga energética elevada.

La mayoría de los créditos relacionados al alcance de Eficiencia del Agua se basa en la utilización de aparatos eficientes, es decir, aparatos sanitarios que garanticen un consumo reducido de agua. Por ejemplo, que los aparatos del lavamanos empleen una menor descarga de lo normal o mejor dicho que su descarga empleada sea más eficiente que las de los aparatos convencionales. Por ello, como se ha mencionado previamente a lo largo de la presente tesis, en el reporte de comisionamiento brindado por la PUCP se menciona que principalmente el Complejo Centenario se basa en asegurar la reducción energética y para el caso de la reducción del agua se logra por medio de dichos aparatos. Y como se observa de los resultados del capítulo 4 mediante la aplicación de estos se logra el 30.81% de la reducción del consumo del agua según el modelamiento del software EDGE y conforme a lo especificado en el Scorecard de LEED se tiene una reducción del consumo de agua del 42%.

Como se observa del párrafo anterior, dicho valor es mayor al esperado por el software y esto se debe a que no se contó con los aparatos empelados en el Complejo Centenario por lo que se buscaron elementos que garantizaran dicha reducción. Con lo que se obtiene que las medidas reales empleadas brindan una reducción del 36.32% respecto a las medidas consideradas en nuestro estudio. En ambos casos el porcentaje de reducción obtenida es mayor al 20% que es lo mínimo para garantizar que las edificaciones sean sostenibles.

CONCLUSIONES

A lo largo de la presente tesis se ha expuesto el desempeño ambiental del Complejo Centenario mediante la certificación LEED y en el caso de que esta no contase con dicha certificación. Asimismo, se ha comentado sobre los beneficios sociales, ambientales y económicos que se logran por medio de LEED en el Anexo 2, puesto que como se menciona en los anteriores capítulos las edificaciones sostenibles buscan lograr un equilibrio entre dichos aspectos. A continuación, en el presente capítulo se presentan las principales conclusiones a las que se llegaron luego de realizar todo el estudio sobre el Complejo Centenario.

Cuando se realizó el estudio sobre el desempeño ambiental del Complejo Centenario, el cual ya cuenta con la certificación LEED, se obtuvieron reducciones en cuanto al consumo energético y de agua, las cuales son del 26.87% y 30.81% respectivamente por medio de la utilización del software EDGE. De lo que se concluye que mediante la aplicación de la certificación existen reducciones que son favorables para el medio ambiente. Asimismo, de los puntajes que se distribuyen a lo largo de los alcances de la guía LEED se aprecia que la mayor cantidad de puntos se encuentran en Energía y Atmosfera, lo cual se debe a que el consumo energético está ligado a la emisión de los gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen de manera importante a la contaminación y al cambio climático. Por lo que el obtener una reducción del consumo energético beneficia de mayor manera a la mitigación de los impactos negativos que se pueden generar por medio de la construcción y operación de la edificación.

De los resultados que se detallan en el Scorecard sobre estas reducciones se tiene que la reducción del consumo energético y del agua son del 26% y 42%, y como se detalla en el capítulo sobre la discusión de los resultados dicha diferencia se debe a que no se cuenta con todos los datos sobre el Complejo Centenario como la orientación del edificio, las áreas de los espacios con los cuales se cuenta y el detalle de todas las mejoras empleadas. Por lo que se concluye que para obtener un valor mucho más exacto es necesario contar con los valores sobre el diseño de la edificación debido a que conociendo todos los espacios con los que se cuenta y sus respectivas áreas, los aparatos empleados tanto en iluminación como los

sanitarios se puede determinar con mayor exactitud los consumos energéticos y del agua esperados con lo que los cálculos sobre las mencionadas reducciones serían más cercanos al valor real obtenido por el Scorecard.

Con respecto al análisis de los beneficios ambientales, los cuales están relacionados como se menciona anteriormente a las reducciones de los consumos energéticos debido a que con ello se logra una reducción en la emisión del dióxido de carbono, el cual es uno de los principales aportantes al cambio climático y todas las consecuencias originadas al ambiente como la desglaciación y los elevados cambios de temperatura en el ambiente. La reducción obtenida es del 21.62% por año, por lo que se concluye que las especificaciones que se detallan en la guía LEED si son adecuadamente diseñadas y seguidas se obtiene un beneficio importante para el medioambiente. Asimismo, debido a la importancia que las construcciones sostenibles poseen hoy en día con el pasar del tiempo surgirán nuevas metodologías a emplear para lograr estas reducciones y mitigar los impactos negativos.

Por otro lado del análisis de los otros dos tipos de beneficios se concluye que mediante la utilización de la certificación LEED se generan beneficios sociales debido a que según los resultados obtenidos se demostraba que los usuarios del Complejo Centenario indicaron que este les brinda un confort adecuado para que puedan desarrollar sus deberes de manera apropiada y es que en uno de los alcances de la guía el cual es Calidad de Aire se busca brindar un buen ambiente a los usuarios para que estos puedan desarrollar sus actividades sin problemas y que más adelante no sufran problemas de salud debido a la mala calidad de los ambientes en los que desarrollan dichas actividades. De la misma manera por medio de LEED se presentan ahorros económicos por parte de las reducciones de los consumos de los recursos y esto se debe a que la edificación empleará una menor cantidad de estos recursos para poder funcionar sin afectar su desempeño, por lo que la inversión que se puede necesitar para la aplicación de LEED se recupera con el tiempo debido a que estas edificaciones institucionales tienen un tiempo de vida de aproximadamente 50 años.

En conclusión, se observa que la aplicación de la certificación LEED en las edificaciones si es de gran importancia debido a que no solo genera beneficios al medioambiente por medio de la reducción de los gases de efecto invernadero con la disminución del consumo energético, sino que también existe una reducción del consumo del agua y dicho recurso es

fundamental por lo que cuidarlo y utilizarlo con mesura es una contribución importante. Asimismo, la reducción de los gases de efecto invernadero no solo es beneficiosos para el medioambiente sino para todos los seres vivos que habitamos en este debido a que el cambio climático por el que se atraviesa nos afecta de manera directa y si no se tiene un cuidado de este o se trata de emplear metodologías o medidas preventivas para revertir estos efectos negativos o mitigarlos, más adelante el estilo de vida de todos los seres vivos se verá perjudicado.

Con las construcciones de las edificaciones sostenibles por medio de las certificaciones ambientales como LEED se contribuye a la mitigación de los impactos negativos que se generan por parte de estas ya que como se menciona previamente en los capítulos anteriores las edificaciones siempre generaran un impacto al ambiente debido a que este se debe modificar para la construcción de las edificaciones por lo que si se siguen y emplean parámetros sostenibles se puede garantizar un desempeño adecuado y eco amigable de estas edificaciones. Asimismo, estas certificaciones ambientales con el pasar del tiempo mejoran y sacan nuevas versiones en las que se toman nuevos parámetros a seguir, así como los lineamientos a cumplir son más rigurosos y centrados en lograr estos beneficios al ambiente y las personas.

ANEXO 1 LEED V3 2009

El Complejo Centenario fue construido siguiendo las lineaciones establecidas en la Guía Leed Versión 3 de 2009. Como se mencionó con el pasar del tiempo, la USGBC mejora los lineamientos a seguir para contar con la certificación para de esa manera garantizar un mejor desempeño de las edificaciones y que se disminuya los impactos ambientales. A continuación, se detalla y explica los alcances del LEED V3. Para esta versión se cuenta con 7 alcances y cada una cuenta con diversos créditos a cumplir.

El primer alcance trata sobre los Sitios Sostenibles y los puntos posibles a alcanzar si se cumplen con todos los créditos son de 26 puntos. Sus créditos a cumplir son los siguientes.

- SSp1: Prevención de la Contaminación por actividades de Construcción. El alcance de este prerequisite es el reducir la contaminación proveniente de las actividades de construcción. Y para ello plantea que se debe crear e implementar un Plan de Control de Erosión y Sedimentación (CES).
- SSc1: Selección del Sitio. Si se cumple con este crédito se obtiene el puntaje de 1 y su alcance es evitar el desarrollo de la construcción en sitios no adecuados y de esa manera se puede reducir los impactos ambientales por medio de una adecuada ubicación del edificio. Por ejemplo, en este crédito se evalúa que el desarrollo de las edificaciones no puede estar en terrenos donde haya cultivo o que este terreno antes haya sido un parque natural.
- SSc2: Densidad del Desarrollo y Conectividad de la Comunidad. Si se cumple con este crédito se obtiene un puntaje igual a 1 y su alcance es canalizar el desarrollo social en las áreas urbana con infraestructura existente debido a que se busca proteger los terrenos cultivables y preservar el hábitat.
- SSc3: Redesarrollo de Suelos Industriales Contaminados. Si se cumple con este crédito se obtiene un puntaje igual a 1 y su objetivo es la rehabilitación de sitios dañados en los cuales el desarrollo es complicado por la contaminación medioambiental.

- SSc4.1: Transporte Alternativo: Acceso al Transporte Público. La puntuación por el cumplimiento de este crédito es de 6 puntos y su alcance es reducir la contaminación y los impactos en el desarrollo del terreno debido al uso de los automóviles.
- SSc4.2: Transporte Alternativo: Almacén de Bicicletas y Vestuarios. La puntuación por el cumplimiento de este crédito es de 1 punto y su objetivo es el lograr reducir la contaminación por el empleo de los vehículos para transportarse al lugar por lo que se busca generar e incentivar a que se puedan emplear otros medios de transporte que no contaminan para llegar al edificio.
- SSc4.3: Transporte Alternativo: Vehículos de Baja Emisión y Combustible Eficiente. Por ese crédito se otorga un puntaje equivalente a 3 puntos y su alcance es de igual manera reducir la contaminación brindando alternativas de aparcamiento para vehículos de baja emisión
- SSc4.4: Transporte Alternativo: Capacidad de Aparcamiento. Este crédito otorga 2 puntos y su objetivo es brindar una dimensión adecuada para que la capacidad de los aparcamientos cumpla los requisitos mínimos locales para la zona.
- SSc5.1: Desarrollo de la Parcela: Proteger o Restaurar el Hábitat. El cumplimiento de este crédito otorga 1 punto y su alcance es conservar las áreas naturales existentes y restaurar las áreas dañadas para generar un hábitat adecuado y promover la biodiversidad.
- SSc5.2: Desarrollo de la Parcela: Maximizar el Espacio Abierto. Este crédito otorga 1 punto y su propósito es promover la biodiversidad por medio de contar con un gran espacio abierto en relación con la huella del desarrollo.
- SSc6.1: Diseño de Escorrentías: Control de Cantidad. Con el cumplimiento de este crédito se obtiene 1 punto.
- SSc6.2: Diseño de Escorrentías: Control de Calidad. Puntaje a obtener por este crédito es de 1 punto.
- SSc7.1: Efecto Isla de Calor: No-Tejado. Con el cumplimiento de este crédito se busca obtener 1 punto y su alcance es de reducir las islas de calor para poder minimizar el impacto en el microclima.
- SSc7.2: Efecto Isla de Calor: Tejado. Con este crédito se obtiene 1 punto.

- SSc8: Reducción de la Contaminación Lumínica. Con este crédito se busca obtener 1 punto y su objetivo es minimizar la luz que llega al edificio y el sitio.

El segundo alcance es la Eficiencia en Agua y si se logran el cumplimiento de todos los créditos se obtienen un puntaje total igual a 10 puntos.

- WEp1: Reducción del Consumo de Agua. El alcance de este prerequisite es el lograr que se incremente la eficiencia en agua originado por los edificios para poder reducir la carga del suministro municipal de agua y los sistemas residuales.
- WEc1: Jardinería Eficiente en Agua. Si se cumple con este crédito se logra un puntaje de 4 puntos y su objetivo es el eliminar el uso del agua potable para el riego de los jardines.
- WEc2: Tecnologías Innovadoras en Aguas Residuales. Por medio de este crédito se obtiene un puntaje igual a 2 puntos y su alcance es reducir la generación de aguas residuales y la demanda del agua potable.
- WEc3: Reducción del Uso de Agua. Puntaje a obtener por medio de este crédito igual a 4 puntos y su objetivo es maximizar la eficiencia en agua en los edificios para reducir la carga del suministro municipal de agua potable.

Para el tercer alcance se tiene Energía y Atmosfera, y si se cumplen con todos los créditos obtiene un puntaje total de 35 puntos.

- EAp1: Recepción Fundamental de los Sistemas de Energía del Edificio. Su alcance es asegurar que los sistemas del edificio relacionados con la energía y que estos estén adecuadamente instalados, calibrados y que tengan la eficiencia adecuada.
- EAp2: Mínima Eficiencia Energética. El alcance de este prerequisite es establecer un mínimo nivel de eficiencia energética para los sistemas.
- EAp3: Gestión de los Refrigerantes Principales. Este prerequisite busca que se reduzca la emisión de gases que afectan la capa de ozono.
- EAc1: Optimización de la Eficiencia Energética. Con este crédito se puede alcanzar la puntuación de 19 puntos. El propósito de este crédito es conseguir un incremento en los niveles de eficiencia energética.

- EAc2: Energía Renovable In-Situ. Con el cumplimiento de este crédito se puede lograr un puntaje total de 7 puntos. El alcance es reconocer el incremento de niveles de auto suministro de energía renovable in situ.
- EAc3: Recepción Mejorada. Con este crédito se logra una puntuación igual a 2 puntos.
- EAc4: Gestión Mejorada de los Refrigerantes. La puntuación a obtener es de 2 puntos y su propósito es reducir la emisión de gases que afectan a la capa de ozono y apoyar el cumplimiento temprano del Protocolo de Montreal mientras que se minimizan las contribuciones directas al cambio climático.
- EAc5: Medición y Verificación. La puntuación 3 puntos y su alcance es proporcionar medios para la continua contabilidad del consumo de energía del edificio.
- EAc6: Energía Verde. Puntuación a obtener de 2 puntos y el propósito del crédito es favorecer el desarrollo y el uso de tecnologías de energía renovable con fuente en la red eléctrica.

Como cuarto alcance se cuenta con Materiales y Recursos, y si se logra cumplir con todos los créditos estipulados se obtiene un puntaje total de 14 puntos.

- MRp1: Almacenamiento y Recogida de Reciclables. Este requisito trata de facilitar la reducción de residuos generados por los ocupantes del edificio que son transportados y depositados en vertederos.
- MR1.1: Reutilización del Edificio: Mantener los Muros, Forjados y Cubiertas Existentes. Con el cumplimiento de este crédito se puede obtener 3 puntos.
- MR1.2: Reutilización del Edificio: Mantener los Elementos no Estructurales del Interior. Con este crédito se puede obtener 1 punto.
- MR2: Gestión de Residuos de Construcción. Puntaje a obtener igual a 2 puntos.
- MR3: Reutilización de Materiales. Con el cumplimiento de este crédito se puede obtener un puntaje igual a 2 puntos y su alcance es reutilizar materiales y productos del edificio para reducir de esa manera la demanda de materias primas y reducir los residuos.
- MR4: Contenido em Reciclados. Puntaje máximo a obtener igual a 2 puntos y su alcance es incrementar la demanda de productos para el edificio que incorporen materiales con contenido en reciclados.

- MR5: Materiales Regionales. Con el cumplimiento de este crédito se puede obtener 2 puntos y su alcance es incrementar la demanda de materiales y productos que se obtengan de la región.
- MR6: Materiales Rápidamente Renovables. Puntaje a obtener igual a 1 punto y su alcance es reducir el uso y la disminución de materias primas limitadas y renovables.
- MR7: Madera Certificada. Con el cumplimiento de la certificación se puede lograr 1 punto y su alcance es incentivar la gestión forestal medioambiental responsable.

Como quinto alcance se encuentra a la Calidad Ambiental Interior, el cual proporciona un puntaje total de 15 puntos.

- IEQp1: Mínima Eficiencia de Calidad del Aire Interior. El propósito de este prerequisite es el de establecer una mínima eficiencia en la calidad del aire para aumentar la calidad del aire interior de los edificios.
- IEQp2: Control del Humo del Tabaco Ambiental. Su alcance es lograr que se minimice a exposición de los ocupantes del edificio al humo de tabaco.
- IEQc1: Seguimiento de la Entrada de Aire Fresco. Puntaje a obtener igual a 1 punto y su alcance es proporcionar capacidad de seguimiento de los sistemas de ventilación para mantener el bienestar de los ocupantes.
- IEQc2: Incremento de la Ventilación. Con el cumplimiento de este crédito se busca la obtención de 1 punto.
- IEQc3.1: Plan de Gestión de Calidad del Aire Interior en la Construcción-Durante la Construcción. Puntaje a obtener igual a 1 punto y su alcance es reducir los problemas de calidad del aire interior resultantes del proceso de construcción para ayudar a mantener el confort.
- IEQc3.2: Plan de Gestión del Plan de Calidad en la Construcción: Antes de la Ocupación. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQc4.1: Materiales de Baja Emisión: Adhesivos y Sellantes. Si se cumple con este crédito se obtiene un puntaje igual a 1.
- IEQc4.2: Materiales de Baja Emisión: Pinturas y Recubrimientos. Puntaje a obtener igual a 1 punto.

- IEQc4.3: Materiales de Baja Emisión: Sistemas de Suelos. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQc4.4: Materiales de Baja Emisión: Productos de Maderas Compuestas y de Fibras Agrícolas. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQc5: Control de Fuentes Interiores de Productos Químicos y Contaminantes. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ6.1: Capacidad de Control de los Sistemas: Iluminación. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ6.2: Capacidad de Control de los Sistemas: Confort Térmico. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ7.1: Confort Térmico: Diseño. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ7.2: Confort Térmico: Verificación. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ8.1: Luz Natural y Vistas: Luz Natural. Puntaje a obtener igual a 1 punto.
- IEQ8.2: Luz Natural y Vistas: Vistas. Puntaje a obtener igual a 1 punto y su alcance es proporcionar a los ocupantes del edificio una adecuada conexión entre los espacios interiores y los exteriores a través de la introducción de luz natural y vistas en las áreas habitualmente ocupadas del edificio.

Como sexto alcance se tiene Innovación en el Diseño y con este se puede obtener un puntaje total de 6 puntos.

- IDc1: Innovación en el Diseño. Con este crédito se puede conseguir un puntaje igual a 5 puntos y su alcance es proporcionar a los equipos de diseño y proyecto la oportunidad de obtener una eficiencia excepcional por encima de los requisitos establecidos en la Guía LEED.
- IDc2: Profesional Acreditado LEED. Puntaje a obtener igual a 1 punto y su alcance es apoyar al desarrollo integral del diseño requerido en la Guía LEED para que el proyecto sea más eficiente en el proceso de certificación.

Por último, se obtiene el alcance de Prioridad Regional en el que se puede lograr el puntaje de 4 puntos y su alcance es de proporcionar un incentivo para conseguir créditos que se dirigen a las prioridades medioambientales específicas de la geografía.

ANEXO 2

ESTIMACIONES DE LOS BENEFICIOS

En el presente anexo se explica con mayor detenimiento las estimaciones de los beneficios sociales, económicos y ambientales generados por la aplicación de la Certificación LEED, tal como se indica en el inciso 4.2. que trata sobre la evaluación de los beneficios generados.

- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES

Con el pasar del tiempo se ha determinado que el entorno construido impacta a la salud y el bienestar de todas las personas debido a que antes se pensaba que la salud estaba relacionada solamente con el sector sanitario y que este era quien tenía la responsabilidad de que los individuos se encuentren bien de salud (Worden, Hazer, & Pyke, Using LEED green rating systems to promote population health, 2019). Como se aprecia la construcción de las edificaciones tienen un gran impacto en la salud de las personas y su desempeño. Por lo que la Certificación LEED toma en consideración esto y su Guía presenta lineamientos que se basan en brindar un ambiente óptimo a las personas.

La Guía LEED tiene en consideración este aspecto importante por lo que desde el diseño de una edificación se evalúa las medidas a realizar para asegurar que la calidad del aire en el ambiente de trabajo sea el apropiado de manera que los trabajadores puedan desempeñar sus labores sin problema alguno durante la etapa de la construcción. Asimismo, esta certificación se asegura que los ocupantes en el periodo de vida útil del edificio posean un ambiente óptimo y adecuado en el que puedan disfrutar del confort de la edificación sin que su salud se vea afectada.

Debido a que la PUCP es una universidad de alto prestigio, esta innova constantemente en las edificaciones para brindar a los estudiantes un adecuado ambiente educativo para que estos no tengan problema con su desempeño educativo y cuenten con todas las facilidades de desarrollarse académicamente.

Como se conoce, el caso de estudio es el Complejo Centenario el cual es un centro educativo que se encuentra en la PUCP. Por lo que en este anexo nos centramos en evaluar los

beneficios sociales generados a los estudiantes de la universidad que ocupen la edificación para utilizar los servicios que esta le brinda y si es que este cumple con la finalidad para la que fue construida en cuanto a brindar a los estudiantes un adecuado lugar para que realicen sus actividades académicas de manera productiva.

Cabe mencionar que la PUCP al realizar sus edificaciones sostenibles genera en los estudiantes mayor concientización sobre la importancia de contribuir desde cada carrera al cuidado del medioambiente y que se debe realizar las actividades de manera que se tengan en consideración la importancia del ambiente. Por lo que un primer beneficio es que los estudiantes estén rodeados de nuevas maneras y metodologías en la que puedan crecer de manera profesional y que sean conscientes de que todos los seres vivos tienen una gran importancia por lo que debemos cuidar el planeta mediante nuevas metodologías o actividades que permitan esto puesto que el cambio climático es un hecho y si no se aplican las medidas necesarias para mitigar ello o revertirlo las consecuencias a largo plazo afectarán a los seres vivos y su calidad de vida.

Para la determinación de los demás beneficios sociales se realizó un cuestionario a los alumnos de la PUCP para conocer la percepción que estos tienen sobre los beneficios que el Complejo le brinda. Para el estudio se considera una muestra de 36 estudiantes a los que se les consultó las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es su opinión sobre el Complejo Centenario?
- ¿Considera que el Complejo Centenario genera beneficios a los estudiantes?
- Seleccione los tipos de beneficios que el Complejo Centenario brinda para los cuales se dieron las siguientes opciones.
 - Beneficios Sociales
 - Beneficios Ambientales
 - Beneficios Académicos
 - Beneficios Estéticos
 - Benéficos de Ocio referidos a si en el Complejo cuentan con ambientes que les permitan desestresarse o relajarse luego de la carga académica.
 - Beneficios sobre la Calidad de Aire Interior referidos a que si los ambientes son adecuados y se cuenta con una adecuada ventilación.

- Con respecto a la pregunta anterior, ¿qué beneficios identifica que le brinda el Complejo Centenario?
- ¿Los espacios que le brinda el Complejo Centenario son adecuados y cómodos para realizar sus actividades?
- En caso su respuesta en la pregunta anterior sea “NO”, ¿qué cambios o mejoras le realizaría?
- ¿Cuál es su sensación sobre el confort térmico?

Con respecto a la primera pregunta se puede determinar la perspectiva que tienen los estudiantes sobre este Complejo Centenario y de esa manera determinar si este lugar cumple con las expectativas para la que fue construido en base a lo social.

Los alumnos con respecto a esta pregunta respondieron en su mayoría que el lugar es agradable y que este cuenta con una infraestructura apropiada para poder realizar las actividades que ofrece con tranquilidad. Además, que brinda un espacio de estudio óptimo debido a que se puede estudiar de forma individual o grupal, esto se debe a que el Complejo cuenta con cubículos los cuales se reservan para su utilización y permite que los alumnos gocen de dichos espacios por un tiempo máximo de 2 horas al día y estos espacios brindados permiten un estudio tranquilo debido a que se cuenta con una adecuada iluminación para poder concentrarse de manera adecuada.

Los alumnos también opinaron sobre la parte estética y se refieren a esta como adecuada puesto que cuenta con un diseño innovador que contempla la aceptación de las áreas verdes. Sin embargo, varias de las opiniones se refieren a que el Complejo Centenario no cuenta con espacios suficientes para la correcta realización de las actividades debido a que la cantidad de mesas con las que se cuentan son escasas para la gran cantidad de demanda.

Como se sabe la PUCP cuenta con un gran número de estudiantes y debido a que es un campus en el que todas las carreras se encuentran y dictan en su sede principal la demanda de los alumnos por obtener lugares de estudio es alta. Esto se incrementa en la época de exámenes en la que todo el alumnado busca espacios para estudiar de manera individual o en conjunto.

Según uno de los comentarios la cantidad de espacios disponibles para estudiar son pocos en comparación con el Complejo de Innovación Académica y algunos mencionan que los

espacios podrían estar mejor distribuidos para atender de manera adecuada la gran demanda de los alumnos, así como los enchufes con los que se cuentan están muy alejados de las mesas. Asimismo, se menciona que se cuenta con muchos espacios que no son funcionales y podrían ser usados de una mejor manera para brindar mayor cantidad de espacios destinados para lugares de estudio y equipados con mesas para que una mayor cantidad de alumnos puedan obtener y disfrutar de dichos beneficios.

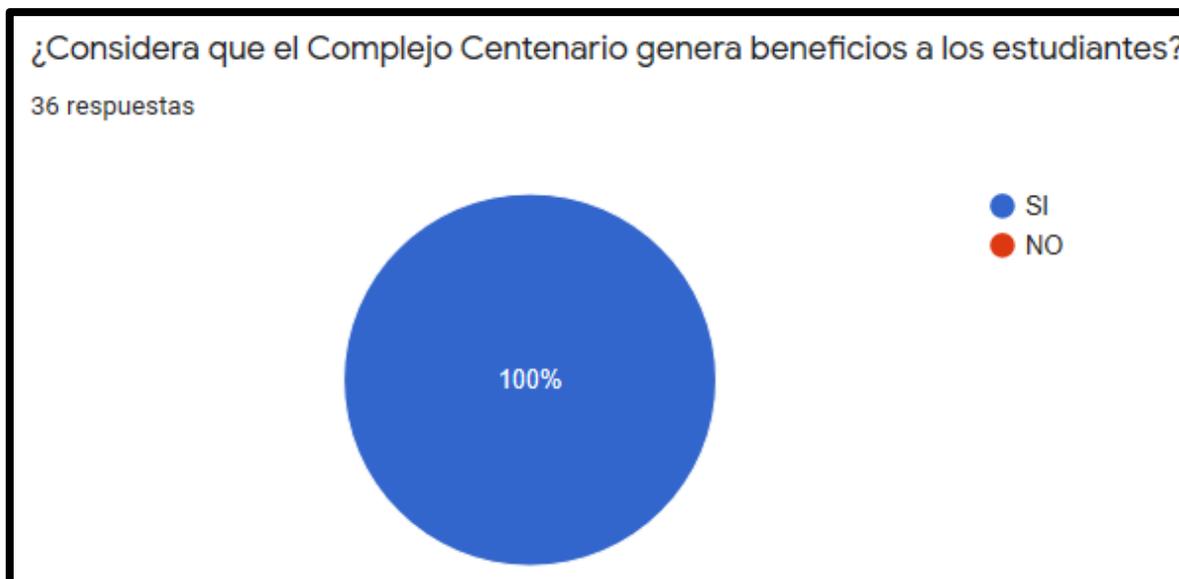
En conclusión, los alumnos indican que el Complejo Centenario es útil debido a que brinda espacios para que el estudio sin embargo como la demanda es mayor dichos espacios son limitados por lo que muchos no pueden disfrutar con los beneficios de manera adecuada y tienen problemas para encontrar a lo largo de la PUCP sitios para poder estudiar de manera adecuada y en tranquilidad, puesto que algunos deben acudir a las cafeterías o comedores los cuales son lugares en donde los alumnos acuden para socializar por lo que la bulla en muchas ocasiones no les permite poder realizar sus estudios de manera correcta.

Con respecto a la segunda pregunta que es sobre si los alumnos consideran que el Complejo Centenario brinda beneficios a los estudiantes se obtuvo que de todos los encuestados el 100% está de acuerdo con que si se obtienen beneficios por parte del Complejo como se presenta en la Figura II.1.

De la Figura II.1 se observa que esto está relacionado con la primera pregunta que se realizó y las respuestas obtenidas, debido a que los alumnos comentaron que el Complejo Centenario brinda beneficios principalmente ligados con los espacios de estudio solo que estos no son suficientes con respecto a la gran demanda que se cuenta en la PUCP. Además, que se mencionan que hay ambientes que se podrían utilizar de una mejor manera con una adecuada distribución de las mesas y equipos para que se pueda brindar dichos beneficios a más alumnos.

FIGURA II. 1

Beneficios del Complejo Centenario



Nota. Fuente propia – Cuestionario Google

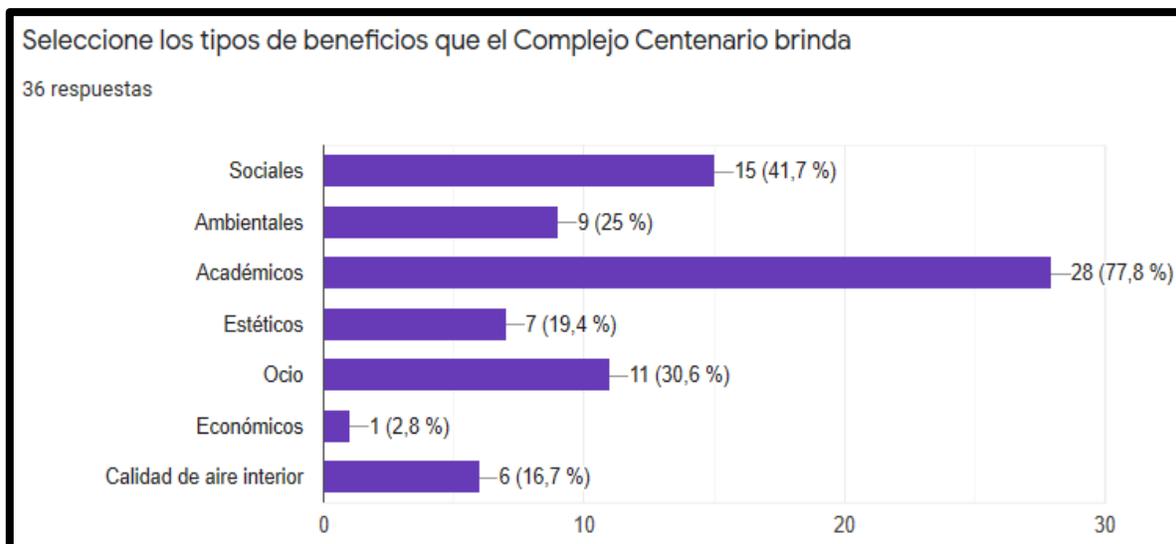
Con respecto a la tercera pregunta que trata sobre qué tipos de beneficios los alumnos encuentran en el Complejo Centenario en base a las opciones múltiples que se brindaron y se explican anteriormente se obtiene lo siguiente en la Figura II.2.

De la Figura II.2. se observa que se obtiene un mayor porcentaje en el aspecto de los beneficios académicos y ello es adecuado debido a que la función primordial del Complejo Centenario es brindar a los alumnos ambientes con condiciones óptimas y adecuadas que permitan que estos puedan estudiar de manera adecuada y puedan desarrollarse en el aspecto académico, además que puedan rendir de manera adecuada y no presenten problemas académicos por falta de lugares para dedicarle tiempo a los estudios.

En segundo lugar, se observa que los beneficios sociales ocupan el 41.7%, es decir de los 36 alumnos solo 15 están de acuerdo que el Complejo brinda dichos beneficios que están ligados con las comodidades que poseen todos los alumnos para realizar las diversas actividades para la que fue construida el Complejo. Además, que están de acuerdo con que el Complejo permite socializar con las demás personas ya que cuenta con espacios destinados para ello.

FIGURA II. 2

Tipos De Beneficios Del Complejo Centenario



Nota. Fuente propia – Cuestionario Google

Es importante aclarar que las mesas con las que se disponen en el Complejo son utilizadas para diversas actividades. No todos los alumnos utilizan estos espacios para el estudio sino también para sentarse y platicar o pasar el rato. Es en este punto en que existe un problema con la disponibilidad de los espacios de estudio, ya que algunos alumnos como se mencionó usan los espacios para socializar por lo que los alumnos que desean estudiar no pueden contar con espacios disponibles y es debido a ello que piden que se distribuya de mejor manera los espacios para que se pueda tener un mayor aforo que satisfaga la demanda de alumnos.

En tercer lugar, en la Figura II.2 se observa que los beneficios de ocio se encuentran en tercer lugar, y ello se debe a que el Complejo Centenario cuenta con espacios acomodados para que los alumnos puedan dirigirse y descansar un rato después de una gran carga académica con lo que pueden recuperar fuerzas y seguir rindiendo. Es importante esto debido a que muchos de los alumnos permanecen en la PUCP todo el día por lo que es necesario que se cuente con lugares en donde estos puedan reposar por un periodo y puedan seguir rindiendo de la mejor manera y no se vean afectados por el cansancio por lo que su rendimiento académico se vea afectado.

Por último, se encuentra los demás beneficios que son los ambientales en cuarto lugar, los beneficios estéticos en quinto lugar, en sexto lugar se encuentra los beneficios sobre la calidad del aire y por último se encuentra los beneficios económicos, los cuales en si no se aprecian por parte de los estudiantes. Este último tiene más que ver por parte de los beneficios que generan a la PUCP ya que con la reducción del consumo del agua y energía a largo plazo se tendrán reducciones en los costos, pero ello se detalla de manera más específica más adelante en el apartado de los beneficios económicos.

Con respecto a la pregunta sobre cuáles son los beneficios que identifican que le brinda el Complejo Centenario de manera más detallada con respecto a la pregunta anterior cuyos resultados se muestran en la Figura II.2 se obtuvo que los alumnos con respecto a los beneficios académicos opinan que estos cuentan con espacios en los cuales puedes estudiar en grupo o de manera individual de manera silenciosa. Además, que estos beneficios académicos son los principales debido a que la PUCP es un lugar que alberga muchos estudiantes los cuales requieren de espacios para realizar sus estudios de manera adecuada.

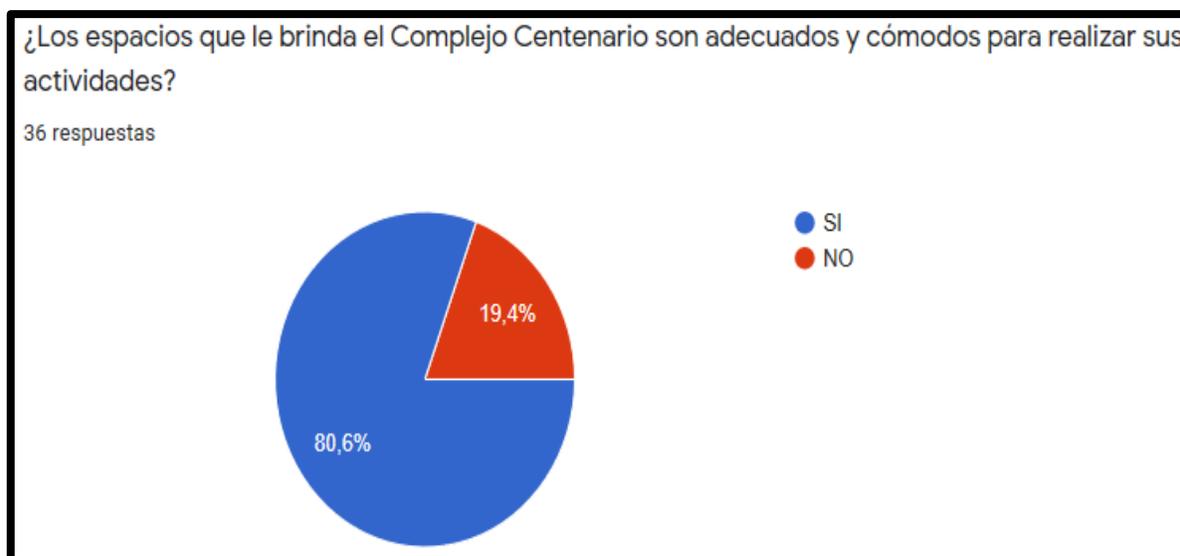
Para los beneficios sociales, los alumnos indicaron que se cumplen con estos debido a que el edificio cuenta con espacios en los cuales los alumnos pueden conversar, así como tener reuniones entre varios alumnos para estudiar sin problema alguno. Además, mencionan que cuenta con ambientes en los que pueden pasar sus horas libres de manera adecuada.

En conclusión, los alumnos en esta pregunta indicaron que el Complejo Centenario es un adecuado edificio debido a que brinda espacios para estudiar además de espacios para el ocio y relajación puesto que cuenta con sillones de descanso, los cuales son cómodos, que les brindan confort. Esto se debe a que consideran que sus lugares están ambientados para que los alumnos puedan realizar sus estudios de manera correcta con una iluminación adecuada y espacios cómodos.

Con respecto a la pregunta sobre si los espacios que brinda el Complejo Centenario son adecuados y cómodos para realizar las actividades se obtuvieron los siguientes resultados los cuales se detallan en la Figura II.3.

FIGURA II. 3

Porcentaje sobre la comodidad de los espacios brindados por el Complejo Centenario



Nota. Fuente propia – Cuestionario Google

De la Figura II.3. se observa que el 80.6% de los encuestados opinan que el Complejo Centenario cuenta con los espacios adecuados para satisfacer todas las necesidades y poder realizar las actividades académicas, sociales y de ocio de manera adecuada. Sin embargo, el 19.4% considera que estos ambientes no son los más adecuados para poder realizar las diversas actividades de una manera apropiada.

Ello se debe a que estos alumnos consideran que no se cuentan con suficientes espacios disponibles para poder realizar las actividades académicas debido a que se requiere una mayor cantidad de mesas, las cuales permitan que una mayor cantidad de alumnos dispongan de los beneficios y no existan problemas relacionados con la falta de espacios para los estudios.

La siguiente pregunta del cuestionario está ligada a las respuestas de la Figura II.3, puesto que trata sobre que si la respuesta en la pregunta anterior fue “NO” que especifiquen que cambios o mejoras realizan al Complejo Centenario para poder lograr que su calificación sea positiva.

Con respecto a esta pregunta, los estudiantes indicaron que no consideran que los ambientes sean cómodos y adecuados debido a que se necesitan de una mayor cantidad de sitios para poder realizar sus estudios. De la misma manera y como se mencionó previamente los alumnos mencionan que se requiere de mayores espacios para estudiar puesto que durante la época de los exámenes es difícil encontrar lugares disponibles para poder estudiar y en el Complejo se cuenta con espacio libre que no es utilizado de manera apropiada y eficiente.

Además, mencionan que las mesas de estudio no son las adecuadas para ellos puesto que estas no son cómodas para realizar sus diversas actividades estudiantiles y no les permite realizar tantos trabajos en grupo por lo que ellos opinan que es adecuado colocar más espacios para los trabajos grupales.

Los alumnos también mencionan que los enchufes no se encuentran cerca de las mesas lo que dificulta que estos puedan realizar sus trabajos por medio de sus laptops o dispositivos electrónicos debido a que si a estos se les agota la batería no pueden ponerlos a cargar de manera rápida por lo que no les permite seguir con la realización de sus trabajos o continuar estudiando si requieren de la utilización de estos para visualizar diapositivas o archivos.

Por último, mencionan que sería óptimo si se cuenta con una cafetería mejor implementada, a causa de que estos alumnos sienten frío dentro del Complejo Centenario. Esto se debe a la ventilación natural con a que se cuenta por lo que se dispone de varias ventanas grandes y para garantizar una ventilación continua y que el aire circule estas se mantienen abiertas.

Con respecto a la última pregunta que trata de su opinión acerca de la sensación sobre el confort térmico se obtuvo que estos opinan que el Complejo Centenario brinda un confort bastante cómodo, agradable y adecuado para la realización de las actividades. Para algunos de los alumnos encuestados la sensación térmica es buena puesto que se mantiene una temperatura adecuada además de que mencionan que no se siente calor debido a su buena ventilación.

Para estos alumnos el lugar es un ambiente ideal para la realización de las actividades porque es cómodo y sus espacios permiten que puedan rendir de manera óptima por lo que su desempeño académico es bueno. Esto se debe a que la Guía LEED dentro de sus alcances contempla la calidad de aire interior, en el cual se preocupa de asegurar un confort térmico

además de aprovechar la luz natural, así como asegurarse de prevenir el ruido dentro de la edificación.

Como se mencionó, la mayoría de los estudiantes pasan una gran cantidad de tiempo en las edificaciones o ambientes de la PUCP por lo que estos deben contar y brindar una calidad de aire adecuada para que dichos ocupantes puedan realizar sus actividades sin ningún problema respiratorio y por ello se debe seguir ciertos lineamientos que se estipulan en la Guía LEED para poder lograr ello y que el desempeño de las personas no se vea afectado, así como su salud.

Con la respuesta mencionada por parte de los alumnos se observa que sí se cuenta con una buena calidad de aire dentro del Complejo Centenario por lo que los alumnos pueden realizar sus actividades de manera adecuada y sin afectar su desempeño con problemas a futuro que están ligados a las enfermedades respiratorias si no se cuenta con un ambiente adecuado. Además, la Guía LEED pide seguir y cumplir con los parámetros ASHRAE que se enfocan en garantizar una calidad del aire óptima.

Con respecto a la otra cantidad de alumnos que opinaron sobre la última pregunta del cuestionario estos mencionaron que si bien la calidad de aire es adecuada se cuenta con algunas áreas o espacios dentro del Complejo en el que el aire es demasiado. Algunos dan de ejemplo que en el sótano 1 se presenta una corriente de aire que genera que estos sientan frío y no puedan concentrarse de manera adecuada en realizar sus actividades, pero mencionan que esto ocurre en ciertas ocasiones como en las noches o en las mañanas en el cual el clima es frío.

En general la sensación termina es la adecuada además que la calidad de aire que se proporciona es la óptima, solo se deberían evaluar los periodos en el que la temperatura baja para tener un adecuado control y brindar una sensación térmica óptima para que los ocupantes realicen sus actividades sin inconvenientes.

- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

Todas las formas de la generación de energía representan un impacto ambiental en el aire, agua y tierra; asimismo, el total del consumo energético de los Estados Unidos cerca del 40% se emplea en la generación de esta por lo que el uso de la electricidad es un punto importante en la huella ambiental de cada persona (EPA, 2017). Como se sabe el consumo energético y del agua representan un gran impacto en el ambiente por lo que, para poder mitigar estos impactos, las certificaciones ambientales como en este caso la LEED emplean las metodologías necesarias para poder reducirlos.

En este inciso se detalla los beneficios ambientales generados por medio de la utilización de la Certificación LEED en el Complejo Centenario. Es importante recalcar que estos beneficios para la presente tesis se determinan de manera cualitativa y en base a datos obtenidos por medio de la investigación.

Como se ha mencionado y apreciado, la reducción del consumo energético y del agua logra mitigar los impactos negativos la ambiente con lo que se reduce la contribución de los gases de efecto invernadero. Es importante mencionar que al generar impactos ambientales se impacta también a la sociedad y a todos los seres vivos que habitan en ella.

La eficiencia energética desempeña un rol principal en la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero debido a que las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron en un 1.4% a más de 3.5 giga toneladas (Gt) de CO₂ en 2017 (IEA, 2019). El Complejo Centenario como se ha mencionado previamente se basa principalmente en ser un edificio que cuenta con la eficiencia energética debido a la gran importancia que este tiene sobre la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI).

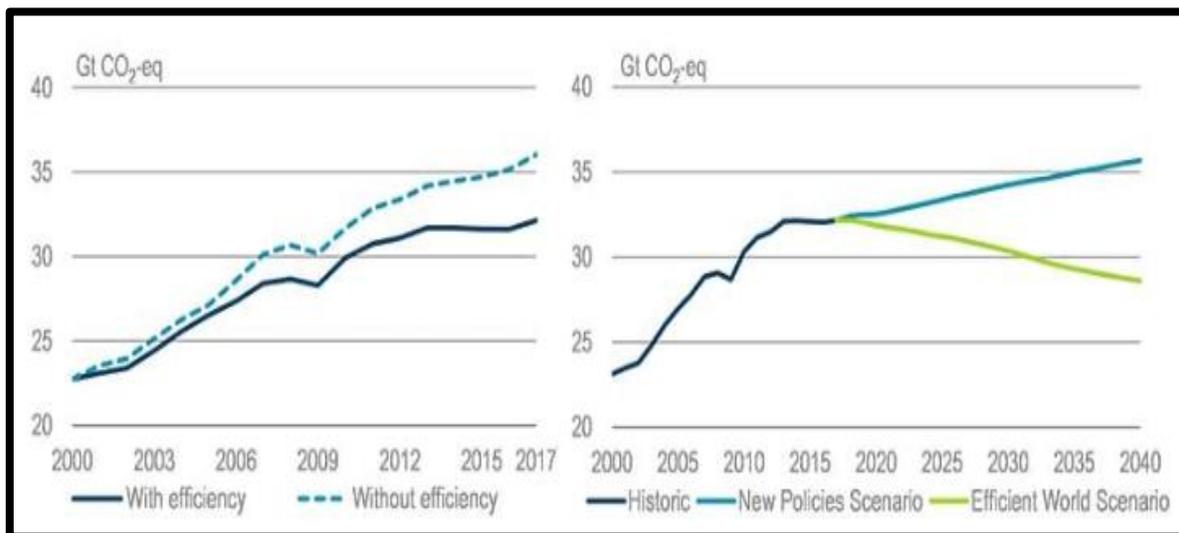
La Agencia Internacional de Energía (IEA) en su informe sobre la eficiencia energética muestra en la Figura II.4. la proyección que realizaron en caso se implementaran todas las medidas rentables para generar la eficiencia energética. Es importante recalcar que dicha proyección es del año 2000 al 2017 (IEA, 2019).

En esta Figura II.4 se observa que la eficiencia energética podría lograr reducciones en las emisiones anuales de 3.5 Gt de CO₂ equivalentes (12%) en comparación con los niveles

obtenido en 2017 y se tendría más del 40% de la reducción requerida a lo planteado en el Acuerdo de París.

FIGURA II. 4

Proyección de las emisiones de GEI relacionada con la energía (2000-2017)



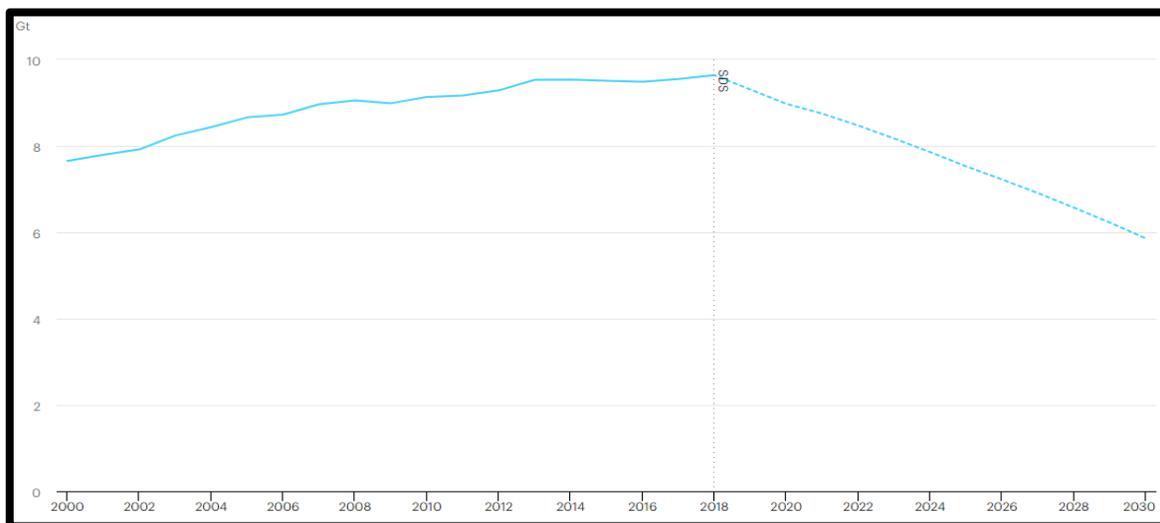
Nota. Adaptado de Multiple Benefits of Energy Efficiency – IEA ([MULTIPLE BENEFITS OF ENERGY EFFICIENCY – ANALYSIS - IEA](#))

Asimismo, en la Figura II.5. se observa las emisiones de CO₂ del sector de edificios en el escenario de desarrollo sostenible planteado por la IEA desde el año 2000 – 2030. Como se observa en dicha figura se espera que empleando las medidas necesarias en los edificios para mejorarlos las emisiones para el año 2030 sean de 5.9 Gt de CO₂. Además, para el año 2020 se espera emisiones 9 Gt de CO₂ (IEA, 2019).

La Guía LEED en el alcance de Energía y Atmósfera brinda ciertos parámetros a realizar para obtener una reducción del consumo energético con lo que se disminuye los impactos negativos al ambiente. El Complejo Centenario para lograr dicho alcance como se mencionó previamente utiliza un sistema HVAC para reducir el consumo energético; debido a que, en las edificaciones, la refrigeración es uno de los principales contribuyentes de este consumo.

FIGURA II. 5

Emisiones de CO₂ del sector de edificios en el escenario de desarrollo sostenible (2000-2030)



Nota. Adaptado de Tracking Buildings – IEA ([HTTPS://WWW.IEA.ORG/DATA-AND-STATISTICS/CHARTS/BUILDINGS-SECTOR-CO₂-EMISSIONS-IN-THE-SUSTAINABLE-DEVELOPMENT-SCENARIO-2000-2030](https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/buildings-sector-co2-emissions-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030))

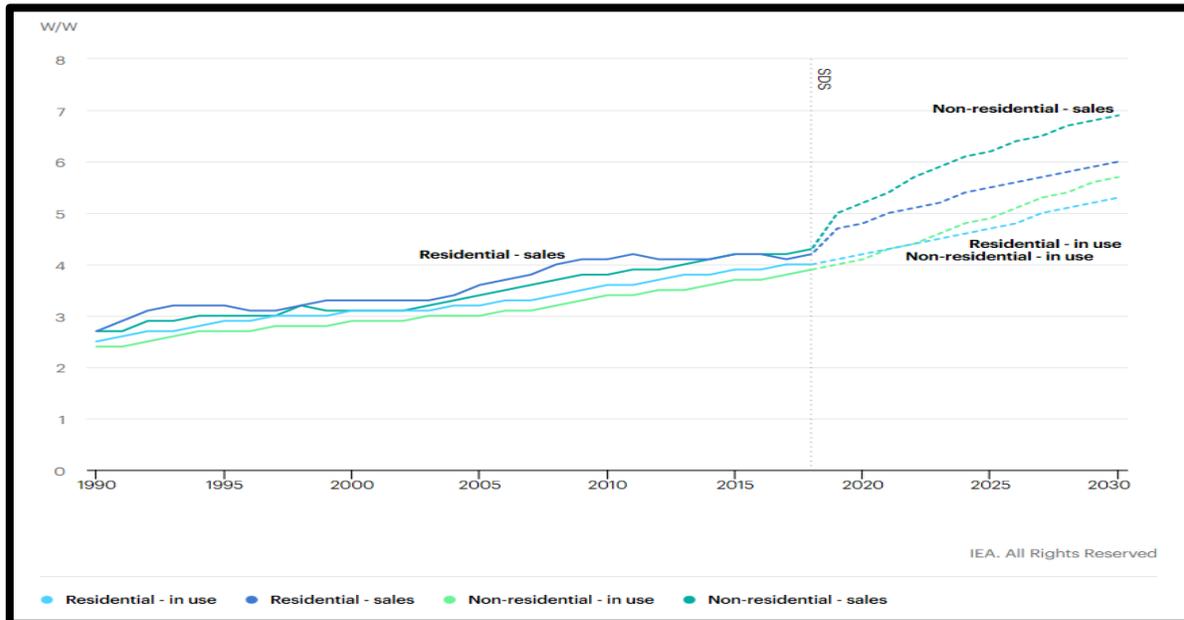
La demanda del uso de sistemas de refrigeración se triplicó entre 1990 y 2018 a alrededor de 2000 teravatios por hora (TWh) de electricidad; asimismo, la mayoría de las personas compran aire acondicionado nuevo que es 2 o 3 veces menos eficientes debido al precio de dicho producto (Dulac, Albergel, & Delmastro, 2019). Este crecimiento mostrado en la Figura II.6 parte debido al calentamiento global ocasionado por el cambio climático con lo que las personas buscan adquirir estos productos sin embargo no se usan los más eficientes debido al precio que puedan tener por lo que a mayor consumo de los mencionados productos de baja eficiencia significa mayores contaminantes al ambiente.

El impacto del crecimiento de la demanda de los refrigerantes se ve reflejado en las emisiones de dióxido de carbono puesto que estas se están expandiendo de manera rápida triplicándose entre 1990 y el 2018 a 1130 millones de toneladas (Dulac, Albergel, & Delmastro, 2019). Como se conoce el dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales responsables del efecto invernadero; por lo que a mayor cantidad de CO₂ se contribuye al cambio climático lo

que origina que la temperatura del medio ambiente aumente también conocido como el calentamiento global.

FIGURA II. 6

Escenario del desarrollo de la energía por parte del aire acondicionado (1999-2030)



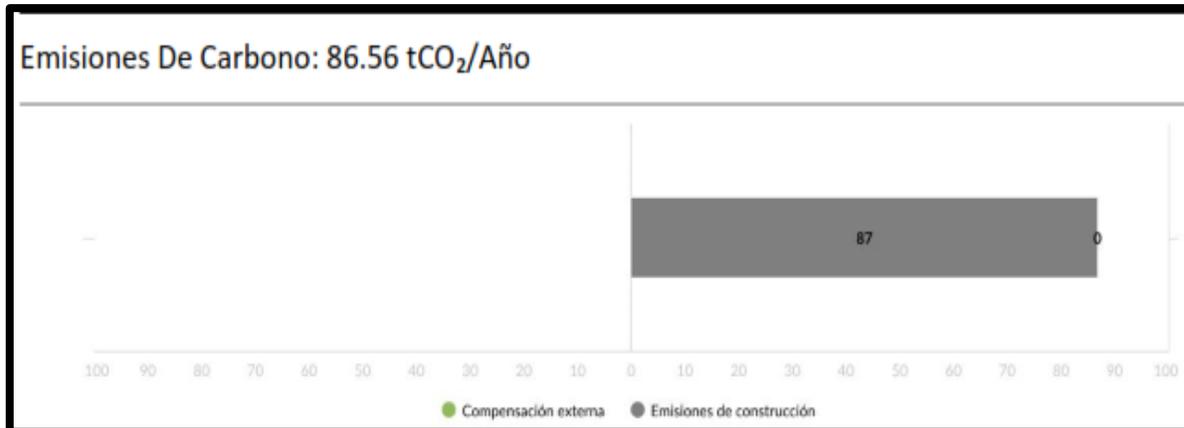
Nota. Adaptado de Tracking Buildings – IEA (<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/air-conditioner-seasonal-energy-performance-in-the-sustainable-development-scenario-1990-2030>)

El calentamiento global impacta de manera negativa al medio ambiente debido a que causa el deshielo de los glaciares entre otros efectos que son perjudiciales para el planeta. Es por ello que al utilizar la Certificación LEED en el Complejo Centenario se busca mitigar los impactos negativos y es que al reducir el consumo energético se reduce las emisiones de los gases contaminantes como el CO₂, y como se menciona al inicio del Capítulo 4 el Complejo Centenario principalmente fue diseñado para ser un edificio energético.

Para determinar los beneficios ambientales obtenidos por parte de la Certificación LEED se emplea el Software EDGE tomando en cuenta las medidas empleadas en el Complejo Centenario para cumplir con el alcance de Energía y Atmósfera. De este modelamiento se obtuvo como se muestra en la Figura II.7. las emisiones de CO₂ por año.

FIGURA II. 7

Emisiones de dióxido de carbono por año con certificación LEED



Nota. Fuente propia – software EDGE

Como se observa al emplear las medidas necesarias se genera una reducción en el uso energético del 30.81% como detalla en el inciso Análisis de la Energía Ahorrada. Al generar esta disminución del consumo energético se observa mediante EDGE que el proyecto genera 86.56 toneladas de dióxido de carbono por año. Por lo tanto, se puede deducir de la Figura II.7 que las emisiones generadas por parte del Complejo Centenario contribuirán a una reducción de las emisiones de CO₂ generadas por las edificaciones por año con lo que se contribuye con mejorar la calidad de aire del ambiente.

Asimismo, con ello se aseguran en lograr la mitigación de los efectos negativos al ambiente y se contribuye a hacerle frente al cambio climático debido a todas las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la Figura II.8. se puede observar las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el caso de que el edificio no cuente con las mejoras efectuadas por medio de la Certificación LEED para generar la eficiencia energética.

FIGURA II. 8

Emisiones de dióxido de carbono por año sin considerar mejoras



Nota. Fuente propia – software EDGE

Como se observa en la Figura II.8. se obtiene un número mayor de las emisiones de CO₂ obtenidas a comparación del valor obtenido en la Figura II.7, lo cual representa una reducción de 21.62 % de las emisiones de CO₂ para el caso en el que el proyecto cuente con certificación.

Al reducir las emisiones de CO₂ se contribuye además a la reducción de la huella de carbono con lo que se contribuye a mitigar el cambio climático que está relacionado con el incremento de la temperatura en el planeta, etc. Asimismo, la huella de carbono está relacionada con la provisión de agua según el MINEM, el impacto de la huella de carbono con respecto a la provisión del agua genera la evaporación de esta por lo que existe menor suministro de agua potable.

- ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS

Con respecto a los beneficios económicos originados en el Complejo Centenario debido a la utilización de la Certificación LEED se evalúa en este inciso los gastos de electricidad generados, así como los gastos por los servicios de agua.

De los resultados de la modelación del Complejo Centenario mostrados en el Tabla II.1 por medio del Software se obtuvo el consumo final de energía por mes, así como el consumo

final de agua por lo que empleando dichos resultados se puede calcular cual sería el precio a pagar por los servicios mencionados.

TABLA II. 1

Consumo por mes de los servicios de agua y electricidad

Consumo final energético (KWh/mes)	Consumo final consumo de agua (m ³)
93,454.62	2,800

Nota. Resultados obtenidos mediante el software EDGE

Con respecto al precio a pagar por el servicio de electricidad se identificó que ENEL es la empresa que brinda dichos servicios, puesto que dentro de la lista de los proveedores brindados por la empresa se encuentra la Pontificia Universidad Católica del Perú con el siguiente número de usuario 20155945860. Asimismo, para determinar el precio a pagar por parte de la institución por mes se empleó la siguiente Figura II.9. brindada por ENEL en el que se presenta el monto a pagar por un rango de Kilowatts consumidos.

Con respecto al consumo final por mes se puede determinar que la PUCP por el servicio de electricidad utilizado por el Complejo Centenario debe pagar alrededor 1,062.00 soles por mes, ya que el consumo por mes esperado es de 93,45462 kWh y está dentro del rango de 75,000 a 100,000 kWh, por lo que suponiendo que el consumo mensual estará dentro del rango del precio mostrado, el cual es un aproximado en base a lo obtenido por el modelado, se obtiene que al año se gasta aproximadamente 12,744.00 soles por el servicio.

Para obtener el consumo de electricidad por mes esperado sin considerar las mejoras que se realizaron para la obtención de la Certificación LEED se obtuvo en el Software EDGE que el consumo final de energía esperado es de 33,211.76 kWh por mes más los valores de las categorías sobre consumo energético que se consideran en la simulación real realizada por Red Regenerativa en base al Reporte del Análisis Energético brindado se obtiene un total del consumo final igual a 104,177.76 kWh por mes, por lo que se espera un gasto de 1,593.00 soles aproximadamente por mes como se observa en la Figura II.9. Lo cual da un gasto anual de 19,116.00 soles.

FIGURA II. 9

Tarifario por KWh consumido por mes

ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ S.A.A.		
Alicuota Alumbrado Público - Vigencia 01 de junio del 2020.		
Rango (kWh)	LIMA	NORTE CHICO
	(1), (2)	(1), (2), (3)
	S/.	S/.
de 0 a 30 kW.h	0.53	0.41
superior a 30 hasta 100 kWh	3.72	2.89
superior a 100 hasta 150 kWh	6.37	4.96
superior a 150 hasta 300 kWh	13.28	10.33
superior a 300 hasta 500 kWh	18.59	14.46
superior a 500 hasta 750 kWh	37.17	28.91
superior a 750 hasta 1000 kWh	42.48	33.04
superior a 1000 hasta 1500 kWh	63.72	49.56
superior a 1500 hasta 3000 kWh	74.34	57.82
superior a 3000 hasta 5000 kWh	79.65	61.95
superior a 5000 hasta 7500 kWh	132.75	103.25
superior a 7500 hasta 10000 kWh	159.30	123.90
superior a 10000 hasta 12500 kWh	212.40	165.20
superior a 12500 hasta 15000 kWh	265.50	206.50
superior a 15000 hasta 17500 kWh	371.70	289.10
superior a 17500 hasta 20000 kWh	477.90	371.70
superior a 20000 hasta 25000 kWh	584.10	454.30
superior a 25000 hasta 30000 kWh	663.75	516.25
superior a 30000 hasta 50000 kWh	796.50	619.50
superior a 50000 hasta 75000 kWh	929.25	722.75
superior a 75000 hasta 100000 kWh	1062.00	826.00
superior a 100000 hasta 200000 kWh	1593.00	1239.00
superior a 200000 hasta 400000 kWh	2124.00	1652.00
superior a 400000	2655.00	2065.00

(1) A partir del 1 de noviembre de 2009 no se aplica recargo FOSE a la alícuota AP.
 (2) Incluye clientes libres y regulados
 (3) Huacho, Supe, Barranca, Huaral-Chancay y Sayán-Humaya, Churín, Canta-Huaros, Hoyos-Acos, Ravira-Pacaraos y Yaso. SER Chillón

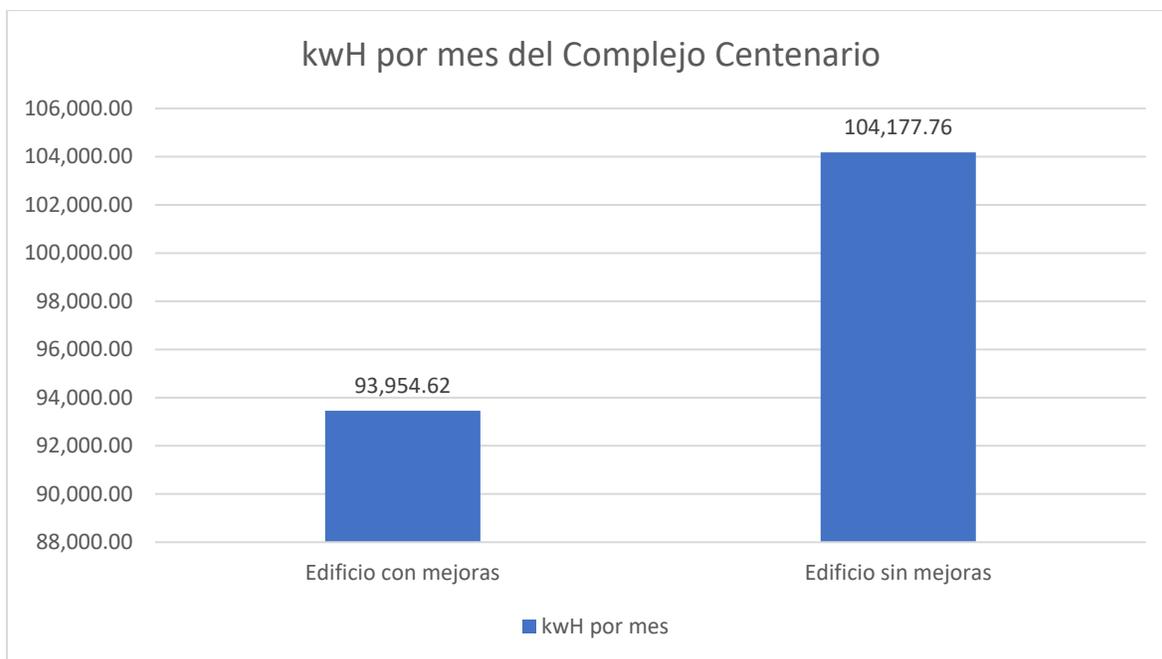
Nota: Las tarifas incluyen IGV

Nota. Recuperado del tarifario de ENEL (<https://www.enel.pe/content/dam/enel-pe/empresas/archivos/pliego-tarifario---distribucion/Alicuota%20junio2020%20web.pdf>)

En la Figura II.10. se puede observar con mayor detenimiento que se obtiene un ahorro por mes equivalente a 10,223.14 kWh por mes mediante las mejoras a considerar para la Certificación LEED.

FIGURA II. 10

KWh por mes del Complejo Centenario



Nota. Datos obtenidos del modelamiento del software EDGE

Asimismo, se obtiene una reducción de 6,372.00 soles al año por parte del Complejo Centenario lo cual es un monto considerable. En 10 años de funcionamiento se tendrá un ahorro de 63,720.00 soles, por lo que se observa que los beneficios económicos son considerables y esto solo es por parte de dicho servicio eléctrico.

Con respecto a los gastos por parte del consumo de agua se obtuvo en el Software EDGE que se espera un consumo por mes de 2,800 m³, dicho valor se muestra en el Tabla II.1. Asimismo, como se observa en la Figura II.11. se muestran los precios por m³ de agua consumida, la cual se obtiene de la página web de Sedapal, y para el caso del Complejo Centenario y el rango en donde se ubica el consumo se observa un precio de 5.834 soles por m³. Con lo mencionado se obtiene que por mes se espera gastar 13,650 soles. El precio elevado por m³ de consumo se puede deber a que el agua es un recurso natural y debido al cambio climático por el que se atraviesa se debe tener un mayor control por lo que las personas no deben desperdiciar dicho recurso.

FIGURA II. 11

Precio por m³ consumido por mes

CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS	Tarifa (S/ / m ³)	
	m ³ /mes	Agua Potable	Alcantarillado ⁽¹⁾
RESIDENCIAL			
Social	0 a más	1.273	0.597
Doméstico Subsidiado	0 - 10	1.273	0.597
	10 - 20	1.421	0.693
	20 - 50	1.499	0.935
	50 a más	5.438	2.592
Doméstico No Subsidiado	0 - 20	1.499	0.935
	20 - 50	2.128	1.309
	50 a más	5.438	2.592
NO RESIDENCIAL			
Comercial	0 a 1000	5.438	2.592
	1000 a más	5.834	2.780
Industrial	0 a más	5.834	2.780
Estatál	0 a más	3.576	1.651

⁽¹⁾ Incluye los servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Nota. Recuperado del tarifario de SEDAPAL

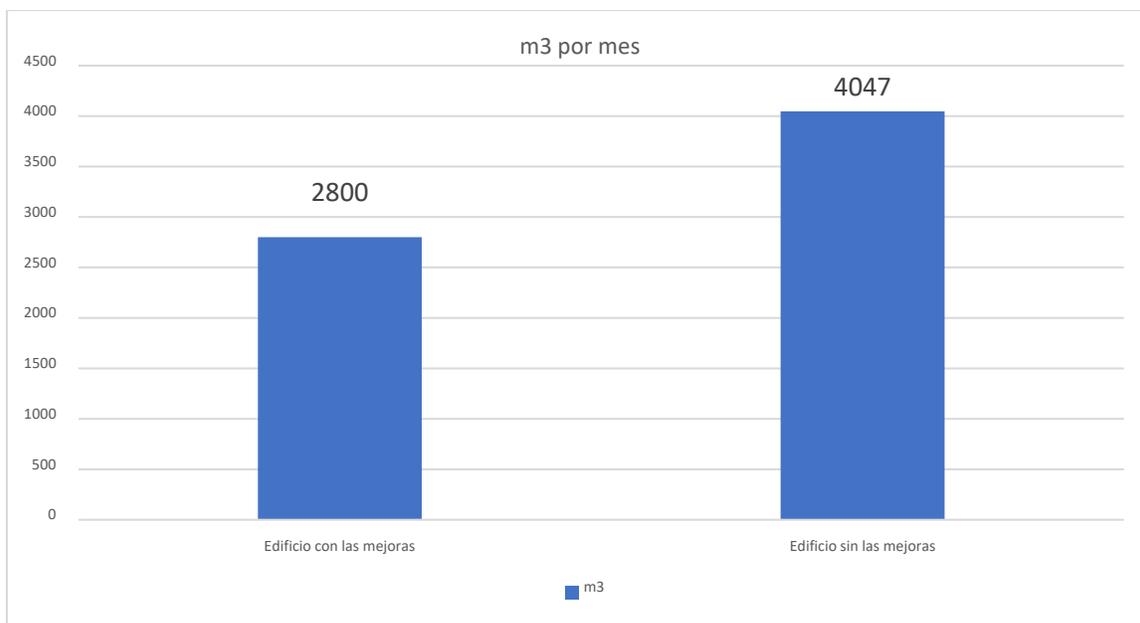
(http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=1c10a047-1f6c-4f08-bcc4-91cf253f02e5&groupId=123506550)

De la misma manera que para el consumo energético se modela un caso en el que no se considere las mejoras para la Certificación LEED con lo que se obtiene un consumo esperado de m³ por mes de 4047, lo que da un valor equitativo a 23,610.20 soles.

En la Figura II.12. se observa la comparación entre el consumo esperado de m³ por mes de lo que se observa un ahorro de 1,247 m³ lo que es equivalente a un ahorro de 7,275 soles al mes y al año se obtiene que el Complejo Centenario ahorra 87,300 soles solo por la reducción del consumo de agua. Además, el porcentaje de la reducción en el consumo de agua es de 44.54%.

FIGURA II. 12

Consumo de m³ por mes del Complejo Centenario



Nota. Datos obtenidos del modelamiento del software EDGE

Con los gastos de los servicios públicos esperados por mes del agua y de la electricidad se tiene un valor de 14,712 soles al mes. Asimismo, el Software EDGE brinda los costos de servicios públicos con respecto a la línea base que este presenta, lo que da un valor de 43,180.03 soles al mes y la reducción en el costo de los servicios públicos con respecto a las mejoras empleadas es de 3.534.26 soles por mes.

Sin embargo, no se conoce con seguridad el detalle de los valores que se consideran dentro de los costos de servicios públicos para la línea base que toma en cuenta el software ni el valor que se espera de los costos de servicios públicos con las mejoras, por lo que no se conoce con mayor detalle como determina el software el valor de la reducción por mes. Asimismo, el Software evalúa la electricidad, agua y materiales, pero para el modelamiento se considera solo electricidad y agua, además, en el modelamiento se considera los datos con los que se cuenta, los cuales no son exactos por lo que los valores entregados son un aproximado.

Del total que se espera gastar por mes del edificio con las mejoras obtenido mediante los precios fijados por las entidades encargadas de brindar dichos recursos con respecto a la línea base de los servicios públicos por mes entregados por el Software EDGE se puede observar que la reducción del gasto es bastante importante ya que se espera un ahorro por mes de 22,520.83.

En cambio, la reducción del gasto por los servicios que se espera tener por medio de la línea base explicada previamente con respecto a los precios fijados por las entidades encargadas es igual a 25,203.20 soles por mes. Como se observa con respecto a lo obtenido por medio el software dichos valores son diferentes y esto se puede deber a que para la línea base que se toma en cuenta se considera los valores de las categorías sobre el consumo energético del análisis real que no se consideran en el software.

De ello se observa que teniendo el ahorro esperado teniendo en cuenta el valor del gasto mensual por medio de los servicios de la línea base con respecto a valor del gasto mensual del Complejo Centenario con las mejoras es equivalente a 10,491.2 soles por mes.

A pesar de que no se cuenta con los datos precisos, los resultados aproximados son muy favorables por lo que se puede concluir que la Certificación LEED genera beneficios económicos a largo plazo debido a que un edificio tiene un tiempo de vida útil de aproximadamente 50 años por lo que los ahorros generados por el Complejo se pueden emplear en la mejora de este, además, la PUCP puede utilizar ello para mejorar las edificaciones existentes dentro del campus.

Asimismo, en caso que las mejoras impliquen una mayor inversión este se recupera a través del tiempo de vida de la edificación y de los ahorros que se generan por lo que es rentable esta certificación y es por ello que cada vez es más empleado por la PUCP.

REFERENCIAS

- Airzone. (09 de Noviembre de 2016). *Airzone*. Obtenido de ¿QUÉ SON LOS SISTEMAS VRV (O VRF) DE CLIMATIZACIÓN?: <http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-son-los-sistemas-vrv-de-climatizacion/>
- A O Oluwunmi, O P Oladayo, B A Role y T O Afolabi (2019) Benefits and Barriers to the Implementation of Green Building Standards in Universities: What are Students' Views? IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- Barth, B. (5 de Junio de 2018). *Is LEED tough for the Climate-Change Era?* Obtenido de CITYLAB: <https://www.citylab.com/environment/2018/06/is-leed-tough-enough-for-the-climate-change-era/559478/>
- BREEAM. (2019). *How BREEAM certification works*. Obtenido de BREEAM: <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>
- BREEAM. (2019). *Scoring and Rating*. Obtenido de BREEAM: https://www.breeam.com/domrefurbmanual/content/03scoring/01scoring_and_rating.htm
- BREEAM. (2019). *Why choose BREEAM?* Obtenido de BREEAM: <https://www.breeam.com/discover/why-choose-breeam/>
- Brett, C., Kim, H., Kim, D., Ko, Y., & Cappel, C. (2019). Barriers and incentives for sustainable urban development: An analysis of the adoption of LEED-ND projects. *ELSEVIER*, 9.
- Chi, B., Lu, W., Ye, M., Bao, Z., & Zhang, X. (2020). Construction waste minimization in green building: A comparative analysis of LEED-NC 2009 certified projects in US and China. *ELSEVIER*, 1-10.
- Clima de Cambios PUCP. (30 de septiembre de 2010). Obtenido de <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/que-es-la-construccion-sostenible/>

- CLIMART. (s.f.). *Sistemas de expansion directa*. Obtenido de CLIMART: <https://climartvalencia.es/expansion-directa>
- Currie, J. (Octubre de 2019). *To LEED or Just Go Green: That is the Construction Question*. Obtenido de Business NH Magazines.
- Daniel, H. (6 de marzo de 2011). *Benefits of LEED*. Obtenido de Benefits Of: Benefits of everything that matters: <http://benefitof.net/benefits-of-leed/#:~:text=Enhances%20employee%20health%20Since%20implementing%20LEED%20strategies%20entail,includin%20designers%2C%20occupants%20and%20the%20society%20in%20general.>
- Diaz, F. (20 de diciembre de 2017). *Huella ecológica y su importancia*. Obtenido de ABC Web Site: <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/huella-ecologica-y-su-importancia---ing-agr-fernando-diaz-shenker--1660127.html>
- Dulac, J., Albergel, T., & Delmastro, C. (Mayo de 2019). *Tracking Buildings*. Obtenido de IEA: <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/cooling#abstract>
- EDGE. (3 de Diciembre de 2018). *EDGE Materials Reference Guide*. Obtenido de EDGE Buildings: <https://www.edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/07/181203-EDGE-Materials-Reference-Guide-1.pdf>
- EDGE. (2019). *Certify with EDGE to quickly increase the marketability of your green building*. Obtenido de EDGE BUILDINGS: <https://www.edgebuildings.com/certify/>
- EDGE. (2019). *EDGE User Guide*. Obtenido de https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/07/EDGE-User-Guide-for-All-Building-Types-Version-2.1_d-1.pdf
- EDGE. (2019). *EDGE User Guide for All Building Types Version 2.1*. Obtenido de <https://edgebuildings.com/edge-user-guide-for-all-building-types-version-2-1/>
- EDGE. (2019). *El software EDGEgratuito ofrece una manera cuantificable de reducir el empleo de recursos en el diseño de su edificio*. Obtenido de EDGE Building: <https://www.edgebuildings.com/software/?lang=es>

- EDGE BUILDINGS. (2019). *EDGE*. Obtenido de EDGE BUILDINGS:
<https://www.edgebuildings.com/marketing/edge/>
- EDGE. (s.f.). *EDGE APP*. Obtenido de <https://app.edgebuildings.com/project/allBuildings>
- EDGE. (s.f.). *Informe Sobre la Metodología EDGE*. Obtenido de
<https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/07/180709-EDGE-Methodology-Version-2.pdf>
- EPA. (2017). *Sources of Greenhouse Gas Emissions*. Obtenido de EPA:
<https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
- EPA. (s.f.). *Calculadora WaterSense*. Obtenido de EPA:
<https://www.epa.gov/watersense/watersense-calculator>
- EPA. (s.f.). *Sobre WaterSense*. Obtenido de EPA: <https://www.epa.gov/watersense/about-watersense>
- Fondo Mivivienda. (2019). *Mivivienda Verde*. Obtenido de Fondo Mivivienda:
<https://www.mivivienda.com.pe/PORTALWEB/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=450>
- Golbazi, M., & B. Aktas, C. (2016). Analysis of Credits Earned by LEED Healthcare Certified Facilities. *Elsevier*, 8.
- Greer, F., Jackson, E., Chittick, J., Mack, J., & Shortlidge, M. (2019). Energy and water efficiency in LEED: How well are LEED points linked to climate outcomes? *Elsevier*, 7.
- Günkaya, Z., Öskan, A., & Müfide , B. (2020). The effect of energy-saving option on environmental performance of a building: a combination of energy audit - life cycle assessment for a university building. *Springer*, 28:8822 - 8832.
- Hardik, M. (diciembre de 2015). Customer's perceived benefits of LEED certified sustainable residential buildings. *International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 12*, págs. 206-211. Recuperado el 3 de noviembre de 2021, de <http://www.ijsrp.org/research-paper-1215/ijsrp-p4831.pdf>

- HELVEX. (s.f.). *TV-121. Llave Economizadora de Cierre Automatico a Pared*. Obtenido de HELVEX: <https://helvex.la/data/data/IT/HE/TV-121.pdf>
- Hughes, E. (18 de septiembre de 2019). *How LEED adresses the circular economy*. Obtenido de USGBC: <https://www.usgbc.org/articles/how-leed-v41-addresses-circular-economy>
- IEA. (Marzo de 2019). *Multiple Benefits of Energy Efficiency*. Obtenido de IEA: <https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency/emissions-savings#abstract>
- INEI. (2019). *Produccion Nacional*. Informe Tecnico, Lima. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe_tecnico_produccion_nacional.pdf
- Ins Tools. (s.f.). *What is HVAC System?* Obtenido de Ins Tools: <https://instrumentationtools.com/what-is-hvac-system/>
- Jimenez, J. (20 de Febrero de 2013). *The EPA Blog*. Obtenido de EPA: <https://blog.epa.gov/2013/02/20/cual-es-la-mision-de-la-epa/>
- Karakhan, A. (2016). *LEED-Certified Projects: Green or Sustainable?* Oregon State. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000451>
- Karni, D. (s.f.). *EDGE and LEED Synergies Summary*. Recuperado el 3 de noviembre de 2021, de EDGE Website: <https://edge.gbci.org/edge-and-leed-synergies-summary>
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery* (Cuarta ed.). Wiley.
- Kim, J.-M., Son, K., & Son, S. (06 de Agosto de 2019). Green benefits on educational buildings according to the LEED certification. *International Journal of Strategic Property Management*, pág. 8.
- Koru Architects. (s.f.). *Benefits of Green Buildings*. Obtenido de Koru Architects: <http://www.koruarchitects.co.uk/economic-benefits-of-green-buildings/>

- LEED. (2009). *Red Tecnológica MID*. Obtenido de <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca//6958/6959/81537.pdf>
- LEED. (2020). *Reference Guide for Building Design and Construction*. Obtenido de USGBC: <https://www.usgbc.org/guide/bdc#credit>
- LEED. (s.f.). *PROYECTOS LEED - COMPLEJO CENTENARIO*. Obtenido de <https://www.usgbc.org/projects/complejo-centenario>
- LEED. (s.f.). *Water Use Reduction*. Obtenido de LEED: <https://www.usgbc.org/credits/core-shell-new-construction-schools/v2009/wec3>
- Macias y Navarro. (2010). *Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios*. Informes de la Construcción.
- Macías, M., & Garcia Navarro, J. (2010). *Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios*. Informes de la Construcción. Obtenido de http://oa.upm.es/8477/1/INVE_MEM_2010_83244.pdf
- MacNeughton, P., Satish, U., Cedeno Laurent, J. G., Flanigan, S., & Vallarino, J. (2016). *The impact of working in a green certified building on cognitive function and health*. Elsevier.
- Menes, R. (7 de Marzo de 2018). *EDGE Experts - The Gurus of Green Building*. Obtenido de EDGE Buildings: <https://www.edgebuildings.com/edge-experts-the-gurus-of-green-building/?lang=es>
- Merino Salazar, A. L. (2018). *La sostenibilidad de un edificio LEED. Estudio de caso del edificio Leuro, Miraflores (Tesis de licenciatura publicada)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12877>
- Miller, K. (8 de diciembre de 2020). *The triple bottom line: What it is and why it is important*. Obtenido de Harvard Business School Online: <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-the-triple-bottom-line>
- MINEM. (s.f.). *La huella de carbono y la eficiencia energética*. Obtenido de MINEM: <http://www.minem.gob.pe/giee/pdf/ficha-informativa-02-secundaria.pdf>

- Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Balance Nacional de Energía*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/BNE_2016.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y. (17 de 07 de 2018). Sector Construcción alcanza crecimiento histórico de 7.2% en los últimos 50 meses. pág. 1. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/16822-sector-construccion-alcanza-crecimiento-historico-de-7-2-en-los-ultimos-50-meses>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (1 de Agosto de 2019). *Ministro Estrada: “Colocaremos más créditos Mivivienda Verde y Techo Propio este año”*. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/49315-ministro-estrada-colocaremos-mas-creditos-mivivienda-verde-y-techo-propio-este-ano>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). Recuperado el 2020, de <https://www.minam.gob.pe/seia/que-es-la-certificacion-ambiental/>
- MOTOREX. (5 de Febrero de 2018). *¿Qué es un sistema de aire HVAC y para qué sirve?* Obtenido de MOTOREX: <http://www.motorex.com.pe/blog/sistema-aire-hvac/>
- Mousa, R. A., & Farag, A. A. (2016). *The Applicability of LEED of New Construction in the Middle East*. ELSERVIER.
- Newsham, G., & Mancini, S. (2009). *Do LEED-certified buildings save energy?* ELSEVIER.
- NIOSH, N. I. (17 de Mayo de 2013). *NIOSH workplace safety and health topics: Indoor environmental quality*. Obtenido de NIOSH: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/>
- PUCP. (s.f.). *Complejo de Ciencias Sociales*. Obtenido de Portal Administrativo: Proyectos Administrativos: <https://administrativo.pucp.edu.pe/proyectos/complejo-de-ciencias-sociales/>
- RED REGENERATIVA. (2016). *Basis of Design*. Lima, Lima. Recuperado el 5 de Mayo de 2020
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española (23ª ed.)*

- Regenerativa. (2019). *Consultoria para la certificación LEED*. Obtenido de Regenerativa: www.red-regenerativa.com/consultoria-para-la-certificacion-leed-9
- Regenerativa. (s.f.). *Complejo Centenario*. Obtenido de <https://www.regenerativat.com/centenario>
- Ribero, Óscar, Garzón, Deisy, Alvarado, Yezid, & Gasch, Isabel. (2016). Economic benefits of LEED certification: a case study of the Centro Ático building. *Revista ingeniería de construcción*, 31(2), 139-146. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000200007>
- Rodrigues-Potes, L., & Meza Estrada, C. (2018). La construcción sostenible frente a la mitigación del cambio climático. *MODULO ARQUITECTURA-CUC*, 21, 9-22.
- RPP. (05 de Octubre de 2018). *¿Qué es la eficiencia energética y por qué es importante para el medio ambiente?* Obtenido de RPP: <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/que-significa-la-eficiencia-energetica-y-por-que-es-importante-para-el-medio-ambiente-noticia-1154539>
- RPP. (18 de Octubre de 2018). *Etiqueta de eficiencia energética: Todo lo que debes saber*. Obtenido de RPP: <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/etiqueta-de-eficiencia-energetica-todo-lo-que-debes-saber-noticia-1157513?ref=rpp>
- SITES. (2019). *SITES rating system*. Obtenido de SITES: <http://www.sustainablesites.org/certification-guide>
- Tan, Z., & Liu, H. (2019). *Influence of Green Ecological Building on Energy Saving and Emission Reduction*. Nanyang: Ekoloji Dergisi.
- Techo Propio Perú. (2019). *Bono Mivivienda Verde*. Obtenido de Techo Propio Peru: <https://techopropiooperu.site/bono-mivivienda-verde/>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (s.f.). *Learn About Sustainability*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency (EPA) Website: <https://www.epa.gov/sustainability/learn-about-sustainability>
- Uroko, C. (27 de Octubre de 2019). *Business Day*. Obtenido de EDGE as green building certification: What buyers should know: <https://businessday.ng/real->

estate/article/edge-as-green-building-certification-what-buyers-should-know/?deliveryName=DM47892&deliveryName=DM47902

USGBC. (2019). *LEED for Building Operations and Maintenance*. Obtenido de USGBC: LEED certification for existing buildings and spaces: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings>

USGBC. (14 de septiembre de 2017). *Green Building 101: What is LEED?* Obtenido de USGBC Website: <https://www.usgbc.org/articles/green-building-101-what-leed>

USGBC. (2019). *A new way forward for resilient, green, inclusive and smart cities*. Obtenido de USGBC: LEED for Cities and Communities: <https://new.usgbc.org/leed-for-cities>

USGBC. (2019). *LEED for Building Design and Construction*. Obtenido de USGBC: LEED certification for new buildings: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings>

USGBC. (2019). *LEED for Interior Design and Construction*. Obtenido de USGBC: LEED certification for new interiors: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/new-interiors>

USGBC. (2019). *LEED for Neighborhood Development*. Obtenido de USGBC: LEED certification for neighborhood development: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/neighborhood-development>

USGBC. (2019). *LEED v4.1*. Obtenido de USGBC: <https://new.usgbc.org/leed-v41>

USGBC. (Julio de 2019). *LEED V4.1 Building Design and Construction*. Obtenido de USGBC: <https://new.usgbc.org/leed/rating-systems/new-buildings>

USGBC. (7 de Noviembre de 2019). *Statement on the Paris Agreement from USGBC's President and Ceo*. Obtenido de USGBC: <https://www.usgbc.org/articles/statement-paris-agreement-usgbc's-president-and-ceo>

USGBC. (s.f.). Recuperado el 2021, de <https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Peru%22%5D>

USGBC. (s.f.). *The impact of buildings*. Obtenido de USGBC: <https://new.usgbc.org/leed>

- Vasquez Espi, M. (2001). *Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales* (Vol. 52). Madrid: Informes de la Construcción.
- Wheeler, S. M. (2013). *Planning for sustainability: creating livable, equitable and ecological communities* (Segunda ed.). Routledge. Recuperado el 23 de 10 de 2019, de <https://www.routledge.com/Planning-for-Sustainability-Creating-Livable-Equitable-and-Ecological/Wheeler/p/book/9780415809894>
- Worden, K., Hazer, M., & Pyke, C. (2019). Using LEED green rating systems to promote population health. *Elsevier*, 8.
- Worden, K., Hazer, M., Pyke, C., & Trowbrige, M. (2019). Using LEED green rating systems to promote population health. *ELSERVIER*.
- World Green Building Council. (s.f.). Obtenido de <https://www.worldgbc.org/benefits-green-buildings>

