



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO
INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN
GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA
CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)**

Javier Andres Barrientos Arriola

Asesorado por el M.A. David Ricardo Rosales López

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO
INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN
GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA
CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAVIER ANDRES BARRIENTOS ARRIOLA
ASESORADO POR EL M.A. DAVID RICARDO ROSALES LÓPEZ

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADORA	Inga. Lesbia Magalí Herrera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 17 de noviembre de 2022.



Javier Andres Barrientos Arriola



EEPFI-PP-2115-2022

Guatemala, 17 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

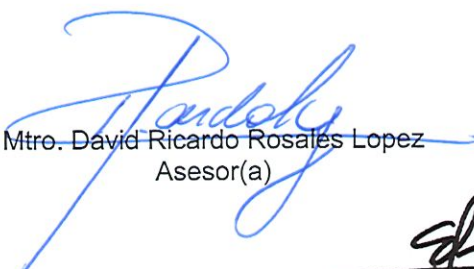
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

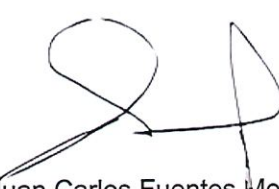
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energía Aplicada - Uso Eficiente de la Energía - Uso eficiente en residencias y edificios**, presentado por el estudiante **Javier Andres Barrientos Arriola** carné número **201314306**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

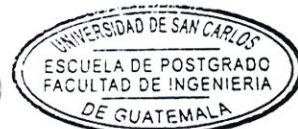
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. David Ricardo Rosales Lopez
Asesor(a)


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría


Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIC.1725.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)**, presentado por el estudiante universitario **Javier Andres Barrientos Arriola**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

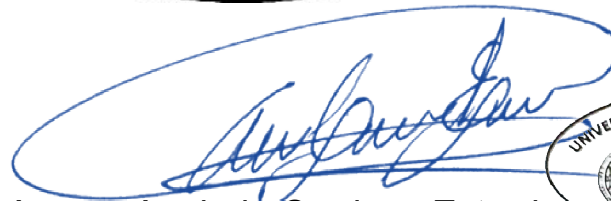
Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.302.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO SOSTENIBLE PARA PROMOVER LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN GUATEMALA, POR MEDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS RECURSOS BAJO LA CERTIFICACIÓN DE EXCELENCIA EN DISEÑO PARA MAYORES EFICIENCIAS (EDGE)**, presentado por: **Javier Andres Barrientos Arriola**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi mayor fuente de sabiduría, por darme vida, salud, paciencia y siempre el ánimo de seguir adelante, cuidarme y guiarme en cada uno de los momentos de mi vida.

Mis padres

Por su amor, esfuerzo y su apoyo incondicional para ayudarme a cumplir este sueño.

Mi tía y mi abuela

María del Carmen Arriola y Evangelina Recinos por todo el cuidado, amor y apoyo que me han dado desde que era niño.

Mis amigos

Por todos los momentos que pasamos juntos y el apoyo que me brindaron en cada momento de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la fuente de conocimiento para mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser una parte fundamental en mi formación brindándome la oportunidad de aprender cosas nuevas y ampliar mis conocimientos.
Soluciones técnicas de ingeniería	Por darme la oportunidad de usar uno de sus proyectos para realizar el trabajo de investigación, además, de brindarme su apoyo y confianza.
Mi asesor	M.A. Ing. Ricardo Rosales por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Formulación del problema	10
3.3. Delimitación del problema	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Construcción sostenible	19
7.1.1. Edificio sostenible	19

	7.1.1.1.	Ventajas	20
	7.1.1.2.	Desventajas.....	21
7.1.2.		Tipos de edificios sostenibles.....	21
	7.1.2.1.	Construcción natural.....	21
	7.1.2.2.	Edificio pasivo.....	22
7.1.3.		Características de un edificio sostenible	22
	7.1.3.1.	Ubicación y transporte.....	22
	7.1.3.2.	Lugares sostenibles.....	23
	7.1.3.3.	Uso eficiente del agua	23
	7.1.3.4.	Uso eficiente de la energía	23
	7.1.3.5.	Uso de materiales.....	23
	7.1.3.6.	Calidad ambiental interior	24
	7.1.3.7.	Innovación en el diseño	24
	7.1.3.8.	Prioridad social	24
7.1.4.		Construcción sostenible en Guatemala.....	24
7.2.		Certificaciones para construcciones sostenibles	25
	7.2.1.	Certificación EDGE	26
	7.2.1.1.	Niveles de certificación EDGE.....	27
		7.2.1.1.1. EDGE <i>certified</i>	27
		7.2.1.1.2. EDGE <i>advanced</i>	27
		7.2.1.1.3. Zero carbon	28
7.2.2.		LEED	28
	7.2.2.1.	Requisitos para la certificación LEED.....	28
7.2.3.		WELL.....	30
	7.2.3.1.	Versiones de la certificación WELL	30
		7.2.3.1.1. WELL v1	30
		7.2.3.1.2. WELL v2.....	30
		7.2.3.1.3. WELL Core.....	30
7.2.4.		BREEAM	32

7.3.	Huella de carbono	32
7.3.1.	Huella de carbono en la construcción.....	33
7.3.2.	Enfoques para calcular la huella de carbono	33
7.3.2.1.	Enfoque corporativo.....	33
7.3.2.2.	Enfoque de ciclo de vida de un producto o un servicio.....	34
7.3.2.3.	Enfoque personal.....	34
7.3.2.4.	Enfoque en eventos.....	34
7.3.2.5.	Enfoque territorial.....	35
7.3.2.6.	Enfoque por industria.....	35
7.3.2.7.	Análisis del ciclo de vida (ACV)	35
7.4.	Eficiencia energética	36
7.4.1.	Eficiencia energética en edificios	37
7.4.1.1.	Ventajas.....	37
7.4.1.2.	Desventaja.....	37
7.4.2.	Clasificación energética de un edificio.....	38
7.4.3.	Estrategias para mejorar la eficiencia energética	39
7.5	Materiales sostenibles	39
7.5.1.	Características de los materiales sostenibles	40
7.5.2.	Tipos de materiales sostenibles	41
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.	METODOLOGÍA	47
9.1.	Tipo de estudio.....	47
9.2.	Unidad de análisis	47
9.3.	Variables	48
9.4.	Fases de estudio	48
9.4.1	Exploración bibliográfica.....	49

9.4.2	Etapa de anteproyecto	49
9.4.3	Etapa de diseño	49
9.4.4	Resultados esperados.....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	51
11.	CRONOGRAMA	55
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	57
13.	REFERENCIAS	59
14.	APÉNDICE.....	67
15.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de problemas	10
2.	Requisitos para obtener una certificación EDGE	26
3.	Niveles de certificación EDGE	27
4.	Niveles de certificación LEED	29
5.	Niveles de certificación WELL v1	31
6.	Niveles de certificación WELL v2	31
7.	Clasificación de la eficiencia energética en los edificios	38
8.	Interfaz de eficiencia de agua en el <i>software</i> EDGE	51
9.	Interfaz de la eficiencia energética del <i>software</i> EDGE.....	52
10.	Interfaz de materiales en el <i>software</i> EDGE	53

TABLAS

I.	Variables de estudio.....	48
II.	Cronograma de actividades	55
III.	Presupuesto	57

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CO₂	Dióxido de carbono
kg	Kilogramo
kWh	Kilovatio hora
m²	Metro cuadrado
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Biodegradable	Se refiere a biodegradable al material que, por la acción de organismos vivos, cambia sus propiedades originales y se convierte en formas más simples y estables, por ejemplo, el carbono o el oxígeno.
BREEAM	Es el método de evaluación medioambiental de edificios líder y de mayor aplicación en todo el mundo. Establece los estándares de las mejores calidades en diseño sostenible y se ha convertido en la medida de referencia usada para el rendimiento medioambiental de un edificio.
Construcción natural	La construcción natural, o bioconstrucción, rescata prácticas ancestrales de utilización de materiales de la naturaleza, para la construcción de viviendas junto a innovaciones técnicas que tienden a mejorar la calidad de vida de las familias que las habitan.
Construcción verde	Es una construcción sostenible que utiliza materiales naturales, rechaza el uso de sustancias tóxicas en la fabricación de los materiales de construcción, limita los impactos negativos del hábitat humano en el medio ambiente y reduce el consumo de energía.

Dióxido de carbono	El dióxido de carbono es un compuesto de carbono y oxígeno que existe como gas incoloro en condiciones de temperatura y presión estándar. Está íntimamente relacionado con el efecto invernadero.
EDGE	Es un sistema de certificación de construcción sostenible que se enfoca en hacer edificios más eficientes. EDGE es una innovación de la Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial.
Edificio pasivo	Un edificio pasivo es un edificio que garantiza un clima interior agradable en verano e invierno sin sistemas de climatización adicionales.
Eficiencia energética	El concepto de eficiencia energética hace referencia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos.
GEI	Los gases de efecto invernadero, conocidos como GEI, son aquellos gases que se acumulan en la atmósfera terrestre y que son capaces de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera.
Huella de carbono	La huella de carbono representa el volumen total de gases de efecto invernadero (GEI) que producen las actividades económicas y cotidianas del ser humano.

Huella ecológica	La huella ecológica, también conocida como huella medioambiental, es una forma de medir el impacto que la humanidad ejerce sobre el planeta.
Huella hídrica	La huella hídrica es un indicador medioambiental que define el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios que habitualmente consumimos .
LEED	LEED es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos.
Material sostenible	Los materiales de construcción sostenibles son reciclados o aquellos que pueden recuperarse o reciclarse y no son nocivos para el medio ambiente.
Medio ambiente	Es el conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos.
WELL	La certificación WELL es un sistema de puntuación dinámico para edificios y comunidades que permite identificar, medir y monitorizar las características de los espacios construidos que impactan en la salud y el bienestar de los ocupantes.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene el propósito de planificar un proyecto inmobiliario sostenible, mediante el análisis de las oportunidades de mejora en los procesos de planificación de los proyectos de construcción de edificaciones en Guatemala para lograr la sostenibilidad en el sector de la construcción, tomando como referencia la sostenibilidad desde la perspectiva de la certificación EDGE.

El proyecto por trabajar será el edificio Meraki Octava ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala, para la obtención de la certificación EDGE Certified se trabajará bajo los criterios de sostenibilidad EDGE, que están enfocados principalmente en el uso eficiente de la energía, agua y materiales sostenibles.

Con esto se espera mostrar los beneficios ambientales y económicos durante la vida útil del proyecto (construcción, operación y mantenimiento), además de promover el desarrollo de más construcciones sostenibles en Guatemala.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción es una de las industrias más importantes en la actualidad para el desarrollo económico del país, sin embargo, este auge que está teniendo la construcción ha aumentado los niveles de contaminación ambiental, por lo tanto, se requieren nuevas formas más amigables de construcción, para mitigar este impacto negativo que se está generando en el medio ambiente. Es por esto que la construcción sostenible, es un pilar fundamental para mantener el auge económico y desarrollo social del país, disminuyendo los efectos negativos en el medio ambiente generados por las actividades de la construcción.

Para poder garantizar que un proyecto es amigable con el medio ambiente, es necesario contar con certificaciones de construcción sostenible, en este caso en particular será la certificación EDGE Certified, esta certificación brinda múltiples beneficios tanto para los desarrolladores inmobiliarios, como para los clientes del proyecto.

EDGE es un sistema de certificación de construcción sostenible que se focaliza en hacer edificios más eficientes. Permite a los constructores y propietarios de proyectos evaluar los costos de incorporar opciones de ahorro en energía y agua en sus edificios (EDGE, 2018).

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo planificar el desarrollo de proyecto Meraki Octava ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala, implementando un diseño sostenible que cumpla con los requisitos para poder obtener la certificación EDGE Certified, de esta manera se

cuantificaran los beneficios económicos y medioambientales que se obtienen de este tipo de proyectos.

2. ANTECEDENTES

Según Acosta (2009) en la revista de DEARQ:

El tema de la sostenibilidad de la construcción está directamente relacionado con el de la sostenibilidad de los asentamientos humanos y del medio ambiente, con el objeto de mejorar las condiciones de vida de la gente. El imperativo ético que debe animarnos es que, en la búsqueda de soluciones a las apremiantes necesidades actuales de nuestras sociedades, no debemos comprometer la posibilidad de solucionar las suyas a las futuras generaciones. Nuestras intervenciones en el ambiente y las tecnologías constructivas no deben considerarse aisladamente de su impacto en el medio ambiente. (p. 18)

Además, Acosta (2009) afirma que:

Los problemas que identificamos aquí como prioritarios responden a planteamientos ampliamente reseñados en la literatura, cursos y foros, tanto académicos como profesionales. Se trata de cuatro temas prioritarios que a nuestra manera de ver conforman un ámbito lo suficientemente amplio y trascendental como para generar propuestas y líneas de trabajo profesional y académico. (pp. 18-19)

Cilento y Acosta (2005) en la revista Tecnología y construcción afirman que:

Un conjunto de políticas de carácter nacional es necesario para crear condiciones que permitan tomar acciones dirigidas a la búsqueda de una

mayor sostenibilidad en los asentamientos humanos y en la construcción de estos, es decir, del hábitat entendido en su concepto más amplio. Algunas de esas políticas se plantean a continuación. (p. 16)

Sobre los impactos ambientales que generan los procesos de desarrollo tecnológico en la construcción, Cilento y Acosta (2005) aseguran que:

En cualquier innovación o proceso de desarrollo tecnológico en la construcción se deben evaluar los posibles impactos ambientales de las distintas actividades envueltas durante todo el ciclo de vida de la edificación u obra construida. Los impactos sobre el medio ambiente consisten, por una parte, en los producidos por la extracción de recursos y, por la otra, aquellos generados por los desechos y el bote o vertido al medio ambiente; es decir, por lo que tomamos del planeta y por lo que arrojamos a él.

En el primer caso el impacto ambiental puede ocurrir por la extracción de recursos naturales y materia prima y por el consumo energético. En el segundo caso, el impacto se debe a la contaminación, toxicidad y generación de residuos. Cada categoría de impacto ambiental tiene efectos variados sobre el medio natural y sobre el medio modificado que, para garantizar asentamientos humanos sostenibles y actividades sostenibles durante su construcción, deben constituir exigencias incluidas en los instrumentos legales, normativos y técnicos, y formar parte de los códigos de práctica y ética profesional. (p. 18)

En cuanto a la manufactura de los materiales de construcción Cilento y Acosta (2005) afirman que:

En la manufactura de materiales y componentes constructivos, las estrategias de ahorro energético deberían incluir acciones relacionadas con los procesos que utilizan hornos con el fin de incrementar la eficiencia energética y reemplazar los procesos ineficientes, evaluando la posibilidad de sustituir por combustibles menos costosos, incluso el uso de residuos y desechos en el quemado de ladrillos, bloques y en la fabricación de cemento; también el reciclaje de chatarra de hierro y acero, y el uso de vidrio reciclado al igual que el uso de aditivos de baja energía como los materiales puzolánicos en la producción de cemento. (p. 21)

En la revista construir Rosero (2020) opina sobre los beneficios de la construcción sostenible y describe que:

El concepto de sostenibilidad y desarrollo sostenible nace de la necesidad y preocupación humana por el futuro del medio ambiente, evidenciando la crisis energética de la época y la degradación medioambiental que se proyectaba desde ese ritmo de consumo (1970) como consecuencia directa de la sociedad industrial (revolución industrial) que en su esencia se caracteriza por el uso cuantioso de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. (p. 13)

En cuanto a la planificación de los proyectos sostenibles Rosero (2020) afirma que:

La construcción sostenible engloba un conjunto de actividades tales como el diseño, la construcción y la operación de edificaciones con el objetivo

actuar de manera responsable con el medio ambiente, que sean factibles económicamente y sobre todo que su habitabilidad de garantías de salud y condiciones dignas de vivienda y uso.

Estos fundamentos se establecen en principio desde el diseño, y se planifica desde el uso de las materias primas aplicando su reutilización, diversificación energética, el uso adecuado de los procesos de construcción hasta la selección correcta de la materialidad del proyecto. Esta actividad no solamente puntualiza en una edificación, sino que también debe hacer integración sostenible con su entorno, y la forma en que estos se integran, y así lograr generar tejido de ciudad. (p. 16)

Además, Rosero (2020) describe que:

El reto cómo sector y también como país es que en todas las obras y proyectos se incorporen en sus diseños, construcción y operación los conceptos ambientales y sociales. Se debe iniciar con el proceso de concientizar, para que se genere un cambio tanto en la sociedad, como en comunidad de la industria de construcción, con la finalidad de que se industrialicen las actividades sostenibles. (p. 21)

Lung y Shaurette (2018) en la revista de Ingeniería de la Construcción definen un edificio verde como:

Actualmente, edificio verde es un término común usado para referirse a una construcción que es amigable con el medio ambiente. El término se ha estado usando desde hace unos 40 años en la industria de la construcción. Existen muchas definiciones que tienen un denominador común, la definen como una filosofía y la asocian a la práctica de la gestión de proyectos y

obras de construcción que busca: minimizar o eliminar los impactos en el medio ambiente, recursos naturales y fuentes de energía no renovables para promover la sostenibilidad del ambiente constructivo; mejorar la salud, el bienestar y la productividad de los ocupantes y de toda la comunidad; cultivar el desarrollo económico y la rentabilidad para los desarrolladores y para toda la comunidad y aplicar la perspectiva del ciclo de vida en la planificación y desarrollo comunitario. (p. 184)

En cuanto al costo de una construcción verde versus una construcción tradicional Lung y Shaurette (2018) aseguran que:

Las construcciones verdes tienen inicialmente mayores costos debido a que su diseño, herramientas y materiales especiales son ambientalmente sanos. Sin embargo, su mayor costo es compensado con un menor costo del ciclo de vida y retorno de la inversión debido al ahorro en el mantenimiento. Por otra parte, los mayores costos pueden contenerse con el trabajo colaborativo entre los diversos expertos que participan en el proyecto. Los profesionales involucrados, como arquitectos, ingenieros y constructores tienden a ser altamente especializados y entregan sus conocimientos de manera aislada, sin embargo, el trabajo colaborativo incluye a las diferentes partes comprometiendo alianzas estratégicas de largo plazo para terminar el proyecto. (p. 184)

Sobre la planificación de una edificación verde, Lung y Shaurette (2018) opinan que “cuando los gerentes de proyectos estudian un proyecto de edificación verde deben considerar diferentes variables al tratar las áreas tradicionales de la gestión de proyectos: integración, envergadura, tiempos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y partes interesadas” (p. 184).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

La construcción es una industria que genera un impacto significativo en el medio ambiente, principalmente por las alteraciones del suelo que se deben realizar, pero además de esto, existen otros factores como: el uso ineficiente de la energía eléctrica, desperdicio del agua potable y los altos consumos de energía incorporada en la fabricación de los materiales necesarios para el desarrollo de los proyectos.

Cuando se está en la etapa de planificación de un nuevo proyecto de construcción “cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida conlleva impactos positivos y negativos. Los proyectos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente” (Kaur y Arora, 2012, p. 236).

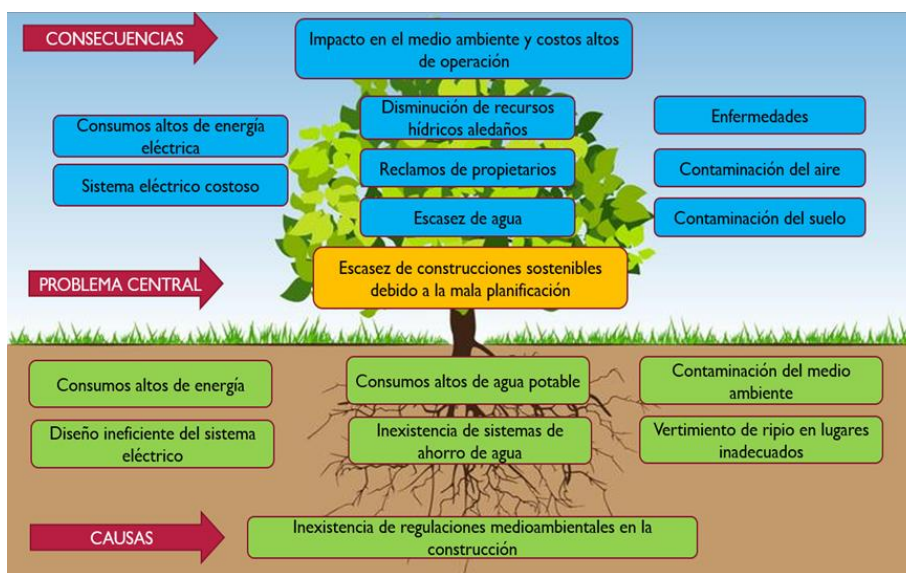
En la prefactibilidad de un proyecto de construcción “la predicción de los impactos medioambientales causados por la construcción en las primeras etapas del proyecto puede conducir al mejoramiento del comportamiento medioambiental de los proyectos y obras de construcción” (Gangoells *et. al.*, 2011, p. 236).

Es por ello que en Guatemala se quiere incentivar el desarrollo de proyectos inmobiliarios, que en su planificación se incluyan todos los requisitos necesarios para ser certificados como sostenibles, esto se logra mediante el ahorro en el

consumo de energía, agua potable y el ahorro en la energía incorporada en la fabricación de los materiales utilizados.

Sin embargo, hoy en día en Guatemala son solo 10 los proyectos que tienen una certificación EDGE. Es por ello que en el presente estudio se planificará el desarrollo de un proyecto inmobiliario cumpliendo los requisitos para obtener una certificación EDGE Certified.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

3.2. Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cómo se debe planificar un proyecto para la obtención de la certificación EDGE Certified?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuáles son los requisitos de la certificación EDGE Certified?
 - ¿Qué acciones se deben tomar para cumplir con los requisitos de la certificación EDGE Certified?
 - ¿Qué beneficios económicos se obtendrán implementando este tipo de proyectos?

3.3. Delimitación del problema

El proyecto por desarrollar para este trabajo de investigación es el edificio de apartamentos Meraki Octava, se encuentra ubicado en la 8 va. avenida zona 10 de la Ciudad de Guatemala. Tomando como base este proyecto se espera que muchos otros proyectos busquen un camino hacia la sostenibilidad en la construcción.

4. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día en Guatemala son pocas las construcciones que tienen un certificado de sostenibilidad, el fin de desarrollar construcciones que sean sostenibles, no es solo contribuir a la reducción de la huella de carbono en el medio ambiente, con las construcciones con certificaciones sostenibles también se busca que las personas obtengan viviendas con mejores estándares de calidad, mayor plusvalía y ahorro significativo en servicios de energía eléctrica y agua potable.

Para los desarrolladores inmobiliarios una construcción sostenible abre las puertas hacia nuevos tipos de mercado. En la actualidad existen diversos tipos de certificaciones sostenibles, una de estas es la certificación EDGE, para obtener una certificación EDGE es necesario contar una reducción mínima de al menos un 20 % en el uso de energía, agua y la energía incorporada en los materiales del edificio, esto aparte de contribuir con el medio ambiente agrega valor a los proyectos mediante el ahorro en costos de servicios públicos, mantenimiento y reparación e incrementa el precio de venta de los inmuebles.

La importancia de esta investigación radica en la planificación de un proyecto inmobiliario sostenible y la influencia que tendrá en los aspectos económicos del proyecto, ya que, con los resultados obtenidos de esta investigación, se obtendrá información útil para la toma de decisiones a la hora de elegir entre un proyecto inmobiliario tradicional y uno sostenible.

Derivado de lo anterior, con esta investigación se busca disminuir la incertidumbre que generan las construcciones verdes, para incentivar al sector

de la construcción guatemalteca a desarrollar proyectos sostenibles, que ofrezcan una mejor relación beneficio-costos y que vayan de la mano con la mitigación de los efectos del cambio climático generados por la construcción tradicional.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Planificar el desarrollo de un proyecto inmobiliario sostenible, para el uso eficiente de los recursos y promover las construcciones verdes en Guatemala mediante la obtención de la certificación EDGE Certified.

5.2. Específicos

- Determinar los requisitos de la certificación EDGE Certified para reducir como mínimo un 20 % el uso de la energía, agua potable y la energía incorporada a los materiales.
- Establecer un plan de acción para cumplir con los requisitos de la certificación EDGE Certified.
- Cuantificar los beneficios económicos de la reducción en consumo de agua, ahorro energético y la utilización de materiales de baja energía empleada en los proyectos de construcción.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En este trabajo se pretende realizar la planificación de proyecto inmobiliario sostenible, para promover este tipo de proyectos en Guatemala, ya que actualmente hay poco interés y desconocimiento de los beneficios que otorgan este tipo de proyectos. Además de la disminución de la huella de carbono, el ahorro en el consumo de energía eléctrica y agua potable de una construcción sostenible permitirá ser la inspiración para planificar proyectos con certificaciones verdes.

La industria de la construcción y la operación de edificios le aportan al ambiente cerca del 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La extracción de materias primas y los procesos industriales para la fabricación de materiales de construcción causan daños a ecosistemas como la deforestación, la contaminación del aire con gases y partículas (polvo y ceniza), y la contaminación de cuerpos de agua (extracción de gravilla de los ríos para el concreto, canteras en cerros con vegetación nativa, contaminación del aire con los gases que emanan de los hornos de producción de coque para el acero, entre otros). La operación de edificios consume cerca del 70% de la energía eléctrica, además de grandes cantidades de agua para la eliminación de desechos, y genera enormes cantidades de basura (Tamayo, 2011).

Derivado de la Maestría de Energía y Ambiente, existe el área ambiental este proyecto de construcción sostenible contribuye específicamente en la reducción de la huella de carbono debido a las construcciones tradicionales, además del uso eficiente de recursos.

Al ser un profesional con conocimientos en la ingeniería civil y también en el área ambiental, este proyecto contempla todos los requisitos para poder certificar a un proyecto de construcción como sostenible.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Construcción sostenible

La construcción sostenible es un método integral de diseño que busca minimizar el impacto de edificios, durante todo su ciclo de vida, sobre el medio ambiente.

Además, Mejía, Meneses y Obando (2018) sobre la construcción sostenible afirma lo siguiente:

La construcción sostenible se define como aquel tipo de construcción que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, se basa en el uso eficiente de agua y energía, de recursos y materiales que no representen un peligro para el medioambiente, y se enfoca en la reducción a gran escala de impactos ambientales. (p. 13)

El principal objetivo de una construcción sostenible es el de lograr infraestructuras con impacto mínimo en el medio ambiente y a su vez asegurar la viabilidad económica en la ubicación en donde estará.

7.1.1. Edificio sostenible

Cuando nos referimos a un edificio sostenible, es aquella edificación que tiende a ser respetuosa con el medio ambiente y es diseñado para el uso eficiente de los recursos.

Según López (2021) el actual concepto de un edificio sostenible o verde conlleva un enfoque sistemático que toma en consideración el clima, la sociedad y las materias primas locales, además de integrar tecnologías que reducen el uso de recursos, la huella ecológica y los costos durante el ciclo de vida.

7.1.1.1. Ventajas

Construir edificios sostenibles tiene muchos beneficios, no solo con el medio ambiente, sino que con las desarrolladoras y las personas que lo habitan. Algunas de las ventajas son las siguientes:

- Menores costos de operación ya que un edificio sostenible consume menos energía y el mantenimiento que se le debe de dar es menor.
- Mayor plusvalía de las propiedades, ya que son construcciones que ofrecen mayor calidad de vida y actualmente son escasas.
- Para las desarrolladoras inmobiliarias representa una fuente de ingresos mayor que los edificios tradicionales, debido a que el precio de venta es mayor.
- Disminuye el impacto de la huella de carbono que genera la construcción
- Los habitantes se benefician al tener costos menores en los servicios de agua y energía eléctrica.

7.1.1.2. Desventajas

Aunque los edificios sostenibles ofrezcan muchos beneficios, también existen algunas desventajas:

- El tiempo de construcción de un edificio sostenible es mayor a un edificio tradicional, en las construcciones sostenibles se requiere del uso de materiales especiales que dependiendo la ubicación pueden ser difíciles de conseguir, además del uso de técnicas de construcción que pueden llevar más tiempo.
- Se requiere de materiales específicos, que sean ecológicos y que en su fabricación el uso de energía incorporada sea bajo, estos materiales pueden ser difíciles de conseguir y el costo puede ser mayor.

7.1.2. Tipos de edificios sostenibles

Existen diversas formas de conceptualizar un edificio sostenible, por lo cual existen diferentes tipos de edificios sostenibles. Los tipos principales son:

7.1.2.1. Construcción natural

Según Roblin (2016) en la construcción natural se deben seguir dos principios: la adaptación del diseño arquitectónico a su entorno y el uso de materiales sostenibles o naturales. Este tipo de construcción a menudo utiliza materiales que provienen directamente de la naturaleza y están disponibles localmente, son reutilizables y renovables. La integración del edificio con el entorno también juega un papel importante, ya que debería “formar parte de él”, lo que significa que el edificio está inspirado en la naturaleza.

7.1.2.2. Edificio pasivo

Según Roblin (2016) un edificio pasivo es un edificio que garantiza un clima interior agradable en verano e invierno sin sistemas de climatización adicionales. Traducido de la palabra alemana *passivhaus*, el término se refiere a un edificio diseñado para reducir el consumo de energía, optimizar el uso de la energía solar y fortalecer el aislamiento mediante el uso de energías renovables y la recuperación de calor.

Además, Ezquerro (2018) menciona que los edificios pasivos, están diseñados y construidos para ser altamente eficientes energéticamente, tienen el potencial de usar hasta 90 % menos energía que el edificio actual, mientras que su funcionalidad, es igual o mejor, que un edificio construido tradicionalmente.

7.1.3. Características de un edificio sostenible

Para determinar la sostenibilidad de un edificio, las certificaciones sostenibles establecen una serie de características que deben ir de la mano con el diseño y la construcción.

7.1.3.1. Ubicación y transporte

No se debe construir en lugares protegidos o ambientalmente sensibles y disponer de alternativas de transporte amigables con el ambiente para reducir el dióxido de carbono que emiten los vehículos.

7.1.3.2. Lugares sostenibles

Para que se considere un edificio sostenible se debe mantener el hábitat natural, reducir el uso de recursos naturales y reducir la contaminación, y promover la interacción con la naturaleza, con el fin de minimizar el impacto que se tendrá debido al proceso constructivo.

7.1.3.3. Uso eficiente del agua

Se debe optimizar el diseño hidráulico de la edificación para reducir la huella hídrica y disminuir el consumo del agua durante la construcción, con esto se logrará un ahorro importante en el consumo de agua del edificio y menor costo en el uso de este servicio.

7.1.3.4. Uso eficiente de la energía

Se debe de optimizar el diseño eléctrico de la edificación con mecanismos que hagan el edificio eficiente energéticamente para disminuir el consumo energético y la contaminación y promover el uso de energías de fuentes renovables, esto reduce los gastos de operación del edificio y representa un ahorro importante en el consumo de energía eléctrica para los inquilinos.

7.1.3.5. Uso de materiales

El edificio debe ser construido con materiales sostenibles, ecológicos y materiales que en su fabricación exista ahorro en la energía incorporada durante el proceso, para que un material sea considerado como sostenible debe ser biodegradable, no tóxico, provienen de fuentes renovables y abundantes, entre otros.

7.1.3.6. Calidad ambiental interior

Priorizar la calidad de vida de los habitantes proveyendo ambientes ventilados naturalmente, control de climatización y reduciendo la contaminación acústica, manteniendo un clima agradable sin necesidad de sistemas de climatización se logra reducir la necesidad del consumo de energía eléctrica.

7.1.3.7. Innovación en el diseño

Se deben de implementar diseños innovadores y amigables con el medio ambiente que garanticen la reducción del impacto en el ambiente durante su construcción, los diseños deben integrar a la naturaleza de los alrededores para evitar la modificación del ecosistema en que se ubicará la construcción.

7.1.3.8. Prioridad social

Promover proyectos pequeños que mejoren el lugar en donde se ubica la construcción, pueden ser proyectos de mejoramiento de alcantarillados, alumbrado público, construcción de ciclovías, manejo adecuado de los residuos, parques ecológicos, entre otros.

7.1.4. Construcción sostenible en Guatemala

De acuerdo con Salinas (2022):

El sector de la construcción sostenible en Guatemala vivió en 2021 uno de sus mejores años, Guatemala Green Building Council (GGBC), institución dedicada a implementar prácticas sostenibles en la construcción en el país,

reportó que 10 proyectos obtuvieron la certificación de construcción sostenible, un número récord para el país centroamericano.

La industria de la construcción es de gran importancia para Guatemala, Banguat calculó que en 2021 constituyó el 5.1 % del PIB del país. Pero no se debe pasar por alto la factura ambiental que el sector constituye, de acuerdo con la Alianza Global para los Edificios y la Construcción, esta industria produjo el 37 % de las emisiones de CO₂ relacionadas con energía en 2020 en el mundo, por ello acercarse a una forma de construir más amigable con el planeta toma cada vez más importancia.

Y es que tan solo en 2021 GGCB reportó se construyeron 630,000 metros cuadrados de obras con certificación de construcción sostenible, donde sectores como la vivienda, comercial y corporativo destacaron, esto simbolizó una inversión de casi \$68 millones en construcción sostenible en Guatemala. (p. 1)

Actualmente en Guatemala se cuenta con edificios certificados en los siguientes sistemas de certificación:

- EDGE
- LEED
- CASA

7.2. Certificaciones para construcciones sostenibles

A lo largo del tiempo la construcción ha experimentado grandes cambios, uno de los cambios que surgen tras los impactos negativos que se generan al

medio ambiente, es la construcción de edificios sostenibles. Para determinar si en edificio es sostenible existen diferentes sistemas de evaluación y certificación de la sostenibilidad de un edificio, estas son herramientas de gran ayuda para realizar diseños amigables con el medio ambiente y construir edificios que sean más respetuosos con el entorno en que se encuentran, energéticamente eficientes y ofrezcan beneficios a sus habitantes como mejoras en la calidad de vida y ahorro en el consumo de los servicios básicos.

7.2.1. Certificación EDGE

La Corporación Financiera Internacional (IFC) creó en el año 2014 el sistema de certificación EDGE (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*) para impulsar la construcción sostenible, a través de una herramienta accesible que premia las buenas prácticas ambientales en el país (González, 2017).

EDGE permite a los desarrolladores y constructores de proyectos la identificación de forma rápida de los costos de incorporar opciones de ahorro en energía, agua y materiales en sus edificios. Estas estrategias, integradas en el diseño del proyecto, son validadas por un Auditor EDGE y certificados por el Green Business Certification Inc (GBCI).

Figura 2. Requisitos para obtener una certificación EDGE



Fuente: Construcción y Energía Alternativa (2022). *Certificación EDGE*.

7.2.1.1. Niveles de certificación EDGE

Para la certificación EDGE existen tres niveles de certificación que los proyectos sostenibles pueden obtener.

Figura 3. Niveles de certificación EDGE



Fuente: Construcción y Energía Alternativa (2022). *Certificación EDGE*.

7.2.1.1.1. EDGE certified

Es la manera tradicional en la que se puede obtener esta certificación: se concede al cumplir un ahorro mínimo de 20 % en energía, 20 % en agua y 20 % en energía incorporada en los materiales en el edificio. Estos son los porcentajes base en los que se basa la evaluación EDGE (Construcción y Energía Alternativa, 2022).

7.2.1.1.2. EDGE advanced

Esta certificación se otorga a los proyectos inmobiliarios que demuestran una reducción de mínimo 40 % en energía; mientras que los porcentajes en el ahorro de agua y energía incorporada en los materiales se mantienen al 20 % como en EDGE Certified (BEA, 2022).

7.2.1.1.3. Zero carbon

Con este nivel de certificación se busca la máxima reducción y compensación de consumo energético del edificio. Para lograrlo es necesario que mínimo el 40 % de la energía sea reducida por medio del diseño y estrategias del edificio (como EDGE Advanced) y la cantidad restante para completar el 100 % del consumo energético sea mitigado mediante el uso de fuentes de energía renovables en sitio y/o bonos de carbono. Asimismo, los porcentajes en el ahorro de agua y energía incorporada en los materiales se mantienen al 20 % como en EDGE Certified (BEA, 2022).

7.2.2. LEED

La certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) es una de las más importantes para edificios sostenibles, es una certificación que aplica a cualquier tipo de construcción y se obtiene por medio de un sistema de puntuación, mientras mayor sea la puntuación obtenida, la certificación será de mayor prestigio.

LEED se ha consolidado como el sistema de evaluación para edificaciones sustentables más amplio del mundo con cerca de 80,000 proyectos participantes alrededor de 162 países, incluyendo más de 32,500 proyectos comerciales certificados (BEA, 2022).

7.2.2.1. Requisitos para la certificación LEED

De acuerdo con BEA (2022) para obtener la certificación, existe una serie de criterios que se deben cumplir. Éstos lograrán soluciones de alta eficiencia

energética y ambiental, basándose en los requerimientos de la normatividad LEED.

Mediante un sistema de sumatoria de puntos, donde prerrequisitos obligatorios (que no dan puntos) y créditos (opcionales) permiten alcanzar uno de los cuatro niveles de certificación posibles:

- Certificado, al obtener de 40 a 49 puntos
- Plata, al alcanzar de 50 a 59 puntos
- Oro, al lograr de 60 a 79 puntos
- Platino, si se obtiene 80 puntos o más.

Figura 4. **Niveles de certificación LEED**



Fuente: Bioconstrucción y Energía Alternativa (s.f.a). *Certificación LEED*.

7.2.3. WELL

La certificación WELL es un sistema que se basa en la medición, monitoreo y certificación del desempeño del entorno construido que impacta en la salud y bienestar humanos mediante conceptos fundamentales y en 3 características del edificio: comportamiento, operación y diseño. La certificación WELL contribuye a que el entorno construido mejore la nutrición, bienestar físico, comportamiento, registros de sueño y desempeño productivo de los habitantes (BEA, 2022).

7.2.3.1. Versiones de la certificación WELL

La certificación WELL actualmente cuenta con 3 versiones:

7.2.3.1.1. WELL v1

Esta primera versión consta de 7 conceptos: aire, agua, nutrición, iluminación, bienestar físico, confort y mente.

7.2.3.1.2. WELL v2

La segunda versión es la actualización a la v1 y en esta se incluyen 10 conceptos: aire, agua, nutrición, iluminación, movimiento, confort térmico, sonido, materiales, mente, comunidad e innovaciones.

7.2.3.1.3. WELL Core

Es una adaptación de la WELL v2 que es ideal para proyectos que buscan implementar características saludables en el edificio para el beneficio de las personas. En esta versión de WELL están las construcciones donde al menos el

75 % del área está ocupada por una o más personas o sirva como espacio común para todos (BEA, 2022).

Figura 5. Niveles de certificación WELL v1



Fuente: Bioconstrucción y Energía Alternativa (s.f.b). *Certificación WELL.*

Figura 6. Niveles de certificación WELL v2



Fuente: Bioconstrucción y Energía Alternativa (s.f.b). *Certificación WELL.*

7.2.4. BREEAM

De acuerdo con el Building Research Establishment (2020):

La certificación Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) es el método de evaluación y certificación de la sostenibilidad en la edificación técnicamente más avanzado y líder a nivel mundial por el número de proyectos certificados desde su creación en 1990.

La certificación, evalúa impactos en 10 categorías (gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso ecológico del suelo, contaminación e innovación) y otorga una puntuación final que sirve de referencia, junto al manual técnico de la metodología, para una construcción más amigable con el medio ambiente tanto en fase de diseño como en fases de ejecución y mantenimiento, disponiendo de varios esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio. (p. 10)

7.3. Huella de carbono

La huella de carbono cuantifica la cantidad total de los gases de efecto invernadero (GEI) que son producidas directa o indirectamente por una industria, una persona individual, un evento o un servicio o producto. El sector de la construcción es responsable de grandes cantidades de emisiones de CO₂ y por ello se busca incentivar las construcciones sostenibles, que por su diseño ayudan a mitigar el impacto en el medio ambiente.

La huella de carbono es "la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente" (Schneider y Samaniego, 2010, p. 16). Se puede calcular en toneladas o kilos de CO₂ equivalente de gases de efecto invernadero.

7.3.1. Huella de carbono en la construcción

De acuerdo con Garci, Quito y Perdomo (2020) la construcción es una de las industrias más importantes del mundo y una de las más contaminantes en la actualidad, con alrededor del 40 % de la contaminación proveniente de actividades directa o indirectamente relacionadas con la obra civil.

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo; la industria del concreto utiliza 1.600 millones de toneladas de cemento cada año, y cada tonelada libera 1 tonelada de dióxido de carbono a la atmósfera (Cano, 2022).

7.3.2. Enfoques para calcular la huella de carbono

La huella de carbono se puede calcular por tipos de enfoques o alcances específicos para cada uno de ellos existen metodologías reconocidas internacionalmente (Martínez, 2019, p. 23).

7.3.2.1. Enfoque corporativo

En este enfoque la huella de carbono se mide para una organización en específico, generalmente durante el periodo de un año. Este enfoque es útil para

la presentación de informes para la comunicación del desempeño de la empresa ante el cambio climático (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

7.3.2.2. Enfoque de ciclo de vida de un producto o un servicio

En este enfoque se evalúa la huella de carbono de los productos (bienes o servicios) a lo largo de la cadena de valor, incluyendo en algunos casos su uso o consumo y vida útil. Ha tenido una gran influencia y desarrollo en Europa y Japón, donde el etiquetado de productos se está convirtiendo en una tendencia creciente y se está extendiendo rápidamente a otros países, principalmente países de exportación (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

7.3.2.3. Enfoque personal

En este enfoque se estiman las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero de una persona durante un período de tiempo. Se puede utilizar como indicador del impacto del comportamiento individual en los fenómenos del cambio climático. Para determinar esto, es necesario entender los patrones de consumo humano y, en base a los resultados, cambiar las principales fuentes de emisión sin cambiar el desarrollo de nuestra vida diaria (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

7.3.2.4. Enfoque en eventos

Se evalúan las emisiones estimadas de gases de efecto invernadero por uso electricidad, transporte de participantes, cocina, suministros para oficina, planificación de emisiones e implementación de eventos. En la mayoría de los casos, el objetivo de estos cálculos muestra la neutralización de las emisiones de

gases de efecto invernadero mediante la compra de bonos de carbono y su posterior certificación como un evento carbono neutral. Este ejercicio proporciona la base para la optimización de recursos e integración de temas ambientales en toda clase de actividades (Martínez, 2019, p. 25).

7.3.2.5. Enfoque territorial

Estima las emisiones de gases de efecto invernadero en un área específica cuyos límites establecidos corresponden a los geográficos o políticos administrativos. Se debe delimitar un territorio, como una comuna, región, una isla y cuantificar sus emisiones. Este es un buen ejercicio para determinar el impacto global del cambio climático en el área y luego implementar planes de mitigación a una escala más eficiente (Martínez, 2019, pp. 25-26).

7.3.2.6. Enfoque por industria

Evalúa las emisiones de gases de efecto invernadero de sectores manufactureros específicos para determinar su impacto y contribución a los fenómenos del cambio climático. Al igual que con los métodos anteriores, las emisiones de gases de efecto invernadero se cuantifican en todas las etapas de producción, y los resultados y análisis pueden conducir a la optimización de los procesos de producción y el uso de materias primas. Esto creará una ventaja competitiva al aumentar la eficiencia de las operaciones de producción (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.).

7.3.2.7. Análisis del ciclo de vida (ACV)

Cano (2022) afirma que el ACV es un proceso objetivo para evaluar los impactos ambientales asociados con un producto, proceso o actividad,

identificando y cuantificando el uso y la liberación de sustancias y energía en el medio ambiente, e implementando estrategias de mejora ambiental. El ciclo completo de un producto, proceso u operación incluye las etapas de extracción y procesamiento de materias primas; producción, transporte y distribución; utilización, reutilización, mantenimiento, reciclaje y eliminación de residuos.

Se debe de tomar en consideración que para lograr disminuir los gases de efecto invernadero generado por la industria de la construcción, se debe de planificar desde un principio de manera adecuada para que durante el desarrollo de todo el ciclo de vida del proyecto, se hagan las gestiones necesarias para poder desarrollar un diseño eficiente de la edificación, que sea energéticamente eficiente y en el cual se utilicen materiales amigables con el medio ambiente y se implementen sistemas de ahorro y reutilización del agua.

7.4. Eficiencia energética

Últimamente se ha escuchado hablar mucho acerca de la eficiencia energética, especialmente en la industria de la construcción, esto se debe a que los altos consumos de energía de las construcciones tradicionales generan un impacto negativo en el medio ambiente, además de los altos costos de la operación de los proyectos.

La eficiencia energética es un conjunto de medidas que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de diversas iniciativas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y hábitos culturales (Comité Nacional de Energía Eléctrica, s.f.).

7.4.1. Eficiencia energética en edificios Eficiencia energética en edificios

La eficiencia energética de los edificios y viviendas se ve afectada por muchos factores, todos ellos relacionados con la energía y nuestro confort en ellos, como la calefacción, el agua caliente, la ventilación, la iluminación, por lo que podemos decir que el edificio es eficiente cuando se encuentra dentro de los parámetros de la clasificación energética, estos son parámetros que indican el nivel de eficiencia de la vivienda (Iturbe, 2022).

La eficiencia energética de un edificio se cuantifica por medio de la energía que se consume durante todo el año en condiciones normales de uso y ocupación en cuanto a calefacción, agua caliente, ventilación, iluminación. Los datos obtenidos expresan el valor final de consumo de energía, que son medidos en kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m² año) y en kilogramos de CO₂ por metro cuadrado de vivienda (kg CO₂/m² año) que se comparan con una letra de la escala de eficiencia energética en edificios (Iturbe, 2022).

7.4.1.1. Ventajas

- Ahorro para los usuarios en el consumo de energía
- Menor costo de operación de los edificios
- Mayor área con iluminación natural
- Reduce la huella de carbono.

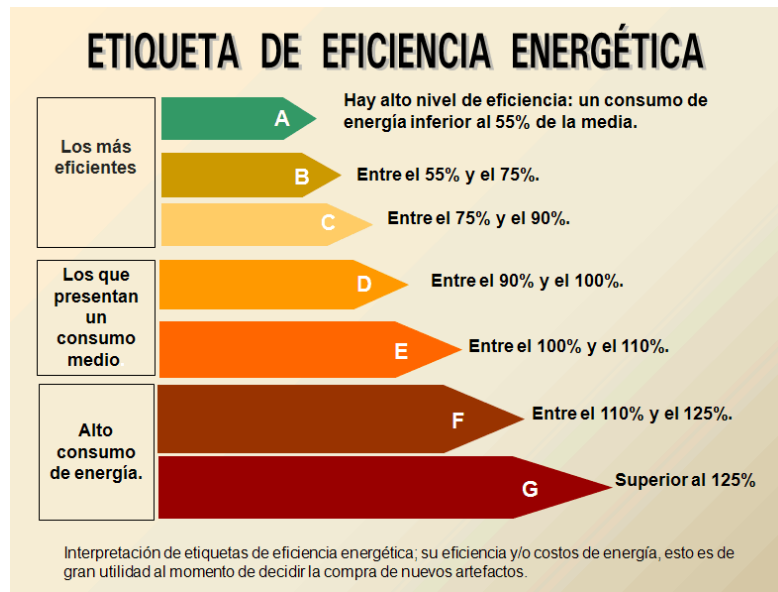
7.4.1.2. Desventajas

- Las alternativas para lograr la eficiencia energética son de mayor costo
- El tiempo de retorno de la inversión es mayor

7.4.2. Clasificación energética de un edificio

La clasificación energética de un edificio se otorga en base a los resultados que obtenga el edificio. Este determina, en función de una letra, la calificación energética de ese edificio, expresado de la A a la G. Un edificio eficiente con clasificación energética (A) consume hasta un 90 % menos de energía que una que esté catalogada con el nivel más bajo. Una de clase B en torno al 70 %; y la clase C, un 35 %. Queda claro que un edificio de alta calificación energética consume menos energía que uno de baja calificación energética. Y esto se logra implementando una serie de acciones que consiguen reducir el consumo energético del edificio a nivel global (Inarquía, s.f.).

Figura 7. Clasificación de la eficiencia energética en los edificios



Fuente: Carazo (2014). *Gestión energética de edificios*.

7.4.3. Estrategias para mejorar la eficiencia energética

Para mejorar la eficiencia energética de un edificio se pueden utilizar las siguientes estrategias:

- Uso de energías renovables
- Promover más espacios con iluminación natural
- Uso de iluminación LED
- Implementar sistemas de automatización
- Mejorar el aislamiento para conservar el frío o calor dentro de la vivienda y evitar el uso de sistemas de climatización
- Promover un ámbito de conciencia del uso eficiente de la energía de manera individual.

Es de suma importancia que desde la etapa de planificación y diseño de los edificios se implementen las estrategias necesarias para construir un edificio que sea eficiente energéticamente, esto no solo ayuda al medio ambiente disminuyendo de los gases de efecto invernadero, sino que también se logran ahorros importantes en los costos de energía eléctrica y mejora la calidad de vida de los habitantes.

7.5. Materiales sostenibles

En la construcción sostenible además del uso eficiente de la energía se requiere el uso de materiales amigables con el medio ambiente, estos son llamados materiales sostenibles. Con los materiales sostenibles se busca lograr reducir los impactos en el medio ambiente, estos materiales deben ser duraderos, reciclables y en su fabricación debe existir un ahorro en la energía incorporada.

“Los materiales de construcción sostenibles son reciclados o aquellos que pueden recuperarse o reciclarse y no son nocivos para el medio ambiente. Deben permitir una buena eficiencia energética y garantizar una larga duración” (Gutiérrez, s.f., p. 56).

Borsani (2011) afirma que:

Uno de los sectores más intensivos en el uso de materiales es la construcción: la edificación y las infraestructuras consumen entre el 45 % y el 60 % de los materiales extraídos de la litosfera y su utilización, junto a la actividad constructiva, está en el origen de la mitad de las emisiones de CO₂ vertidas a la atmósfera. (p. 2)

7.5.1. Características de los materiales sostenibles

Para que un material se considere como sostenible debe tener las siguientes características:

- No dañan al medio ambiente
- Poca energía consumida en su fabricación
- No es tóxico
- Proviene de producciones limitadas
- Larga duración
- Proviene de fuentes renovables y abundantes
- Un porcentaje de su composición debe ser de materiales reciclados
- Uso eficiente del agua en su fabricación
- Biodegradable

7.5.2. Tipos de materiales sostenibles

Los materiales sostenibles que mayormente se utilizan para la construcción son:

- Madera
- Bambú
- Celulosa
- Barro cocido
- Cemento termocrómico
- Tejas sintéticas
- Concreto autorreparable
- Metales reciclados
- Pinturas ecológicas
- Corcho

Con la utilización de materiales sostenibles se busca minimizar el impacto al medio ambiente debido al uso de materiales que provienen de fuentes poco abundantes y que no son renovables. El uso de materiales aislantes como el corcho ayuda a reducir el consumo de energía y por lo cual también contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero. Existen muchos materiales sostenibles pero su eficiencia puede variar y no todos son fáciles de conseguir, por lo tanto, se debe seleccionar los materiales adecuados para el proyecto.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Construcción sostenible

1.1.1. ¿Qué es un edificio sostenible?

1.1.1.1. Ventajas

1.1.1.2. Desventajas

1.1.2. Tipos de edificios sostenibles

1.1.2.1. Construcción natural

1.1.2.2. Edificio pasivo

1.1.3. Características de un edificio sostenible

1.1.3.1. Ubicación y transporte

1.1.3.2. Lugares sostenibles

1.1.3.3. Uso eficiente del agua

1.1.3.4. Uso eficiente de la energía

1.1.3.5. Uso de materiales

1.1.3.6. Calidad ambiental interior

1.1.3.7. Innovación en el diseño

- 1.1.3.8. Prioridad social
 - 1.2. Certificaciones para construcciones sostenibles
 - 1.2.1. EDGE
 - 1.2.1.1. Niveles de certificación EDGE
 - 1.2.1.1.1. EDGE Certified
 - 1.2.1.1.2. EDGE Advanced
 - 1.2.1.1.3. Zero Carbon
 - 1.2.2. LEED
 - 1.2.2.1. Requisitos para la certificación LEED
 - 1.2.3. WELL
 - 1.2.3.1. Versiones de la certificación WELL
 - 1.2.3.1.1. WELL v1
 - 1.2.3.1.2. WELL v2
 - 1.2.3.1.3. WELL Core
 - 1.2.4. BREEAM
 - 1.2.5. Construcción sostenible en Guatemala
- 2. ETAPA DE ANTEPROYECTO
 - 2.1. Ubicación del proyecto
 - 2.2. Registro del proyecto en la plataforma EDGE
 - 2.3. Definición de la estrategia para lograr la certificación EDGE
- 3. ETAPA DE DISEÑO
 - 3.1. Energía
 - 3.2. Agua
 - 3.3. Materiales
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 - 4.1. Documentación

4.2. Registro de la documentación en la plataforma EDGE

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Planificación del proyecto

5.2. Ahorro en el uso de recursos

5.3. Plan de acción

5.4. Beneficios económicos

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo de graduación el método de investigación será lógico deductivo, ya que, a partir de la comparación de las variables, se establecerán patrones para la obtención y el cotejo de los datos para extraer conclusiones.

9.1. Tipo de estudio

El diseño del estudio empleado será no experimental, debido a que no se manipulará ninguna variable, únicamente se hará la observación de las variables como tal y como se dan en su contexto natural para luego analizarlas.

El enfoque del estudio será mixto porque se cuenta con variables cualitativas y cuantitativas, las variables cualitativas serán ordinarias y las variables cuantitativas serán continuas ya que se toman todos los valores de un determinado intervalo.

El alcance de la investigación es de tipo correlacional ya que se identificará la relación entre las variables construcción verde y certificaciones sostenibles.

9.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el edificio Meraki Octava, que se encuentra en la 8va. Avenida de la zona 10 en la ciudad de Guatemala.

9.3. Variables

Las variables que se analizarán se describen en la tabla I.

Tabla I. **Variables de estudio**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Construcción verde	La construcción verde se puede definir como aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales. (Ramírez, 2002, p. 1)	Tipos de construcciones verdes Características de las construcciones verdes Ahorro en el uso de los recursos
Certificaciones sostenibles	Estas certificaciones de sostenibilidad analizan el impacto medioambiental de la construcción y operación de un edificio, pero también los aspectos económicos y de salud y bienestar. En mayor o menor medida, todas las metodologías pretenden además integrar los conceptos de Economía Circular y alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Requisitos de las certificaciones sostenibles Tipos de certificaciones sostenibles

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4. Fases de estudio

Las fases de estudio de esta investigación estarán divididas en 3 etapas, en las cuales se harán diversas actividades para poder obtener la certificación EDGE para el proyecto.

9.4.1. Exploración bibliográfica

En esta fase se consultará toda la bibliografía relacionada a las construcciones verdes y el sistema de certificación EDGE.

9.4.2. Etapa de anteproyecto

Se lleva a cabo el registro del proyecto para certificación EDGE y se define un plan de acción con la estrategia para lograr la certificación EDGE Certified, se debe de comunicar a todos los involucrados en el proyecto todos los elementos que se deben de incorporar en el diseño y construcción.

9.4.3. Etapa de diseño

En esta etapa dentro de la planificación se implementan todas las medidas necesarias para poder lograr un ahorro del 20 % en energía, 20 % de ahorro en agua y 20 % de ahorro en la energía incorporada en la fabricación de los materiales, luego se enviará toda la documentación en donde se demuestra el cumplimiento con los estándares EDGE para que posteriormente un auditor EDGE pueda realizar la revisión preliminar y final y de esa manera obtener la certificación EDGE.

9.4.4. Resultados esperados

Al final del trabajo de investigación se espera haber cumplido con todos los requisitos necesarios para que el proyecto en estudio obtenga la certificación EDGE Certified, logrando un 20 % de ahorro en energía, 20 % de ahorro en el uso de agua y un 20 % de ahorro en energía incorporada en la fabricación de los materiales, además, de servir como una guía que pueda facilitar a las

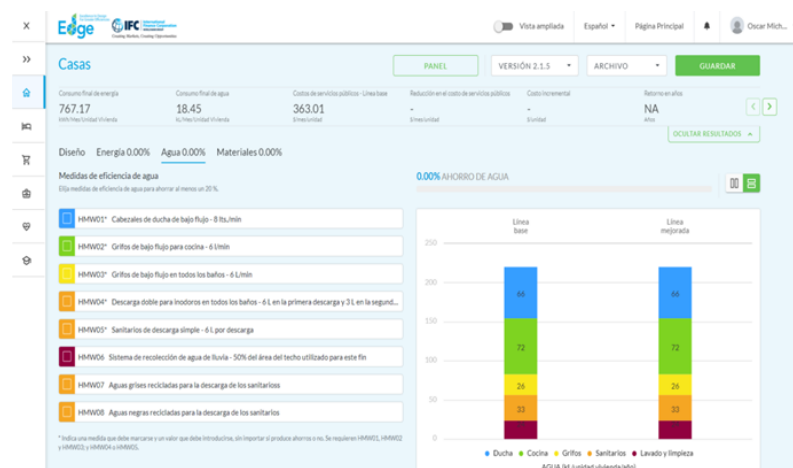
desarrolladoras inmobiliarias y constructores el desarrollo de construcciones sostenibles en Guatemala.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información se realizará un estudio de los parámetros de la construcción tradicional, eso quiere decir, la propuesta inicial del diseño del edificio Meraki Octava ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala. La información se registrará en el *software* EDGE para generar un modelo base de la edificación, con el cual se podrá analizar los ahorros de consumos de energía eléctrica, agua potable y los materiales empleados.

Luego de haber creado el modelo base del edificio en el *software* EDGE, se identificarán los parámetros de diseño para desarrollar una propuesta sostenible, que como mínimo tiene que generar un ahorro del 20 % en el consumo de agua potable.

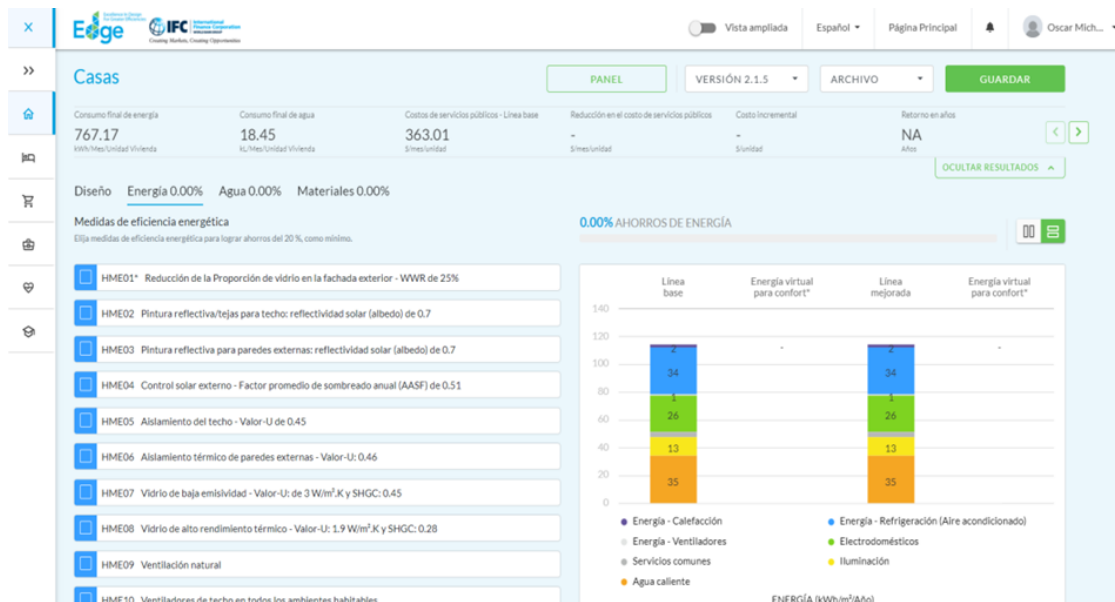
Figura 8. Interfaz de eficiencia de agua en el *software* EDGE



Fuente: Asalde y Chávez (2020). *Comparación de presupuestos entre edificaciones tradicionales y edificaciones sostenibles con certificación.*

Posteriormente se identificarán los parámetros a tomar en cuenta el diseño de la nueva propuesta para que cumpla con los parámetros que garanticen como mínimo un ahorro del 20 % en la energía eléctrica.

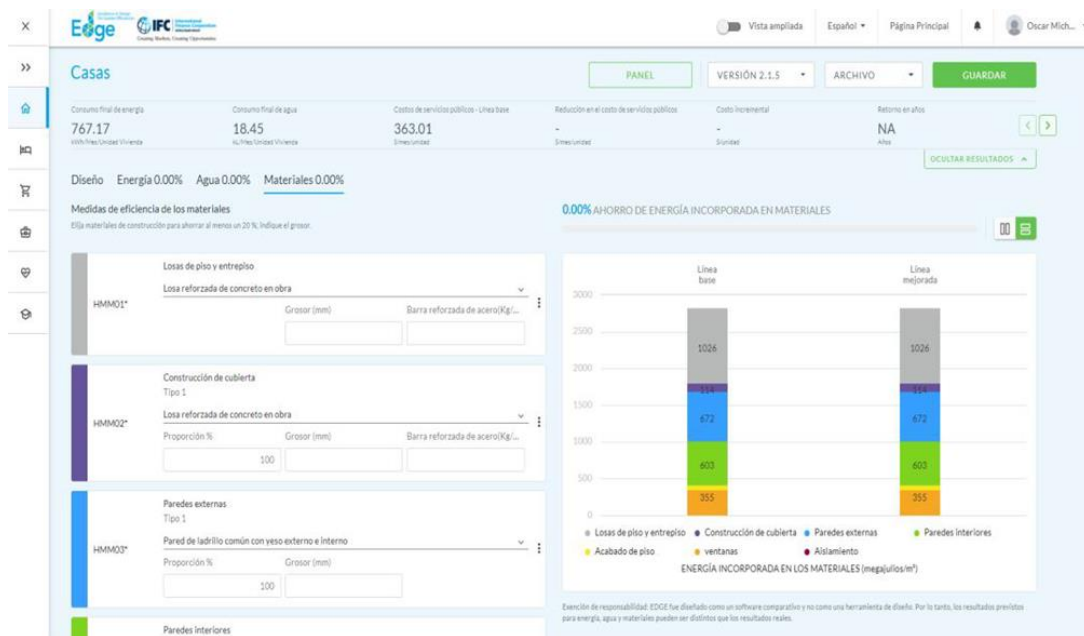
Figura 9. Interfaz de la eficiencia energética del software EDGE



Fuente: Asalde y Chávez (2020). *Comparación de presupuestos entre edificaciones tradicionales y edificaciones sostenibles con certificación.*

Por último, se realiza la propuesta para incorporar materiales ecológicos y las consideraciones que establece la certificación EDGE para garantizar como mínimo un ahorro del 20 % en la energía incorporada en la fabricación de materiales, entre los elementos que se tienen que evaluar están: losas de entepiso, muros, acabados, cubiertas, aislamiento térmico y ventanas.

Figura 10. Interfaz de materiales en el software EDGE

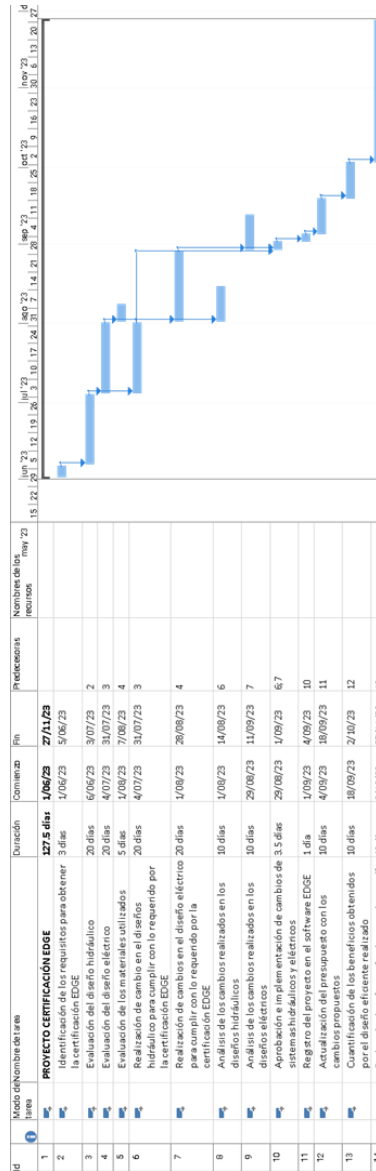


Fuente: Asalde y Chávez (2020). *Comparación de presupuestos entre edificaciones tradicionales y edificaciones sostenibles con certificación.*

Luego de haber hecho todos los registros anteriores en el software EDGE con la nueva propuesta de construcción sustentable, se espera la revisión por parte de un auditor EDGE que es el encargado de determinar si se cumple con el 20 % de ahorro en el consumo de energía, agua potable y energía incorporada en los materiales para poder obtener la certificación.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios y recursos del cliente del proyecto, el cliente cubrirá todos los gastos de registro, certificación e impresión de planos del proyecto.

Tabla III. Presupuesto

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
1	Energía eléctrica	6.00	mes	Q. 250.00	Q. 1,500.00
2	Internet	6.00	mes	Q. 379.00	Q. 2,274.00
3	Insumos de oficina	1.00	global	Q. 1,500.00	Q. 1,500.00
4	Combustible	1.00	global	Q. 5,000.00	Q. 5,000.00
5	Registro del proyecto en <i>software</i> EDGE	1.00	global	Q. 2,691.00	Q. 2,691.00
6	Pago de certificación EDGE	13431.33	m ²	Q. 2.26	Q. 30,381.67
7	Impresión de planos	1.00	global	Q. 3,450.00	Q. 3,450.00
8	Asesor	1.00	global	Q. 2,500.00	Q. 2,500.00
Total					Q. 49,296.67

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Acosta, D. (marzo, 2000). La mampostería de bloques de suelo cemento-
¿Tecnología apropiada para la producción masiva de viviendas de
interés social? *Tecnología y construcción*, I(16), 19-30.
2. Acosta, D. (febrero, 2002). Reducción y gestión de residuos de la
construcción y demolición (RCD). *Tecnología y construcción*, II(18),
49-68.
3. Acosta, D. (enero, 2009). Arquitectura y construcción sostenibles:
Conceptos, Problemas y Estrategias. *DEARQ*, I(4), 14-23.
4. Aguila, I. (diciembre, 2001). Cementos puzolánicos: una alternativa para
Venezuela. *Tecnología y construcción*, III(17), 27-34.
5. Asalde, O., y Chávez, W. (2020). *Comparación de presupuestos entre
edificaciones tradicionales y edificaciones sostenibles con
certificación EDGE* (Tesis de licenciatura). Universidad Ricardo
Palma, Perú.
6. Baldó, J. (1998). *Un plan para los barrios de Caracas*. Ministerio del
Desarrollo Urbano. Caracas, Venezuela: Consejo Nacional de la
Vivienda.

7. Bioconstrucción y Energía Alternativa (s.f.a). Certificación LEED. Bioconstrucción y Energía Alternativa. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-leed/>.
8. Bioconstrucción y Energía Alternativa (s.f.b). Certificación WELL. Bioconstrucción y Energía Alternativa. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-well/>.
9. Borsani, M. (4 de marzo, 2011). Estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13759>.
10. Building Research Establishment (2020). *BREEAM*. España: Autor. Recuperado de: <https://breeam.es/breeam-espana/>.
11. Carazo (2014). Gestión energética de edificios. Madrid, España: Autor.
12. Cano, C. (13 de julio, 2022). La huella de carbono en la construcción. [Mensaje en un blog]. Recuperado de; <https://eadic.com/blog/entrada/huella-de-carbono-ciclo-de-vida-de-la-construccion/>.
13. Cilento, A., y Acosta, D. (enero, 2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y construcción*, *l*(21), 15-30.

14. Construcción y Energía Alternativa (2022). *Certificación EDGE*. Mexico: Autor. Recuperado de: <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-edge/#:~:text=%C2%BFQU%C3%89%20ES%20LA%20CERTIFICACI%C3%93N%20EDGE,en%20desarrollo%2C%20entre%20ellas%20M%C3%A9xico.>
15. Excellence in Design for Greater Efficiencies. (2018). *EDGE es un sistema de certificación de construcción sostenible que se enfoca en hacer edificios más eficientes*. Estados Unidos: Autor.
16. Ezquerro, V. (s.f.). ¿Cuáles son los beneficios de un edificio pasivo? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.vanesaezquerro.com/cuales-son-los-beneficios-de-un-edificio-pasivo/>.
17. Gangoellis, M., Casals M., Gassó, S., Forcada, N., Roca, X. y Fuertes, A. (mayo, 2011). Assessing concerns of interested parties when predicting the significance of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment*, 46(5), 1023-1024.
18. García, J., Quito, J. y Perdomo, J. (2020). *Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente*. Colombia: Autor.

19. González, K. (2017). *Evaluación de la implementación de tecnologías y certificaciones en construcción entre las ciudades de Sao Paulo, Brasil, y Bogotá, Colombia* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica de Colombia, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15791/1/EVALUACION%20DE%20LA%20IMPLEMENTACION%20DE%20TECNOLOGIAS%20Y%20CERTIFICACIONES%20EN%20CONSTRUCCION%20SOSTENIBLE%20%20FINA.pdf>.
20. Gutiérrez, Q. (s.f.). ¿Cuáles son los Materiales de Construcción Sostenibles? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://sostenibleosustentable.com/es/casas-ecologicas/materiales-construccion-sostenibles/>.
21. IBERDORLA. (s.f.). Los edificios verdes marcan el camino hacia un urbanismo más sostenible y eficiente. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/edificios-verdes-sostenibles>.
22. Inarquia. (s.f.). Cómo Medir la Eficiencia Energética de un Edificio. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://inarquia.es/como-medir-eficiencia-energetica-edificio/>.
23. Iturbe, M. (04 de marzo, 2022). Eficiencia energética en edificios, ¿Cómo se mide? ¿Cómo mejorarla? Calor y frío. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/rehabilitacion-de-edificios/eficiencia-energetica-en-edificios.html>.

24. Jacobs, M. (1996). *La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Barcelona, España: Icaria Editorial.
25. Kaur, M., y Arora, S. (2012). Environment Impact Assessment and Environment Management Studies for an Upcoming Multiplex - A Case Study. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1(4), 22. Recuperado de <http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol1-issue4/D0142230.pdf>.
26. Kubba, S. (2017). *Handbook of Green Building Design and Construction*. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann.
27. Lifecycle Construction Resource Guide. (2008). *Lifecycle Building Challenge*. Estados Unidos: Autor. Recuperado de: <https://www.lifecyclebuilding.org/docs/Lifecycle%20Construction%20Resource%20Guide.pdf>.
28. López, C. (2021). *Métodos de evaluación de la edificación sostenible: adaptación al cambio climático y estrategias de implantación* (Tesis de doctorado). Universidad de Granada, España. Recuperado de: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/69678>.
29. Lung, L. y Shaurette, M. (junio, 2018). El trabajo colaborativo, aplicado al diseño y la construcción, para promover la construcción de edificios verdes en Perú. *Revista de Ingeniería de la Construcción*, II(33), 183-192.

30. Martínez, J. (2019). *Cálculo de huella de carbono de una vivienda y propuesta para reducir emisiones de GEI durante su construcción. Estudio caso en Puebla* (Tesis de maestría). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Mexico.
31. Mejía, W., Meneses, C. y Obando, J. (2018). *Manual de uso de software EDGE enfocado en edificios residenciales* (Tesis de licenciatura), Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/11670>.
32. Mekler, M. (26 de mayo, 2017). Construir América Central y El Caribe. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://revistaconstruir.com/cuales-los-beneficios-la-construccion-sostenible/>.
33. Ministerio del Medio Ambiente. (s.f.). *Huella de carbono*. Colombia: Autor. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/#:~:text=Enfoque%20de%20ciclo%20de%20vida,t%C3%A9rmino%20de%20su%20vida%20%C3%BAtil>.
34. Ramírez, A. (10 de febrero, 2022). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 1(13), 1.
35. Roblin, S. (23 de mayo, 2016). ¿Qué es un edificio verde? [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://fundacionrenovables.org/que-es-un-edificio-verde/>.

36. Rocha, E. (julio, 2011). Construcciones sostenible: materiales, certificaciones y LCA. *Revista nodo*, VI(11), 99-116.
37. Rosero, A. (julio, 2020). La sostenibilidad, un camino seguro para la industria de la construcción en Colombia. *Universidad San Buenaventura-Cartagena*, I(1), 4-43.
38. Salinas, T. (24 de marzo, 2022). El 2021 fue el mejor año para la construcción sostenible en Guatemala. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://forbescentroamerica.com/2022/03/24/el-2021-fue-el-mejor-ano-para-la-construccion-sostenible-en-guatemala%EF%BF%BC>.
39. Schneider, H., y Samaniego, J. (marzo, 2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Chile: CEPAL. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf.
40. Steuteville , R., y Langdon, P. (2006). *New Urbanism: Comprehensive Report & Best Practices Guide*. New York, Estados Unidos: New Urban Publications.

41. Syphers, G., Sowell, A., Ludwing, A., y Eichel, A. (noviembre, 2003). *White Paper on Sustainability: Managing the Cost of Green Buildings. Bulding Design & Construction*. Estados Unidos: Autor. Recuperado de: <https://archive.epa.gov/greenbu3/greenbuilding/web/pdf/bdcwhitepaperr2.pdf>.
42. Tamayo, E. (marzo, 2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. *Revista nodo*, 6(11), 101.
43. Yeang, K. (1999). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A.

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Necesidades que cubrir y esquema de solución

No.	Aspecto	Descripción
1	Descripción de las necesidades laborales que el trabajo pretende cubrir en el contexto específico del problema	En este trabajo se pretende realizar la planificación de proyecto inmobiliario sostenible, para promover este tipo de proyectos en Guatemala, ya que actualmente hay poco interés y desconocimiento de los beneficios que otorgan este tipo de proyectos.
2	En el ámbito nacional o regional	Además de la disminución de la huella de carbono, el ahorro en el consumo de energía eléctrica y agua potable de una construcción sostenible permitirá ser la inspiración para planificar proyectos con certificaciones verdes.
3	Descripción detallada del esquema o arquitectura de la solución que se propone ensayar para resolver el problema planteado	Para que un proyecto de construcción sea certificado como sostenible, como mínimo se debe cumplir con un 20% de ahorro en el consumo de energía y agua potable, así como también el uso de materiales en los cuales se haya generado un ahorro de 20% en la energía incorporada en su fabricación. Para lograr esto debemos de olvidarnos de las construcciones tradicionales y empezar a realizar diseños más eficientes de los sistemas eléctricos, incorporar la automatización y sistemas de ahorro de agua potable.
4	Argumentar la originalidad en el marco de la práctica profesional del ámbito de la maestría	La industria de la construcción y la operación de edificios le aportan al ambiente cerca del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (UNEP, 2007). La extracción de materias primas y los procesos industriales para la fabricación de materiales de construcción causan daños a ecosistemas como la deforestación, la contaminación del aire con gases y partículas (polvo y ceniza), y la contaminación de cuerpos de agua (extracción de gravilla de los ríos para el concreto, canteras en cerros con vegetación nativa, contaminación del aire con los gases que emanan de los hornos de producción de coque para el acero, entre otros). La operación de edificios consume cerca del 70% de la energía eléctrica (UNEP, 2008), además de grandes cantidades de agua para la eliminación de desechos, y genera enormes cantidades de basura.
5	Argumentar la pertinencia en el marco de la práctica profesional del ámbito de la maestría	Derivado que la Maestría de Energía y Ambiente, existe el área ambiental este proyecto de construcción sostenible contribuye específicamente en la reducción de la huella de carbono debido a las construcciones tradicionales, además del uso eficiente de recursos.
6	Argumentar la validez técnica en el marco de la práctica profesional del ámbito de la maestría	Al ser un profesional con conocimientos en la ingeniería civil y también en el área ambiental, este proyecto contempla todos los requisitos para poder certificar a un proyecto de construcción como sostenible.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 2. Matriz de coherencia y conceptualización

Problema	Objetivo general	Marco teórico	Hipótesis	VARIABLES	Indicadores
Escasez de construcciones sostenibles debido a la mala planificación.	Planificar el desarrollo de un proyecto inmobiliario sostenible, para el uso eficiente de los recursos y promover las construcciones verdes en Guatemala mediante la obtención de la certificación EDGE Certified.	Construcción sostenible			Tipos de construcciones verdes
Pregunta principal		Certificaciones para construcciones sostenibles	El presente trabajo de investigación no comprueba a una hipótesis	Construcción verde	Características de las construcciones verdes
		Huella de carbono		Certificaciones sostenibles	Ahorro en el uso de los recursos
¿Cómo se debe planificar un proyecto para la obtención de la certificación EDGE Certified?		Eficiencia energética			Requisitos de las certificaciones sostenibles
		Materiales sostenibles			Tipos de certificaciones sostenibles

Continuación apéndice 2.

Preguntas secundarias	Objetivos específicos				
	1. Determinar los requisitos de la certificación EDGE Certified para reducir como mínimo un 20 % el uso de la energía, agua potable y la energía incorporada a los materiales.	Construcción sostenible			Tipos de construcciones verdes
1. ¿Cuáles son los requisitos de la certificación EDGE Certified?		Certificaciones para			Características de las construcciones verdes
2. ¿Qué acciones se deben tomar para cumplir con los requisitos de la certificación EDGE Certified?	2. Establecer un plan de acción para cumplir con los requisitos de la certificación EDGE Certified.	construcciones sostenibles	El presente trabajo de investigación no comprobará a una hipótesis	Construcción verde	Ahorro en el uso de los recursos
3. ¿Qué beneficios económicos se obtendrán implementando este tipo de proyectos?	3. Cuantificar los beneficios económicos de la reducción en consumo de agua, ahorro energético y la utilización de materiales de baja energía empleada en los proyectos de construcción.	Huella de carbono		Certificaciones sostenibles	Requisitos de las certificaciones sostenibles
		Eficiencia energética			Tipos de certificaciones sostenibles
		Materiales sostenibles			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

15. ANEXOS

Anexo 1. Emisiones de dióxido de carbono generadas por la construcción

CO₂: EDIFICIOS Y CONSTRUCCIÓN SUMAN CASI EL 40 % DE LAS EMISIONES

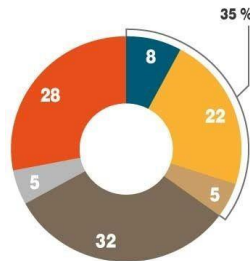
Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) fruto de mantener operativos edificios aumentaron en 9,95 gigatoneladas en 2019, lo que junto a la contaminación generada por la industria de la construcción aglutina el 38 % de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía.

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
Gt: gigatoneladas

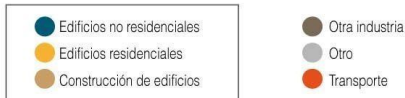
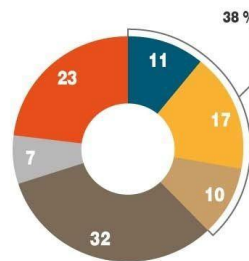


9,95 GtCO₂ produjo la industria de los edificios y la construcción en 2019

ENERGÍA



EMISIONES DE CO₂



Menos consumo pero más CO₂

El consumo global de energía de los edificios no ha aumentado con los años, pero sus emisiones de CO₂ sí lo han hecho debido a una mayor dependencia eléctrica

Fuente: Portal ambiental (2021). *Industria de la construcción suma 38 % de las emisiones de CO₂.*

Anexo 2. Características de las edificaciones sostenibles



Fuente: LoxamHune (2022). *¿Qué es la construcción sostenible?*