

**Plan de Proyecto para la Construcción de un Edificio Ecoeficiente, Siguiendo las Buenas
Prácticas de Marco Lógico**

Viviana Alexandra Cerón Rodríguez, Juan Diego Sánchez Cardona

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

Luis Carlos Tiria Sandoval

Magister en Gestión y Evaluación de proyectos de Inversión

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones

2024

Dedicatoria

A nuestro estimado director,

Con profundo agradecimiento por su guía, sabiduría y apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico. Sus consejos expertos y su compromiso con nuestra formación han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A nuestras queridas familias,

Por su amor incondicional, paciencia y constante apoyo durante cada etapa de este proceso. Sus palabras de aliento, sacrificio y comprensión nos han dado la fuerza necesaria para perseverar y alcanzar nuestras metas.

A todos ustedes, les dedicamos este trabajo de grado como testimonio de nuestro esfuerzo y gratitud. Sin su orientación y respaldo, este logro no habría sido posible.

¡Gracias por ser parte fundamental de este importante capítulo en nuestras vidas!

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de grado.

En primer lugar, agradecemos a nuestro director Luis Carlos Triana Sandoval por su invaluable orientación, apoyo y dedicación a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, consejos y retroalimentación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradecemos a los profesores Diana Sofía Niño Rodríguez y Juan Fernando Guarín Castro por su excelente asesoría en las etapas iniciales de la ejecución de este proyecto.

También queremos agradecer a la Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga por brindarnos los recursos y el ambiente propicio para llevar a cabo este proyecto académico.

A nuestras familias, les estamos eternamente agradecidos por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Su constante aliento y sacrificio han sido la fuerza motriz que nos ha impulsado a seguir adelante en este camino.

Extendemos nuestro agradecimiento a todos los profesores, compañeros y amigos que nos han acompañado y brindado su ayuda en cada paso de esta travesía académica.

Por último, pero no menos importante, agradecemos a todas las fuentes de información y referencias que hemos consultado para enriquecer este trabajo.

Contenido

Introducción	18
1. Aspectos contextuales.....	21
1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio	23
2. Objetivos.....	25
2.1 Objetivo general.....	25
2.2 Objetivos específicos	25
3. Descripción institucional.....	26
3.1. Misión	27
3.2. Visión.....	27
3.3. Estructura organizativa	28
3.4. Servicios.....	28
4. Marco referencial.....	30
4.1 Marco conceptual.....	30
4.1.1 Metodología del Marco lógico	31
4.1.2 Matriz de Marco Lógico.....	31
4.1.3 Viviendas Ecoeficientes	32
4.1.4 Desarrollo Sostenible	33
4.1.5 Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)	34
4.2 Marco Legal.....	34
4.3 Marco Normativo.....	40
4.3.1 Certificación LEED.....	42

4.3.2 Certificación EDGE	51
4.3.3 Certificación Casa Colombia:	56
4.3.4 Certificación HQE:.....	61
4.3.5 Comparación de Categorías de Evaluación.....	66
4.4. Estado del arte.....	66
5. Análisis de Interesados -Involucrados	72
6. Análisis del problema	76
6.1 Modelo Árbol de problemas	80
7. Análisis de objetivos.....	81
8. Análisis de Alternativas.....	83
8.1 Identificación de alternativas	83
8.1.1 Alternativa 1. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación utilizando los estándares de una construcción convencional	83
8.1.2 Alternativa 2. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares en zonas comunes.....	89
8.1.3 Alternativa 3. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes	
8.2 Evaluación de alternativas	105
8.3 Selección de la alternativa de solución	107

9.	Construcción del Modelo Analítico del Proyecto.....	107
9.1	Estructura Analítica	108
9.2	Matriz de marco lógico	108
9.3	Resumen Narrativo	111
	9.3.1 Fin.....	111
	9.3.2 Propósito.....	111
	9.3.3 Componentes o productos	111
9.4	Indicadores.....	113
	9.4.1 indicadores de propósito.....	113
	9.4.2 Indicadores de componentes	114
	9.4.3 Indicadores de Actividades	114
	9.4.4 Medios de verificación	114
	9.4.5 Supuestos.....	115
10.	Recursos humanos, materiales y económicos	115
11.	Cronograma.....	118
12.	Difusión y comunicación	121
13.	Método mediante el cual se realizará la evaluación de los resultados de la implementación	123
14.	Resultados	126
15.	Discusión.....	127
16.	Conclusiones	129
	Referencias.....	131

Apéndices..... 135

Lista de tablas

Tabla 1. *Proyectos representativos por AVC Inmobiliaria y Constructora* 28

Tabla 2. *Estructura matriz marco lógico* 32

Tabla 3. *Evolución de las Versiones de LEED* 42

Tabla 4. *Comparación de Puntos por Categoría en Proyectos LEED* 45

Tabla 5. *Resumen de Requisitos LEED*..... 48

Tabla 6. *Ventajas Económicas y Ambientales de LEED*..... 50

Tabla 7. *Puntuación obtenida edificio Santalaja y Universidad de Nariño* 51

Tabla 8. *Criterios de Evaluación EDGE* 52

Tabla 9. *Resultados de Eficiencia en Torre Arboleda* 54

Tabla 10. *Comparación de Consumo de Recursos en EcoHabitats antes y después de la Certificación EDGE*..... 55

Tabla 11. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial de Nariño* 55

Tabla 12. *Criterios de Evaluación Casa Colombia* 57

Tabla 13. *Resultados de Eficiencia en Proyecto Vivienda Verde* 59

Tabla 14. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial Verde*..... 60

Tabla 15. *Criterios de Evaluación HQE* 62

Tabla 16. *Resultados de Eficiencia en Edificio Verde* 64

Tabla 17. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial Verde*..... 65

Tabla 18. *Comparación de Categorías de Evaluación* 66

Tabla 19. *Estado del arte* 67

Tabla 20. *Análisis de interesados* 72

Tabla 21. <i>Presupuesto alternativa 1</i>	87
Tabla 22. <i>Distribución costo por piso alternativa 1</i>	88
Tabla 23. <i>Flujo de caja alternativa 1</i>	88
Tabla 24. <i>Presupuesto alternativa 2</i>	92
Tabla 25. <i>Plan de Inversión alternativa 2</i>	93
Tabla 26. <i>Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2021</i>	95
Tabla 27. <i>Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2022</i>	96
Tabla 28. <i>Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2023</i>	97
Tabla 29. <i>Promedio por mes de datos años 2021, 2022 y 2023 de la estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales</i>	98
Tabla 30. <i>Consumo por día unidad sanitaria hombre</i>	100
Tabla 31. <i>Consumo por día unidad sanitaria mujer</i>	100
Tabla 32. <i>Presupuesto alternativa 3</i>	103
Tabla 33. <i>Plan de Inversión alternativa 3</i>	104
Tabla 34. <i>Evaluación de las tres alternativas de solución</i>	106
Tabla 35. <i>Matriz de Marco lógico del proyecto</i>	109
Tabla 36. <i>Recursos económicos alternativa de solución 3</i>	117

Lista de figuras

Figura 1. <i>PBI edificador últimos 6 años</i>	21
Figura 2. <i>Ubicación geográfica predio</i>	23
Figura 3. <i>Ubicación propiedad</i>	24
Figura 4. <i>Organigrama AVC Inmobiliaria y Constructora.</i>	28
Figura 5. <i>Fases y elementos de la Metodología del Marco Lógico.</i>	31
Figura 6. <i>Matriz de Poder/ Interés</i>	73
Figura 7. <i>Matriz de Influencia/impacto</i>	75
Figura 8. <i>Árbol de Problemas</i>	80
Figura 9. <i>Árbol de objetivos</i>	82
Figura 10. <i>Levantamiento Topográfico</i>	84
Figura 11. <i>Vista en Planta de sótanos y pisos (1, 2 y 3)</i>	84
Figura 12. <i>Planta Primer piso</i>	85
Figura 13. <i>Vista en Planta Segundo Piso</i>	85
Figura 14. <i>Vista en planta pisos 3 al 12</i>	86
Figura 15. <i>Vista fachada calle 13 A</i>	86
Figura 16. <i>Vista fachada carrera 37</i>	87
Figura 17. <i>Panel solar proyección cubierta</i>	90
Figura 18. <i>Materiales requeridos para la alternativa 2</i>	90
Figura 19. <i>Flujo de caja según Evolti para el retorno de la inversión alternativa 2</i>	91
Figura 20. <i>Pluviosidad mensual año 2021</i>	96

Figura 21. <i>Pluviosidad mensual año 2022</i>	97
Figura 22. <i>Pluviosidad mensual año 2023</i>	98
Figura 23. <i>Precipitación mensual años 2021, 2022 y 2023</i>	99
Figura 24. <i>Vista en Planta Tanque de almacenamiento subterráneo</i>	101
Figura 25. <i>Vista Corte A-A</i>	102
Figura 26. <i>Esquema Estructura analítica del proyecto</i>	107
Figura 27. <i>Estructura analítica del proyecto</i>	108
Figura 28. <i>Cronograma ejecución del proyecto</i>	120

Lista de apéndices

Apéndice A. Plano Arquitectónico Proyecto de Construcción Edificio Ecoeficiente. 135

Resumen

En el presente trabajo se expone un caso de negocio que se enfoca en la planificación de la construcción de un edificio ecoeficiente en la ciudad de Pasto, departamento de Nariño, Colombia. El proyecto pretende optimizar recursos y reducir impactos ambientales y promover la sostenibilidad en la construcción y operación del edificio. El terreno disponible tiene una superficie de 388 m² y se planea construir tres niveles de sótanos subterráneos, un primer piso destinado a locales comerciales y 11 pisos de apartamentos; en tal sentido el propósito de este trabajo de grado es cumplir el objetivo general de planificar el diseño y construcción de un edificio que aplique tecnologías amigables con el medio ambiente para disminuir su impacto ambiental negativo.

Como método se planteó la metodología de marco lógico, la cual permitió proporcionar un marco estructurado y riguroso para la planificación y ejecución de proyectos, lo cual es especialmente relevante en el contexto de la construcción de edificios ecoeficientes debido a la complejidad y los desafíos asociados con este tipo de proyectos. Su enfoque sistemático y participativo ayuda a garantizar que se alcancen los objetivos establecidos de manera eficiente y efectiva, contribuyendo así a la sostenibilidad y al éxito del proyecto.

Palabras Clave: Planificación, construcción, sostenibilidad, impacto ambiental, marco lógico.

Abstract

In this work, a business case is presented that focuses on the planning of the construction of an eco-efficient building in the city of Pasto, department of Nariño, Colombia. The project aims to optimize resources and reduce environmental impacts and promote sustainability in the construction and operation of the building. The available land has an area of 388 m² and it is planned to build three levels of underground basements, a first floor for commercial premises and 11 apartment floors; in this sense, the purpose of this degree work is to fulfill the general objective of planning the design and construction of a building that applies environmentally friendly technologies to reduce its negative environmental impact.

As a method, the logical framework methodology was proposed, which allowed providing a structured and rigorous framework for the planning and execution of projects, which is especially relevant in the context of the construction of eco-efficient buildings due to the complexity and challenges associated with this type of projects. Its systematic and participatory approach helps ensure that established objectives are achieved efficiently and effectively, thus contributing to the sustainability and success of the project.

Keywords: Planning, construction, sustainability, environmental impact, logical framework.

Glosario

Certificación LEED: sistema de evaluación y certificación de edificios sostenibles que califica proyectos en diversas áreas, como el diseño sostenible del sitio, eficiencia energética, gestión del agua, materiales y calidad ambiental interior. (U.S. Green Building Council, 2019).

Ecoeficiencia: estrategia de gestión que combina la eficiencia económica con la sostenibilidad ambiental, promoviendo la producción de bienes y servicios con menos recursos y menor impacto ambiental. Implica la optimización del uso de energía, agua y materias primas, así como la reducción de emisiones y desechos. (Schmidheiny, S. 1992).

Eficiencia energética: medida del uso óptimo de la energía en sistemas y procesos para realizar una función específica con el mínimo consumo de energía posible, sin sacrificar la calidad o el rendimiento. Se busca reducir la demanda energética mediante la adopción de tecnologías eficientes. (International Energy Agency, 2018).

Energías renovables: fuentes de energía que provienen de recursos naturales que se regeneran constantemente, como el sol, el viento, el agua, la biomasa y la geotermia. Estas energías tienen un impacto ambiental reducido en comparación con los combustibles fósiles. (REN21, 2020).

Gestión de proyectos de construcción: conjunto de prácticas que permiten la planificación, coordinación y control de todos los aspectos de un proyecto de construcción desde su inicio hasta su finalización. (Walker, A, 2015).

Gestión de residuos: conjunto de procedimientos que buscan minimizar la generación de residuos mediante su reducción, reutilización y reciclaje. Incluye el manejo adecuado de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final para proteger el medio ambiente. (Williams, P. T., 2015).

Huella de carbono: medida que representa la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. Se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). (Wiedmann, T., & Minx, J., 2008).

Marco lógico: metodología de planificación y gestión de proyectos que organiza las actividades en una estructura coherente, basada en objetivos, resultados, actividades y recursos. Permite una evaluación clara del progreso y la efectividad del proyecto. (European Commission, 2004).

Materiales ecológicos: materiales de construcción que tienen un menor impacto ambiental, ya sea porque son reciclados, reutilizables, biodegradables o provienen de recursos renovables. Su producción y uso reducen las emisiones de carbono y el consumo de energía. (Kibert, C. J, 2012).

Paneles solares fotovoltaicos: dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas. Son una de las tecnologías más comunes para aprovechar la energía solar y reducir la dependencia de combustibles fósiles. (International Renewable Energy Agency, 2017).

Sistemas de reutilización de agua: tecnologías que permiten recolectar, tratar y reutilizar aguas grises o pluviales para reducir el consumo de agua potable en edificios, por ejemplo, para riego o descarga de inodoros. (United States Environmental Protection Agency, 2012).

Sostenibilidad: enfoque que busca equilibrar el desarrollo económico, la protección del medio ambiente y la equidad social, asegurando que las necesidades actuales se cumplan sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. (World Commission on Environment and Development, 1987).

Materiales de construcción sostenibles: Insumos que se utilizan en la construcción y que tienen un bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida, como madera certificada, hormigón reciclado y acero reutilizable. (Kibert, C. J, 2016).

Introducción

En la ciudad de Pasto, en el departamento de Nariño, la industria de la construcción ha emergido como un factor primordial en la economía local. El notable auge de esta actividad ha generado un crecimiento físico que ha sorprendido a la ciudad misma y a sus habitantes y autoridades locales, evidenciando la falta de preparación para enfrentar tal expansión. Según cifras estadísticas recientes, en los últimos 10 años se han erigido 14,459 nuevas viviendas, lo que representa aproximadamente el 35% del actual paisaje urbano de la capital nariñense. Sin embargo, la actividad constructora se ha visto amenazada de forma indirecta por el constante riesgo de reactivación del volcán Galeras que han puesto en debate las recomendaciones de expansión urbana.

La construcción Ecosostenible se ha convertido en un imperativo en las últimas décadas, debido a los crecientes desafíos medioambientales que enfrenta el planeta. En un escenario global donde el cambio climático, la escasez de recursos y la contaminación son problemas críticos, el sector de la construcción emerge como uno de los principales contribuyentes a estos fenómenos. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el sector de la construcción y operación de edificios es responsable de aproximadamente el 38% de las emisiones globales de CO₂ y consume cerca del 35% de la energía producida a nivel mundial. (PNUMA, 2022). Este contexto subraya la necesidad de adoptar soluciones que no solo mitiguen estos impactos, sino que también promuevan la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones. En respuesta a este reto, el concepto de *ecoefficiencia* ha ganado relevancia en la industria de la construcción. La ecoeficiencia busca optimizar el uso de recursos como el agua y la energía al mismo tiempo que se minimizan los residuos y las emisiones contaminantes, todo ello sin comprometer la funcionalidad ni el confort de los usuarios. En este sentido, el presente proyecto

para la construcción de un edificio ecoeficiente en la ciudad de Pasto, Nariño, Colombia, pretende servir como un modelo a seguir, al integrar estrategias avanzadas para la reducción de la huella ambiental durante las fases de construcción y operación. del edificio. La ciudad de Pasto, ubicada en el suroccidente colombiano, cuenta con condiciones climáticas y geográficas que la hacen propicia para la implementación de tecnologías sostenibles. Por ejemplo, su ubicación cercana a la línea ecuatorial proporciona una abundante radiación solar, lo que facilita el uso de sistemas de energía solar. Además, las frecuentes precipitaciones en la región permiten aprovechar el agua de lluvia como recurso para diversas actividades en el edificio, tales como el riego de jardines, la limpieza de áreas comunes o incluso el suministro a sanitarios, reduciendo el consumo de agua potable. El proyecto se desarrollará en un lote de 388 m² y constará de tres niveles de sótanos subterráneos, un primer piso destinado a locales comerciales y diez pisos de apartamentos residenciales. Para maximizar la sostenibilidad del proyecto, se propone la instalación de paneles solares para la generación de energía eléctrica y un sistema de recolección de aguas lluvias para su reutilización en las zonas comunes. Este enfoque permitirá reducir significativamente el consumo de energía y agua, disminuyendo los costos operativos a largo plazo y promoviendo un estilo de vida más consciente y responsable.

A nivel metodológico, el proyecto se enmarca en las Buenas Prácticas de Marco Lógico, un enfoque que facilita la planificación, ejecución y evaluación de proyectos de manera estructurada y eficiente que permite identificar claramente los objetivos, actividades, recursos y riesgos asociados con el proyecto. En el caso del edificio ecoeficiente, el Marco Lógico permitirá asegurar que cada etapa del proyecto esté alineada con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia, además de ofrecer una herramienta útil para el monitoreo y la evaluación continua.

El impacto potencial de este proyecto trasciende los beneficios inmediatos para los futuros residentes y comerciantes. La construcción de este edificio ecoeficiente en Pasto podría sentar un precedente importante para el desarrollo de futuras construcciones sostenibles en la región y el país, dado que Colombia ha suscrito compromisos internacionales en materia de sostenibilidad, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, proyectos como este son fundamentales para contribuir al cumplimiento de estas metas, en particular en lo que respecta a la energía asequible y no contaminante (ODS 7) y la acción por el clima (ODS 13).

1. Aspectos contextuales

La construcción de edificaciones en Colombia, en el país históricamente ha sido un eje básico para la economía y una importante fuente de empleo, en la siguiente figura se ve el comportamiento del sector en los últimos 6 años y en el primer trimestre del 2024.

Figura 1. PBI edificador últimos 6 años



Adaptado de DANE- CAMACOL Años 2018 a 2024.

Analizando las estadísticas se observa que, aunque la construcción de edificaciones tuvo una caída estrepitosa post pandemia, una redención súbita en los años 2021 y 2022, y una contracción del 5% en el 2023, (Camacol, 2023) ya se presenta un proceso de recuperación en los primeros meses de este año, pero dada la importancia para la estabilización económica del país se hace necesaria su reactivación e impulso, tanto por parte de la esfera empresarial como de la política estatal.

Ambientalmente, la construcción de edificaciones ha representado incrementos en el consumo de agua, energía, madera, pétreos entre otros, y aumentos en la generación de Gases

Efecto Invernadero, residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales; los GEI en el mundo se han incrementado un 70 % en los últimos 50 años y las edificaciones contribuyen con más del 30 % de emisiones (PNUMA, 2009) en cuanto a Colombia la construcción genera el (15 %) (*IDEAM 2016*). Pero este panorama ha mejorado en los últimos años debido a la implementación de políticas públicas que benefician al medio ambiente, plasmadas desde el 2017 en el CONPES 3919 (Política Nacional de Edificaciones sostenibles) y siguiendo dichos lineamientos, con el proyecto Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono, de la Eficiencia Energética a la Descarbonización, surgido desde Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, cuya meta es que al año 2030 las edificaciones nuevas sean carbono neutrales, y que las ya existentes alcancen esta característica de sostenibilidad al 2050.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, la gerencia de AVC Inmobiliaria y Constructora, observa que el panorama para la construcción de edificaciones en Colombia es retador, pero así mismo constituye una oportunidad de negocio, que además de ganancias económicas, mediante la innovación en la implementación de tecnologías ecoeficientes y prácticas constructivas en la ciudad de Pasto departamento de Nariño, que puede servir como ejemplo y referencia para futuros proyectos urbanos en la ciudad y región, contribuyendo al país no solo a nivel local, sino también nacional e internacional en el cumplimiento de las metas del actual gobierno, y los pactos establecidos en la agenda 2030 de las Naciones Unidas, con respecto a 4 de los 17 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) como lo son:

- Objetivo 8, promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9, pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

- Objetivo 11, lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 13, adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio

Con el panorama anteriormente expuesto AVC Inmobiliaria y Constructora, junto con sus socios estratégicos evidencian que pueden aprovechar las siguientes oportunidades.

- En el momento, se cuenta con cuatro casas antiguas en un sector de la ciudad de Pasto, Nariño, Colombia; privilegiado por la cercanía de establecimientos educativos, centros médicos, comerciales y financieros, logrando un área suficiente para poder realizar un proyecto de edificación que permitan generar valor, que potencialmente mejoraran la calidad de vida de los inversionistas, clientes y su entorno medio ambiental.

Su ubicación se observa en la siguiente figura:

Figura 2. *Ubicación geográfica predio*



Adaptado de Ubicación de Pasto (Portalturismo-vivedigitalnario, s.f) y Google maps.

Actualmente en los predios existen cuatro construcciones mixtas de dos pisos, usados para actividad comercial y vivienda.

Figura 3. *Ubicación propiedad*



Nota: La figura muestra la ubicación estratégica del predio en la calle 13A # 36-41

- En el sector no hay suficientes unidades residenciales, por lo que se requiere proveer una solución de vivienda a estudiantes y para los que buscan oportunidades de negocio, se proyecta la venta de locales modernos, atractivos y muy bien ubicados que generaran beneficios comerciales y económicos.
- Con la arquitectura y construcción del Edificio, se puede proveer de soluciones de vivienda que brinde una excelente calidad de vida y eficiencia energética y de recursos hídricos de los clientes y su entorno, minimizando costos, contaminación y huella de carbono durante su construcción y operación, mediante la utilización de energías renovables para el autoconsumo.
- Con este proyecto la empresa sería pionera en el Departamento de Nariño, lograría el posicionamiento de marca y serviría de referente en innovación constructiva y optimización de recursos naturales.

Después de analizar las oportunidades y los recursos en predios, capacidad técnica y operativa, AVC Inmobiliaria y Constructora plantea este caso de negocio consistente en la planificación de la construcción de un edificio ecoeficiente, implicando la optimización de recursos, la reducción de impactos ambientales y la promoción de la sostenibilidad en la construcción y operación de la edificación a ubicarse en el mejor sector de la ciudad de Pasto, el área del lote es de 388 m², en los cuales se construirá, tres niveles de sótanos subterráneos, primer piso de locales y once pisos de apartamentos.

La planificación de este edificio se desarrollará siguiendo las buenas prácticas de gestión de proyectos y el enfoque de Marco Lógico.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Planificar el diseño y construcción de un edificio que cumpla con estándares sostenibles y reduzca significativamente su impacto ambiental, promoviendo acciones ecoeficientes en la construcción y operación, implementando para el proyecto las buenas prácticas de gestión de proyectos del Marco Lógico, en un plazo de 6 meses.

2.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un Plan de Diseño y Construcción Ecoeficiente que incluya la incorporación de tecnologías y estrategias amigables con el medio ambiente, asegurando la máxima eficiencia energética y la reducción de residuos en la construcción.

2. Establecer un sistema de monitoreo y control que permita evaluar y optimizar continuamente el rendimiento ecoeficiente del edificio durante su ciclo de vida operativo.
3. Implementar la metodología del Marco Lógico, mediante la aplicación sistemática de sus herramientas, con el fin de optimizar la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto.

3. Descripción institucional

La empresa que desarrollará el proyecto es AVC Inmobiliaria y Constructora, es una empresa ubicada en Pasto Nariño, creada en marzo de 2017, dedicada al desarrollo, gestión y comercialización de bienes raíces. Esta compañía suele participar en todas las etapas del ciclo inmobiliario, desde la adquisición de terrenos hasta la construcción y comercialización de proyectos inmobiliarios.

Características clave.

- **Desarrollo Integral:** esta empresa no solo construye edificaciones, sino que también puede estar involucrada en la planificación y diseño de proyectos, desde viviendas residenciales hasta complejos comerciales o industriales.
- **Gestión de Proyectos:** coordina y supervisa todas las fases de la construcción, asegurando la calidad y el cumplimiento de plazos.
- **Venta y Marketing:** además de la construcción, se dedica a la comercialización de propiedades, ya sea para la venta o el alquiler. Esto implica estrategias de marketing y ventas efectivas.

- Inversiones Inmobiliarias: puede participar en inversiones inmobiliarias, identificando oportunidades en el mercado y gestionando carteras de propiedades.
- Cumplimiento Normativo: cumple con las regulaciones y normativas locales relacionadas con la construcción y la propiedad inmobiliaria.
- Adaptación a Tendencias del Mercado: está atenta a las tendencias del mercado, como la sostenibilidad y la tecnología, para adaptarse a las demandas cambiantes.
- Financiamiento: gestionan o facilitan el financiamiento para proyectos, ya sea a través de recursos propios o asociaciones con entidades financieras.

En resumen, AVC Inmobiliaria y Constructora es una entidad versátil que juega un papel integral en el desarrollo, construcción y comercialización de propiedades, adaptándose a las dinámicas del mercado y las necesidades de los clientes.

3.1. Misión

Lograr los clientes de AVC Inmobiliaria y Constructora queden satisfechos con las oportunidades que les brindan sus inmuebles, implementando procesos de sostenibilidad e innovación en metodologías y técnicas que permitan optimizar los recursos físicos, financieros y humanos de la empresa.

3.2. Visión

La visión de AVC Inmobiliaria y Constructora es que en el año 2030 será una empresa reconocida en todo el departamento de Nariño, siendo referente de servicios integrales en el sector inmobiliario.

3.3. Estructura organizativa

A continuación, se presenta la estructura organizacional básica de la empresa

Figura 4. Organigrama AVC Inmobiliaria y Constructora.



Nota: la figura muestra la estructura organizativa básica de la inmobiliaria AVC, que define su composición y forma de funcionamiento

3.4. Servicios

Aquí se muestran los proyectos más representativos ejecutados por AVC Inmobiliaria y Constructora:

Tabla 1. *Proyectos representativos por AVC Inmobiliaria y Constructora*

Estudio de suelos, diseño arquitectónico estructural y eléctrico, para la construcción la Casa de campo en el conjunto cerrado La Estancia (Chachagüí (Nariño)).



Estudio de suelos, diseño arquitectónico y estructural, para la construcción la ampliación del supermercado Mercacentro (La Unión - Nariño)



Diseño arquitectónico y estructural, supervisión en la ampliación de la bodega la Palmita (La Unión -Nariño)

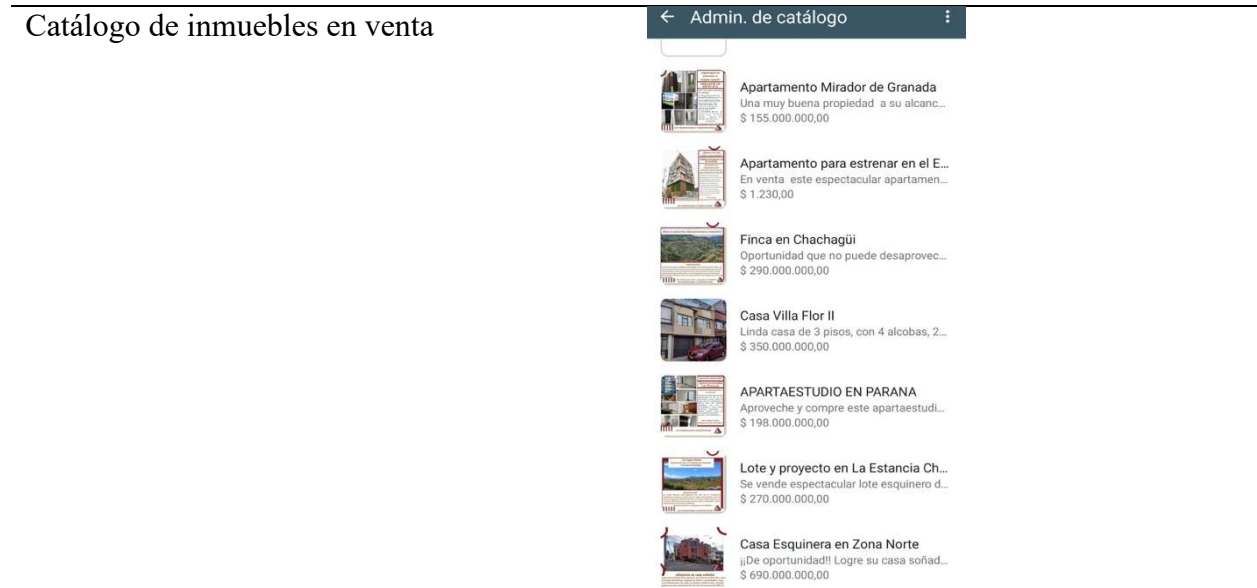


Diseño arquitectónico, estructural, hidrosanitario y construcción de la casa de campo Villa Elenita (Chachagüí Nariño).



Construcción del Edificio Sinergia, Pasto Nariño.





Adaptado de archivos AVC Inmobiliaria y Constructora 2024.

Adicionalmente, la empresa tiene contratos de administración de siete apartamentos, tres locales y tres oficinas.

4. Marco referencial

En esta sección se exponen los fundamentos del marco legal y conceptual que cimientan la formulación del proyecto. Se incorporan además las normativas y regulaciones ambientales vigentes, así como estándares de certificación reconocidos en la industria de la construcción ecoeficiente. Este marco referencial se estructura para garantizar la alineación del proyecto con los principios de sostenibilidad y eficiencia energética, en línea con los objetivos delineados por el Marco Lógico, con el propósito de asegurar la viabilidad y el éxito del proyecto a largo plazo.

4.1 Marco conceptual

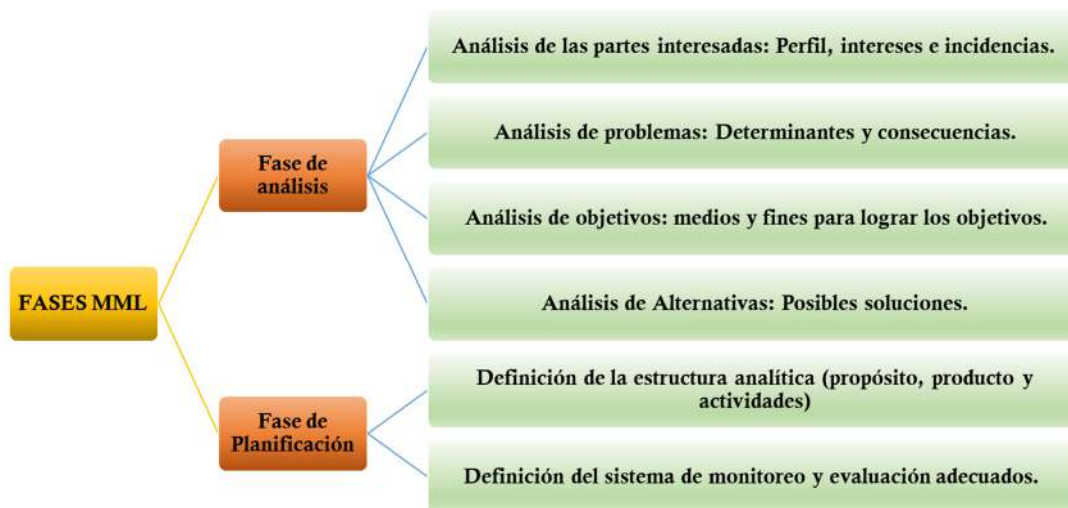
A continuación, se muestran los conceptos fundamentales para el desarrollo del proyecto vinculados con el objetivo general:

4.1.1 Metodología del Marco lógico

El marco lógico es una herramienta que permite aportar a los procesos de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de los proyectos, empleándose en todas sus etapas, desde la identificación y valoración de las actividades en el marco de programas, en la identificación y valoración del diseño de manera sistemática y lógica, en la aprobación de proyectos, seguimiento y evaluación del progreso y desempeño del mismo (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2005).

La metodología del marco lógico está compuesta en dos fases como se muestra en la siguiente figura

Figura 5. Fases y elementos de la Metodología del Marco Lógico.



Adaptado de State Secretariat for Economic Affairs SECO Swiss Confederation (2018).

4.1.2 Matriz de Marco Lógico

Es una herramienta que permite presentar de forma lógica y sistematizada todos los objetivos, el seguimiento y evaluación de un proyecto y sus relaciones de causalidad. Como se muestra en la siguiente Tabla.2, la Matriz de Marco Lógico posee la siguiente información:

Tabla 2. *Estructura matriz marco lógico*

ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE MARCO LÓGICO			
Resumen de los objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin			
Propósito			
Componentes			
Actividades			

Adaptado del área de proyectos y programación de Inversiones, Ilpes (2005).

Según lo relaciona Moreno y Vargas (2022), en la aplicación de la Metodología del Marco Lógico para su trabajo de grado, en esta matriz se puntualiza la siguiente información:

- La jerarquía de los objetivos: en el cual se traza la finalidad, propósito, componente y actividades de las fases del proyecto.
- Indicadores: donde se relaciona la representación de la medición de los elementos de la jerarquía de los objetivos.
- Medios de verificación: evidencias de cumplimiento de los elementos de la jerarquía de los objetivos.
- Supuestos: relacionados con los factores internos y externos que podrías constituirse como riesgos potenciales que pueden llegar a afectar el proyecto con una probabilidad de ocurrencia inmediata (Moreno Méndez & Vargas Suarez, 2022).

4.1.3 Viviendas Ecoeficientes

Las construcciones ecoeficientes se caracterizan por ser diseñadas de manera sostenible, utilizando materiales y tecnologías que minimizan su impacto ambiental y optimizan su eficiencia energética. Estas viviendas se construyen considerando aspectos clave como la gestión de residuos, que implica la reutilización y el reciclaje de materiales, así como el uso responsable del agua

mediante la recolección y almacenamiento de agua lluvia en depósitos para su posterior reutilización. Además, se enfocan en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las viviendas ecoeficientes no solo contribuyen a la preservación del medio ambiente, sino que también ofrecen beneficios económicos y de salud para sus habitantes. Al ser más eficientes en el consumo de energía, reducen significativamente los costos de los servicios públicos. Además, al estar construidas con materiales de alta calidad, se reduce el riesgo de enfermedades asociadas con la calidad del aire, creando así un entorno más saludable y confortable para sus ocupantes (CityPisos, 2023).

4.1.4 Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible se refiere a toda mejora en la calidad de vida humana que se logra sin exceder las capacidades de carga de los ecosistemas que la sustentan. Esto implica que el ser humano busca su supervivencia de manera autónoma, sin comprometer la explotación irresponsable de los recursos naturales. Según Madroñero y Hernández (2018) en su artículo "Desarrollo sostenible: aplicabilidad y tendencias", el desarrollo sostenible no debería ser simplemente un concepto teórico, sino una acción concreta que requiere la participación de políticos, científicos, investigadores y la población en general.

Para lograr el desarrollo sostenible, es fundamental que se establezcan estrategias integrales que involucren a todos los sectores de la sociedad. Esto implica una profunda comprensión y apropiación del territorio, promoviendo un uso y consumo más responsable de los recursos naturales. Se hace necesario impulsar prácticas que permitan aprovechar los bienes y servicios ambientales de manera equitativa, garantizando así una mejor calidad de vida y oportunidades para las generaciones presentes y futuras (Madroñero Palacios & Guzman Hernandes, 2018).

4.1.5 Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)

Fundado en 2008, es una entidad sin ánimo de lucro que desempeña un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad en el sector de la construcción en Colombia. Su misión central es fomentar prácticas constructivas que respeten el medio ambiente, optimicen el uso de recursos y promuevan la salud y seguridad en los entornos construidos (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2023). Entre sus funciones destacan la promoción de buenas prácticas, la certificación de proyectos bajo estándares nacionales e internacionales y la capacitación de profesionales del sector a través de talleres y seminarios (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. 2023). Además, el CCCS desarrolla y actualiza normativas y guías técnicas que facilitan la integración de la sostenibilidad en los procesos de diseño y construcción (CCCS, 2022). La organización también impulsa la investigación e innovación en tecnologías y métodos constructivos que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la eficiencia de los recursos (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. 2024). El CCCS organiza eventos, congresos y ferias que reúnen a actores clave del sector para compartir conocimientos y avanzar en la adopción de prácticas sostenibles (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2023). A través de su trabajo, el CCCS ha logrado posicionarse como un líder en la transformación del sector de la construcción en Colombia, alineando las prácticas locales con los estándares internacionales de sostenibilidad ((Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2023). Esta labor contribuye significativamente a la construcción de un entorno construido más saludable y eficiente, promoviendo una industria que respete tanto al medio ambiente como a las comunidades que habitan estos espacios.

4.2 Marco Legal

En Colombia se ha promulgado en las últimas décadas reglamentar la sostenibilidad en pro de la construcción de un mejor país, en los cuales se apoya a los proyectos ambientales con herramientas que permitan definir propuestas de manejo de problemas de construcciones urbanas y rurales, relacionados con el uso del suelo, agua, energía y residuos sólidos, durante el desarrollo de las etapas (ciclo de vida) partiendo desde la planificación , seguido del diseño, luego construcción y el uso de vivienda. Lo anterior permitiendo la protección del medio ambiente, salud y por ende mejora en la calidad de vida de la población.

Según la “Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se destaca la guía para el ahorro de agua y energía en las construcciones; por otro lado, la Norma Técnica Colombiana (NTC 6112 de 2016, Sello Ambiental Colombiano) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establecen criterios y directrices ambientales de diseño y construcción de obras destinadas a vivienda. Sin embargo, estas acciones no forman un criterio sostenible que concluya en frenar los retos ambientales que se plantea en el crecimiento verde” (Ministerio de Vivienda, 2015).

El Ministerio de Minas y Energía ha progresado estratégicamente en la producción y el consumo de energía mediante la regulación y puesta en marcha de la Ley 1715 de 2014. Esta ley establece incentivos fiscales para la incorporación de fuentes de energía renovable no convencionales en el sistema energético nacional. En 2021, esta ley fue modificada y complementada por la Ley 2099 de 2021, que impulsa la transición energética, dinamiza el mercado y fomenta el desarrollo de fuentes renovables de energía. La nueva ley promueve la integración de estas fuentes en el mercado eléctrico, mejorando la prestación de servicios públicos y los usos energéticos necesarios para el desarrollo sostenible. (Soto Rincón, 2021)

En el marco de las acciones y medidas para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) se encuentra la Resolución 585 de 2017 de la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME (Gestor Normativo, 2017). Esta normativa establece el procedimiento para evaluar los proyectos de eficiencia energética y gestión eficiente de la energía que buscan acceder a beneficios tributarios. En la misma línea, la Resolución 1988 de 2017, firmada por los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minas y Energía, y Hacienda y Crédito Público, especifica que las solicitudes para proyectos de eficiencia energética deben presentarse ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para ser consideradas para la exclusión del impuesto sobre las ventas (IVA).

En relación a los criterios ambientales para materiales de construcción el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolló una guía de compra y consumo responsable de la madera, así como los criterios ambientales para la construcción de vivienda, en los cuales se pauta los lineamientos necesarios para el uso de la energía, agua, suelo y materiales de construcción, contemplando las fases de planeación partiendo desde el diseño, construcción, uso y mantenimiento, acciones técnicas, beneficios, aplicabilidad hasta los actores institucionales. Asimismo, con el objetivo de proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural, así como de mejorar la calidad y gobernanza ambiental mediante la reducción de la deforestación, se establece la promoción de la legalidad en la oferta y demanda de productos maderables a través de la implementación del Pacto Intersectorial por la Madera Legal.

En cuanto a los residuos sólidos generados por actividades humanas, la Resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define los lineamientos para la gestión integral de estos residuos, priorizando actividades de reducción y prevención mediante la formulación e implementación de programas de manejo ambiental (Minambiente, 2017). Por su

parte, el documento CONPES 3874, "Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos", aprobado en 2016, busca implementar todas las medidas necesarias para prevenir la generación de residuos y reducir su disposición final a través de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de estos. Además, este documento establece la realización de un estudio para identificar el flujo de residuos orgánicos e inorgánicos relevantes en el país, con el fin de implementar sus recomendaciones para 2021 (Consejo Nacional De Política Económica Y Social CONPES, 2016).

Por otra parte, en temas de desarrollo urbano y suelo, las edificaciones generan impactos negativos al ambiente desde su construcción hasta su entorno y ubicación con relación al contexto urbano y rural. La ley 388 de 1997 estableció como reglamento que todos los municipios deben formular sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT) orientados al desarrollo del territorio bajo su jurisdicción, transformación y ocupación del espacio con relación al medio ambiente. Según esta ley se reconoce como importancia todas las directrices y actividades como base para el sector de la construcción fundamentadas en el desarrollo territorial, a través de la definición de acciones y estrategias que involucran la implementación de criterios de sostenibilidad en un entorno físico urbano o rural de las edificaciones (Gestor Normativo, 1997).

Desde el Departamento Nacional de Planeación-DNP se han formulado programas y estrategias de inclusión sostenible en proyectos de infraestructura en donde se engloba el sector de la edificación. Entre las propuestas del DNP están los proyectos tipo del Sistema General de Regalías (SGR), que promueve lineamientos de sostenibilidad bajo la resolución 3348 de 2016, que establece los criterios de construcción sostenible.

En Colombia la construcción sostenible está regulada por el CONPES 3919 DE 2018: Política Nacional para el fomento de la construcción de edificaciones sostenibles, la cual busca

impulsar el crecimiento de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de proyectos de edificación, por medio de la transición, seguimiento y control de incentivos financieros los cuales permitan implementar iniciativas de construcción sostenible con un horizonte amplio (Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, 2018).

La Ley 1931 de 2018 en Colombia proporciona un marco legal para abordar el cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la mejora de la adaptación del país a sus impactos. Esta legislación impulsa la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, y facilita el acceso a financiamiento para proyectos pertinentes. Además, establece el Sistema Nacional de Cambio Climático y el Consejo Nacional de Cambio Climático para asegurar la coordinación efectiva de políticas y acciones. La ley requiere supervisión y el informe continuo sobre los avances en cuanto a mitigación y adaptación al cambio climático (Ley 1931 de 2018, Colombia. (2018). *Ley de cambio climático*).

La Ley 2169 de 2021 en Colombia establece metas y medidas para impulsar el desarrollo bajo en carbono y resiliencia climática, en línea con los compromisos internacionales frente al cambio climático. En su artículo 6, establece las metas nacionales de adaptación al cambio climático a 2030 y en cuanto al Sector Vivienda, Ciudad y Territorio se propone “incorporar la adaptación al cambio climático en los instrumentos territoriales, a través del desarrollo de lineamientos, herramientas y criterios que orienten la gestión de la adaptación en el sector. La ley define los pilares de la transición a la carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono, fomentando una transición económica hacia la carbono neutralidad esencial para fortalecer el aparato productivo y mejorar la competitividad tanto a nivel nacional como internacional. Esta transición ayudará a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y

promoverá la adopción de tecnologías limpias. Al mismo tiempo, garantizar los derechos humanos en las acciones climáticas para abordar las desigualdades que el cambio climático exacerba. También es imperativo proteger selvas y bosques y detener la deforestación, implementando medidas de sostenibilidad para alcanzar la carbono neutralidad y la resiliencia climática. El papel de los jóvenes en la protección ambiental debe ser reconocido y fortalecido, y se deben definir metas educativas que capaciten a las nuevas generaciones en la mitigación del cambio climático, la conservación de la biodiversidad y el cuidado de los recursos hídricos. Otro aparte importante de esta ley es el artículo 9, en el cual el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en colaboración con las entidades nacionales y territoriales competentes, establece los instrumentos de planificación sectoriales y territoriales, tanto los existentes como los futuros, las acciones orientadas a alcanzar las metas nacionales de mitigación. Además, enfatiza en asegurar las condiciones necesarias para implementar y avanzar en la consolidación de las medidas mínimas como promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la expansión de la cobertura en la gestión de aguas residuales domésticas y la optimización del biogás, aprovechando su quema y/o utilización en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) equipadas con tecnologías anaerobias.

Además, definir criterios para el desarrollo urbano sostenible de los suelos de expansión, que faciliten la integración con el espacio público, las áreas protegidas urbanas y periurbanas, el drenaje pluvial y el manejo de aguas residuales.

Con este plan de proyecto de construcción, se sigue los lineamientos del numeral 8, en cuanto a que se debe “Promover edificaciones sostenibles, mediante la implementación de estrategias para el uso eficiente del agua y la energía en las edificaciones nuevas del país”.

4.3 Marco Normativo

En el sector de las edificaciones a nivel nacional y territorial, existen dos instrumentos de política para edificaciones sostenibles y una normativa de construcción y uso eficiente de la infraestructura destinada a reducir el consumo energético y de agua. El Decreto 1285 de 2015, que modificó el Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015 del sector Vivienda, Ciudad y Territorio, estableciendo lineamientos generales y específicos para la construcción de edificaciones sostenibles, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante prácticas de responsabilidad social y ambiental. Ahora bien, en relación con el ahorro del agua y energía en edificaciones se debe como mínimo contener los siguientes cinco aspectos (Gestor Normativo, 2015):

- Porcentajes obligatorios de ahorro de agua y energía establecidos según el clima y el tipo de edificación.
- Sistema de aplicación para el territorio según el número de habitantes por municipio.
- Procedimientos para la certificación de la aplicación de las medidas.
- Herramientas de seguimiento y control a dicha implementación de las medidas.
- Incentivos. Nivel local para las construcciones sostenibles.

Con fundamento el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio adoptó la resolución 0549 de 2015 que expidió la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, y el mapa de clasificación del clima en Colombia para identificar los requisitos según el tipo de piso térmico. Esta normativa es diferencial para las cuatro zonas climatológicas del país (clima frío, templado, cálido seco y cálido húmedo), de obligatoriedad para edificaciones de diferentes usos entre educativas, oficinas comerciales y viviendas, a excepción de las VIS Y VIP (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015). Para el año 2016 la Agencia de los

Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) como un insumo para el Ministerio de Vivienda, adelantó un estudio detallado con el fin de determinar la posible reducción de emisiones de la guía de construcción sostenible, arrojando como resultado un 31.1% de reducción de emisiones generadas por el consumo de energía en la construcción de edificaciones nuevas, lo que justificó la necesidad de implementación de las medidas sugeridas en Resolución.

En 2014 se publicó el Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500 de 2014), el cual sirve como guía para el uso racional del agua mediante tecnologías ahorradoras. Este código establece los requisitos mínimos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del agua potable, los sistemas de desagüe de aguas negras y pluviales, los sistemas de ventilación, y los dispositivos asociados. Además, da directrices para las instalaciones hidráulicas para garantizar la seguridad, salud y bienestar en la construcción, instalación, modificación, reparación, reubicación y mantenimiento de estas.

Ahora bien, en cuanto a los criterios ambientales para materiales de construcción, se relaciona la Norma Técnica Colombiana (NTC) 6112 del 2016 que establece directrices ambientales para el diseño y construcción de edificaciones con uso diferente a vivienda, comprendiendo los fundamentos para las etapas de diseño, construcción, uso y el aprovechamiento final de las edificaciones.

Además, en 2012 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolló una guía ambiental para diseñar y construir vivienda urbana. Esta guía abarca todos los lineamientos ambientales para las fases de diseño, construcción, uso y mantenimiento, incluyendo descripciones, acciones técnicas, beneficios, normativa, e identificación de incentivos y actores institucionales. Asimismo, promueve la protección y el uso sostenible del capital natural junto con

la gobernanza ambiental, destacando la reducción de la deforestación y fomentando la legalidad en la oferta y demanda de productos maderables.

4.3.1 Certificación LEED

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental) es un estándar globalmente reconocido en la construcción sostenible, promovido por el U.S. Green Building Council (USGBC). La sostenibilidad en la construcción es crucial para mitigar el impacto ambiental y promover el bienestar de las comunidades. La certificación LEED se ha establecido como un marco integral que guía a los profesionales de la construcción hacia la creación de edificios más eficientes y ecológicos.

La certificación LEED fue creada en 1998 por el U.S. Green Building Council (USGBC) en respuesta a la creciente necesidad de un estándar que pudiera evaluar y certificar edificios sostenibles. La primera versión de LEED, conocida como LEED v1.0, fue un prototipo que sentó las bases para las futuras versiones. Con el tiempo, LEED se ha actualizado para reflejar los avances tecnológicos y las mejores prácticas en sostenibilidad, consolidándose como una referencia global en la construcción ecológica.

Desde su creación, la Certificación LEED ha pasado por varias revisiones importantes resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 3. *Evolución de las Versiones de LEED*

Versión	Año	Características Clave	Impacto en la Industria
LEED v1.0	1998	Prototipo inicial, estableció las bases de los créditos LEED	Introducción de conceptos básicos de sostenibilidad
LEED v2.0	2000	Estructura más clara, mayor adopción en EE.UU.	Primeros edificios certificados
LEED v2.2	2005	Criterios más rigurosos, aplicabilidad expandida	Incremento en la adopción global

Versión	Año	Características Clave	Impacto en la Industria
LEED 2009	2009	Simplificación del proceso, introducción de Prioridad Regional	Foco en mercados internacionales
LEED v4	2013	Nuevos estándares de sostenibilidad, enfoque internacional	Establecimiento como estándar global
LEED v4.1	2019	Mayor flexibilidad, adaptabilidad a nuevos mercados, mejoras en usabilidad	Crecimiento en mercados emergentes

Adaptado de USGBC (2023)

4.3.1.1 Categorías de Evaluación. El sistema de evaluación LEED se compone de categorías que abordan aspectos de la sostenibilidad en la construcción. Cada categoría está diseñada para fomentar la implementación de estrategias que mejoren la eficiencia energética, la gestión de recursos, y la salud de los ocupantes.

- Sitios Sostenibles (SS): esta categoría de Sitios Sostenibles se enfoca en la elección del sitio y el diseño del entorno construido para minimizar el impacto en los ecosistemas y promover la conectividad con el entorno natural. Los proyectos pueden ganar puntos por medidas como:
 - a. Desarrollo en sitios previamente urbanizados: reduce el impacto ambiental de la construcción en terrenos vírgenes.
 - b. Control de la erosión y sedimentación: protege los recursos hídricos locales durante la construcción.
 - c. Infraestructura verde y reducción de la huella de carbono: Incluye techos verdes y pavimentos permeables que ayudan a gestionar el agua de lluvia y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Wang et al., 2018).
- Eficiencia en el Uso del Agua (WE): esta categoría incentiva la reducción del uso de agua a través de Paisajismo eficiente mediante el uso de plantas nativas que requieren menos agua; tecnologías de riego inteligente como sistemas que ajustan automáticamente el riego

según las condiciones meteorológicas; plomería de bajo flujo, la instalación de grifos, inodoros y duchas que consumen menos agua (Sharma, 2019).

- **Energía y Atmósfera (EA):** la eficiencia energética es central en LEED, y esta categoría fomenta la optimización del rendimiento energético mediante el diseño de sistemas HVAC y envolventes de edificios que reducen el consumo energético; energía renovable con la instalación de sistemas solares, eólicos u otras fuentes de energía renovable; y el monitoreo continuo del consumo energético como sistemas de gestión energética que permiten a los propietarios controlar y ajustar el uso de energía (USGBC, 2023).
- **Materiales y Recursos (MR):** esta categoría se enfoca en la gestión sostenible de materiales y residuos, como su selección de materiales con contenido reciclado o provenientes de fuentes responsables; la gestión de residuos con programas de reciclaje y reducción de desechos durante la construcción y operación del edificio; por último, el análisis del impacto ambiental de los materiales durante todo su ciclo de vida (Rios, 2020).
- **Calidad del Ambiente Interior (IEQ):** el bienestar de los ocupantes es clave, y esta categoría se centra en la calidad del aire interior, mediante sistemas de ventilación que aseguran aire fresco y minimizan contaminantes; iluminación natural y confort visual como un diseño que maximiza el uso de luz natural y mejora la productividad; confort térmico con sistemas de control de temperatura y humedad que mejoran la comodidad de los ocupantes (Al horr et al., 2016).
- **Innovación en el Diseño (ID):** esta categoría reconoce la creatividad en la implementación de soluciones sostenibles que van más allá de los requisitos estándar de LEED. Los puntos en esta categoría pueden obtenerse por desarrollos únicos en sostenibilidad: Como la

integración de tecnologías emergentes; programas educativos, la implementación de programas que educan a los ocupantes sobre prácticas sostenibles.

- **Prioridad Regional (RP):** permite la adaptación de los criterios de evaluación a las necesidades y condiciones específicas de la región, asegurando que los edificios contribuyan al bienestar local además de cumplir con los estándares globales.

Tabla 4. *Comparación de Puntos por Categoría en Proyectos LEED*

Categoría	Edificio (Plata)	A	Edificio (Oro)	B	Edificio (Platino)	C
Sitios Sostenibles (SS)	8		10		12	
Eficiencia en el Uso del Agua (WE)	5		6		8	
Energía y Atmósfera (EA)	12		15		18	
Materiales y Recursos (MR)	6		8		10	
Calidad del Ambiente Interior (IEQ)	8		10		12	
Innovación en el Diseño (ID)	4		5		6	
Prioridad Regional (RP)	3		4		5	
Total, Puntos	46		58		71	

Adaptado de USGBC (2023).

4.3.1.3 Requisitos para la Certificación LEED. El sistema de certificación LEED opera bajo un esquema de puntos, en el que los proyectos deben cumplir con una serie de requisitos previos obligatorios y acumular puntos adicionales a través de diversas prácticas sostenibles. El número total de puntos alcanzados determina el nivel de certificación que puede obtenerse:

Certificación LEED Básica: 40-49 puntos

Certificación LEED Plata: 50-59 puntos

Certificación LEED Oro: 60-79 puntos

Certificación LEED Platino: 80+ puntos

Requisitos Previos: los requisitos previos son criterios mínimos que deben cumplirse para que un proyecto sea elegible para la certificación LEED. Estos requisitos no otorgan puntos, pero son esenciales para garantizar que el proyecto cumpla con los estándares básicos de sostenibilidad.

- **Calidad del Aire Interior (IAQ):** Se requiere que los proyectos minimicen la exposición de los ocupantes a contaminantes nocivos mediante un control efectivo de la calidad del aire interior. Esto incluye la instalación de sistemas de ventilación adecuados y el uso de materiales de construcción con bajas emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) (Al horr et al., 2016).
- **Gestión del Agua:** los proyectos deben demostrar una reducción en el uso de agua potable para riego en al menos un 30% en comparación con un edificio convencional. Esto se puede lograr mediante el uso de plantas nativas y sistemas de riego eficientes (Sharma, 2019).
- **Eficiencia Energética:** se requiere una mejora mínima del 10% en la eficiencia energética del edificio en comparación con un modelo de referencia establecido por el estándar ASHRAE 90.1 (USGBC, 2023).

Puntos Opcionales: además de los requisitos previos, los proyectos pueden acumular puntos adicionales mediante la implementación de estrategias opcionales en varias categorías.

Algunos ejemplos incluyen:

Energía Renovable en Sitio: los proyectos pueden obtener puntos adicionales instalando sistemas de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, que suministren al menos un 1% del consumo total de energía del edificio.

Innovación en el Diseño: los puntos en esta categoría se otorgan por soluciones de diseño innovadoras que exceden los requisitos estándar de LEED. Un ejemplo sería usar sistemas

avanzados de gestión de energía que optimizan automáticamente el consumo según los patrones de uso del edificio.

Gestión de Residuos de Construcción: los proyectos pueden obtener puntos adicionales al desviar al menos un 75% de los residuos de construcción y demolición de los vertederos, mediante la reutilización y el reciclaje de materiales.

4.3.1.4 Desafíos Comunes y Soluciones. Cumplir con los requisitos de LEED puede ser un desafío, especialmente en proyectos ubicados en regiones con limitaciones climáticas, económicas o de infraestructura. A continuación, se detallan algunos desafíos comunes y estrategias para superarlos:

- **Costo Inicial Elevado:** los costos iniciales asociados con la implementación de tecnologías sostenibles pueden ser altos, pero como alternativa de solución se puede aprovechar incentivos gubernamentales y programas de financiamiento que apoyen la construcción sostenible. Además, la reducción en los costos operativos a largo plazo y el aumento en el valor de la propiedad pueden justificar la inversión inicial (Wiley et al., 2010).
- **Disponibilidad de Materiales Sostenibles:** en algunas regiones, puede ser difícil obtener materiales que cumplan con los estándares de LEED, como solución se puede colaborar con proveedores locales para fomentar la producción y distribución de materiales sostenibles. La utilización de materiales reciclados o de origen local también puede contribuir a obtener puntos en la categoría de Materiales y Recursos (Rios, 2020).
- **Clima y Condiciones Locales:** las condiciones climáticas extremas pueden dificultar el cumplimiento de los estándares de eficiencia energética y gestión del agua, la solución es adaptar las estrategias de diseño a las condiciones locales, utilizando tecnologías como

sistemas de refrigeración pasiva, techos verdes, y captación de agua de lluvia para minimizar el impacto del clima en el desempeño del edificio (USGBC, 2023).

Tabla 5. Resumen de Requisitos LEED

Categoría	Requisitos Previos	Puntos Opcionales Ejemplares
Calidad del Aire Interior (IAQ)	Control de COV, Ventilación adecuada	Sistemas avanzados de monitoreo de aire
Gestión del Agua	Reducción del uso de agua potable en riego	Captación de agua de lluvia
Eficiencia Energética	Mejora del 10% en comparación con ASHRAE 90.1	Uso de energías renovables
Materiales y Recursos (MR)	Gestión de residuos durante la construcción	Reciclaje y reutilización de materiales

Adaptado de USGBC (2023).

4.3.1.5 Proceso de Certificación LEED. El proceso de certificación LEED está diseñado para ser riguroso pero flexible, permitiendo que los proyectos adapten las estrategias a sus necesidades específicas mientras cumplen con los estándares globales de sostenibilidad.

- Paso 1. Registro del Proyecto: el primer paso es registrar el proyecto en el sistema LEED en línea, gestionado por el USGBC. Durante esta fase, se paga una tarifa inicial y se accede a las herramientas y recursos necesarios para guiar el proceso de certificación (USGBC, 2023).
- Paso 2. Planificación y Diseño: en esta etapa, el equipo del proyecto elabora un plan que identifica las estrategias sostenibles que se implementarán. Es crucial realizar simulaciones energéticas y ambientales para predecir el desempeño del edificio y asegurarse de que se cumplan los requisitos necesarios.
- Paso 3. Revisión del Diseño: una vez completado el diseño, se presenta una solicitud preliminar para revisión por parte del USGBC. En esta fase, se evalúan los planes y se

otorgan puntos preliminares. Si hay deficiencias, se brinda retroalimentación para que el equipo pueda hacer ajustes antes de continuar con la construcción.

- Paso 4. Construcción y Monitoreo: durante la construcción, es fundamental documentar el proceso y asegurarse de que todas las prácticas sostenibles planificadas se lleven a cabo. Esto incluye la gestión de residuos, la instalación de sistemas de energía y la verificación de que se están cumpliendo los estándares de calidad del aire interior.
- Paso 5. Revisión Final y Certificación: al finalizar la construcción, se presenta una solicitud final para la certificación. El USGBC revisa toda la documentación y, si se cumplen todos los requisitos, se otorga la certificación LEED en el nivel correspondiente. El proyecto recibe una placa oficial y puede comenzar a operar bajo los estándares sostenibles establecidos.

4.3.1.6 Ventajas de la Certificación LEED. La certificación LEED ofrece una variedad de beneficios que justifican la inversión en prácticas sostenibles. Estos beneficios se manifiestan en términos económicos, sociales y ambientales, y pueden proporcionar ventajas competitivas significativas para los propietarios de edificios y desarrolladores.

- Ventajas Económicas: uno de los beneficios más destacados de obtener la certificación LEED es la reducción de los costos operativos a largo plazo. Los edificios certificados LEED son más eficientes en el uso de la energía y el agua, lo que se traduce en ahorros significativos. Además, los edificios LEED tienden a tener una mayor tasa de ocupación y pueden atraer rentas más altas en comparación con los edificios no certificados.
- Ventajas Ambientales: la certificación LEED impulsa la adopción de prácticas que reducen el impacto ambiental, como la disminución de las emisiones de carbono, la conservación del agua y la reducción de residuos. Un estudio de la Agencia de Protección Ambiental de

EE.UU. (EPA) muestra que los edificios LEED pueden reducir las emisiones de CO2 en un 34% en comparación con edificios tradicionales (EPA, 2020).

- **Ventajas Sociales:** la mejora de la calidad del aire interior y la optimización del confort térmico contribuyen al bienestar de los ocupantes, reduciendo el ausentismo y aumentando la productividad. la certificación también puede fortalecer la reputación de una organización como líder en sostenibilidad y responsabilidad social.

Tabla 6. Ventajas Económicas y Ambientales de LEED

Ventaja	Impacto Económico	Impacto Ambiental
Eficiencia Energética	Reducción de costos operativos	Reducción de emisiones de CO2
Gestión del Agua	Ahorro en el consumo de agua	Conservación de recursos hídricos
Materiales Sostenibles	Menores costos a largo plazo (durabilidad)	Reducción de residuos y uso de recursos
Calidad del Ambiente Interior	Aumento en la productividad y salud de ocupantes	Mejora de la calidad del aire interior

Adaptado de USGBC (2023), EPA (2020).

4.3.1.7 Casos de Estudio y Ejemplos Relevantes en Colombia y Nariño. La adopción de la certificación LEED ha aumentado significativamente en los últimos años, con varios proyectos notables que destacan por sus innovadoras estrategias sostenibles. La región de Nariño, aunque más pequeña, también ha comenzado a implementar proyectos LEED, mostrando el compromiso del país con la construcción sostenible.

- **Ejemplo 1. Edificio Santalaia, Bogotá:** el Edificio Santalaia en Bogotá es conocido por ser el "edificio más verde" de la ciudad. Certificado con LEED Oro, este proyecto se destaca

por su fachada verde, que cubre el 100% de las paredes exteriores con plantas que ayudan a mejorar la calidad del aire y a regular la temperatura interior. Además, utiliza sistemas avanzados de recolección de agua de lluvia y eficiencia energética.

- Ejemplo 2. Universidad de Nariño, Pasto: en la Universidad de Nariño, se implementó un proyecto LEED en el nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería. Este edificio, certificado en la categoría Plata, incorpora tecnologías como sistemas de energía solar fotovoltaica y una gestión eficiente del agua mediante la reutilización de aguas grises para el riego de áreas verdes. Este proyecto no solo reduce el impacto ambiental, sino que también sirve como un modelo educativo para los estudiantes sobre la importancia de la sostenibilidad.

A continuación, se compara los puntos obtenidos en diferentes categorías por el Edificio Santalaia y el edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño:

Tabla 7. *Puntuación obtenida edificio Santalaja y Universidad de Nariño*

Categoría	Santalaia (Oro)	Univ. Nariño (Plata)
Sitios Sostenibles	10	8
Eficiencia del Agua	8	6
Energía y Atmósfera	15	12
Materiales y Recursos	10	8
Calidad Ambiental	12	10
Innovación	6	4
Prioridad Regional	5	3

Adaptado de USGBC (2023).

4.3.2 Certificación EDGE

La certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) representa un enfoque innovador para la construcción sostenible, enfocándose en la eficiencia de recursos como

energía, agua y materiales. A continuación, se proporciona una visión exhaustiva sobre EDGE, abordando su historia, evolución, categorías de evaluación, requisitos, proceso de certificación, ventajas, y casos de estudio relevantes en Colombia y Nariño. Se incluye una sección ampliada con gráficos y tablas para ilustrar la aplicación práctica de EDGE en estos contextos.

La certificación EDGE fue desarrollada por la Corporación Financiera Internacional (IFC), parte del Grupo Banco Mundial, para promover prácticas de construcción sostenible en mercados emergentes. La certificación fue lanzada en 2013 con el objetivo de ofrecer una solución accesible y escalable para la construcción verde, especialmente en países en desarrollo.

Desde su lanzamiento, EDGE ha logrado expandirse a nivel global, certificando más de 25,000 proyectos en 140 países. La creciente demanda por prácticas sostenibles y la mejora de los estándares locales han contribuido a su popularidad.

4.3.2.1 Categorías de Evaluación. EDGE evalúa los edificios en tres categorías principales:

- Eficiencia Energética: mejora del aislamiento térmico. Eficiencia en sistemas de climatización. Uso de energías renovables.
- Eficiencia Hídrica: instalación de grifos y sanitarios de bajo consumo. Sistemas de recolección de agua de lluvia.
- Uso de Materiales: selección de materiales sostenibles. Minimización de residuos de construcción.

Tabla 8. Criterios de Evaluación EDGE

Categoría	Ejemplos de Medidas
-----------	---------------------

Eficiencia Energética	Aislamiento mejorado, sistemas HVAC eficientes
Eficiencia Hídrica	Grifos de bajo flujo, sistemas de recolección de agua
Uso de Materiales	Materiales reciclados, reducción de residuos de construcción

Tomado de USGBC (2023)

4.3.2.2 Requisitos para la Certificación. Para obtener la certificación EDGE, los proyectos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumplimiento con los Estándares de Diseño: incorporación de medidas de eficiencia en las tres categorías.
- Documentación Adecuada: presentación de planos, especificaciones y cálculos.
- Verificación por Auditoría: confirmación por un auditor acreditado.

4.3.2.3 Proceso de Certificación. El proceso de certificación EDGE incluye los siguientes pasos:

- Registro del Proyecto: el desarrollador se registra y presenta documentación inicial.
- Evaluación Inicial: revisión preliminar por un auditor.
- Implementación: aplicación de medidas de eficiencia.
- Auditoría Final: verificación del cumplimiento.
- Emisión del Certificado: entrega del certificado EDGE.

4.3.2.4 Ventajas de la Certificación EDGE. La certificación EDGE ofrece múltiples beneficios:

- Ahorro Económico: reducción de costos operativos por menor consumo de energía y agua.

- Impacto Ambiental Reducido: menor huella de carbono y uso más eficiente de recursos.
- Valor de Propiedad: incremento en el valor de mercado.
- Reconocimiento Internacional: prestigio global para desarrolladores.

4.3.2.5 Casos de Estudio y Ejemplos Relevantes en Colombia y Nariño. En Colombia se tiene:

- Torre Arboleda, Bogotá.

Descripción: edificio de oficinas con certificación EDGE.

Medidas Implementadas: mejora en aislamiento térmico, sistemas de climatización eficientes.

Resultados: reducción del consumo energético en un 30% y ahorro del 25% en agua.

Tabla 9. Resultados de Eficiencia en Torre Arboleda

Parámetro	Valor Antes de EDGE	Valor Después de EDGE	% de Mejora
Consumo Energético	150 kWh/m ²	105 kWh/m ²	30%
Consumo de Agua	30 L/persona/día	22.5 L/persona/día	25%

Tomado de IFC (2024).

- Proyecto Ecohaus, Medellín:

Descripción: vivienda multifamiliar con certificación EDGE.

Medidas implementadas: tecnologías de ahorro de agua y energía.

Resultados: reducción del consumo energético en un 35% y del agua en un 20%.

Tabla 10. *Comparación de Consumo de Recursos en EcoHabitats antes y después de la Certificación EDGE*

Consumo de EDGE	Consumo después de la Certificación EDGE	Ahorro (%)
150	105	30%
200	140	30
5	3	30%

Tomado de IFC (2024)

- Viviendas de Interés Social en Pasto:

Descripción: proyecto de viviendas con enfoque en eficiencia de recursos.

Medidas Implementadas: instalación de sistemas de ahorro de agua y energía.

Resultados Esperados: reducción significativa en costos operativos y mejora en la calidad de vida de los residentes.

- Centro Comercial en Nariño:

Descripción: centro comercial en proceso de certificación EDGE.

Medidas Implementadas: tecnologías de ahorro energético y uso de materiales sostenibles.

Beneficios Esperados: menor huella ambiental y ahorro en costos operativos.

Tabla 11. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial de Nariño*

Aspecto	Descripción
Ahorro Energético	40% reducción en el consumo de energía
Ahorro Hídrico	30% reducción en el consumo de agua
Uso de Materiales	50% de materiales reciclados o sostenibles

Tomado de IFC (2024).

La certificación EDGE ofrece una metodología efectiva para promover la construcción sostenible en mercados emergentes. En Colombia y Nariño, los proyectos certificados están demostrando cómo la implementación de medidas de eficiencia puede resultar en beneficios económicos y ambientales significativos. La continua adopción de EDGE en estos contextos resalta su relevancia y efectividad en la promoción de prácticas de construcción verde.

4.3.3 Certificación Casa Colombia:

La certificación Casa Colombia es un sistema de evaluación de la sostenibilidad y la eficiencia en la construcción de viviendas en Colombia.

La certificación Casa Colombia fue desarrollada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y otras entidades. Lanzada en 2014, Casa Colombia busca promover prácticas de construcción sostenible y mejorar la calidad de las viviendas en el país, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y las políticas nacionales de vivienda (Ministerio de Vivienda, 2014).

Desde su implementación, Casa Colombia ha evolucionado para incluir criterios más rigurosos y adaptarse a las necesidades cambiantes del sector de la construcción. La certificación ha ganado relevancia al promover la sostenibilidad y la eficiencia en la construcción de viviendas en diferentes regiones del país.

4.3.3.1 Categorías de Evaluación. Casa Colombia evalúa los proyectos de vivienda en cuatro categorías principales:

- **Eficiencia Energética:** Evaluación del consumo energético de la vivienda; implementación de tecnologías de ahorro energético, como iluminación eficiente y sistemas de calefacción y refrigeración eficientes.
- **Eficiencia Hídrica:** medición del consumo de agua y la implementación de sistemas de ahorro de agua; adicionalmente, el uso de tecnologías como grifos y sanitarios de bajo consumo.
- **Materiales Sostenibles:** como la evaluación del impacto ambiental de los materiales utilizados y la preferencia por materiales reciclados y de bajo impacto ambiental.
- **Calidad Ambiental Interior:** está la evaluación de la calidad del aire interior y la iluminación natural y la implementación de sistemas de ventilación y control de contaminantes (Ministerio de Vivienda, 2014).

Tabla 12. *Criterios de Evaluación Casa Colombia*

Categoría	Ejemplos de Medidas
Eficiencia Energética	Sistemas de iluminación LED, aislamiento térmico
Eficiencia Hídrica	Sistemas de captación de agua de lluvia, grifos de bajo flujo
Materiales Sostenibles	Materiales reciclados, pinturas sin compuestos orgánicos volátiles
Calidad Ambiental Interior	Ventilación natural, control de humedad

Tomado de Ministerio de Vivienda (2024).

4.3.3.2 Requisitos para la Certificación. Para obtener la certificación Casa Colombia, los proyectos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- **Cumplimiento de Normas Técnicas:** los proyectos deben cumplir con las normas técnicas establecidas en la certificación para cada categoría de evaluación.

- Documentación Detallada: se requiere la presentación de documentación técnica que demuestre el cumplimiento con los criterios de la certificación, incluyendo planos, especificaciones y cálculos de ahorro (Ministerio de Vivienda, 2014).
- Verificación por Auditoría: la certificación debe ser verificada por un auditor acreditado que confirme que el proyecto cumple con los requisitos establecidos.

4.3.3.3 Proceso de Certificación. El proceso de certificación Casa Colombia incluye los siguientes pasos:

- Registro del Proyecto: el desarrollador se registra en el sistema de certificación y presenta la documentación inicial.
- Evaluación Inicial: un auditor realiza una revisión preliminar para verificar que el proyecto cumple con los requisitos básicos.
- Implementación de Medidas: el proyecto debe incorporar las medidas de sostenibilidad y eficiencia necesarias.
- Auditoría Final: el auditor realiza una evaluación final para confirmar el cumplimiento con todos los requisitos de Casa Colombia.
- Emisión del Certificado: una vez confirmados todos los aspectos, se emite el certificado Casa Colombia (Ministerio de Vivienda, 2014).

4.3.3.4 Ventajas de la Certificación Casa Colombia. La certificación Casa Colombia ofrece varias ventajas:

- Ahorro en Costos Operativos: las viviendas certificadas suelen tener menores costos operativos debido a la eficiencia energética y hídrica.

- Impacto Ambiental Reducido: la certificación contribuye a la reducción de la huella de carbono y al uso más eficiente de los recursos naturales.
- Mejora en la Calidad de Vida: las viviendas certificadas ofrecen una mejor calidad ambiental interior, lo que puede mejorar la salud y el bienestar de los ocupantes.
- Valor de Propiedad Incrementado: las viviendas con certificación Casa Colombia pueden tener un mayor valor en el mercado y atraer a compradores interesados en sostenibilidad (Ministerio de Vivienda, 2014).

4.3.3.5 Casos de Estudio y Ejemplos Relevantes en Colombia.

- Proyecto Vivienda Verde, Bogotá:

Descripción: proyecto residencial con certificación Casa Colombia.

Medidas Implementadas: sistemas de iluminación LED, captación de agua de lluvia, uso de materiales reciclados.

Resultados: reducción del consumo energético en un 25% y del consumo de agua en un 20%.

Tabla 13. Resultados de Eficiencia en Proyecto Vivienda Verde

Parámetro	Valor Antes de Certificación	Valor Después de Certificación	% de Mejora
Consumo Energético	200 kWh/m ²	150 kWh/m ²	25%
Consumo de Agua	40 L/persona/día	32 L/persona/día	20%

Tomado de Ministerio de Vivienda (2024).

- Proyecto Eco Vivienda, Medellín:

Descripción: vivienda multifamiliar con enfoque en eficiencia y sostenibilidad.

Medidas Implementadas: tecnologías de ahorro de energía y agua, ventilación natural.

Resultados: ahorro en costos operativos y mejora en la calidad del aire interior.

- Viviendas Sostenibles en Pasto:

Descripción: proyecto de viviendas con certificación Casa Colombia.

Medidas Implementadas: Instalación de sistemas de captación de agua de lluvia y eficiencia energética.

Beneficios Esperados: reducción significativa en costos de agua y energía, mejora en la calidad de vida de los residentes.

- Centro Comercial Verde en Nariño:

Descripción: Centro comercial en proceso de certificación Casa Colombia.

Medidas Implementadas: sistemas de ahorro energético, materiales de construcción sostenibles.

Beneficios Esperados: menor impacto ambiental y ahorro en costos operativos.

Tabla 14. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial Verde*

Aspecto	Descripción
Ahorro Energético	30% reducción en el consumo de energía
Ahorro Hídrico	25% reducción en el consumo de agua
Uso de Materiales	40% de materiales reciclados o sostenibles

Tomado de Ministerio de Vivienda (2024).

La certificación Casa Colombia proporciona un marco integral para la construcción de viviendas sostenibles en Colombia. A través de su enfoque en la eficiencia energética, hídrica, el

uso de materiales sostenibles y la calidad ambiental interior, Casa Colombia promueve prácticas de construcción que benefician tanto a los propietarios como al medio ambiente. Los casos de estudio en Colombia demuestran la eficacia de la certificación en mejorar la sostenibilidad y la calidad de las viviendas en diferentes contextos.

4.3.4 Certificación HQE:

La certificación Haute Qualité Environnementale (HQE), o Alta Calidad Ambiental en Construcción, es un estándar francés que busca promover prácticas de construcción sostenible y eficientes.

La certificación HQE se desarrolló en Francia a finales de los años 90 por la Asociación HQE para responder a la creciente demanda de edificios sostenibles y de alta calidad ambiental. Su objetivo es mejorar el impacto ambiental de los edificios durante todo su ciclo de vida, desde la construcción hasta el uso y la demolición. La primera versión del estándar fue publicada en 2004, y desde entonces ha evolucionado para incluir nuevas prácticas y criterios basados en la investigación y la experiencia acumulada en el sector (Association HQE, 2024).

Desde su introducción, HQE se ha expandido más allá de Francia, siendo adoptado en diversos países como una referencia para la construcción sostenible.

4.3.4.1 Categorías de Evaluación. *La certificación HQE se basa en doce objetivos que se agrupan en cuatro grandes categorías:*

- **Eficiencia Energética:** el objetivo es Reducción del consumo energético del edificio y mejora de la eficiencia de los sistemas. Las medidas son la optimización de la envolvente del edificio y el uso de energías renovables, sistemas de control energético.
- **Calidad Ambiental Interior:** el objetivo es Garantizar un ambiente interior saludable y confortable y las Medidas son el Control de la calidad del aire interior, confort térmico, acústico y lumínico.
- **Gestión del Agua:** el objetivo es la gestión eficiente del agua y reducción del consumo. Medidas: Instalación de sistemas de reutilización de aguas grises, grifos y sanitarios eficientes.
- **Impacto Ambiental Global:**
 Objetivo: minimización del impacto ambiental durante el ciclo de vida del edificio.
 Medidas: selección de materiales sostenibles, gestión de residuos de construcción, reducción de la huella de carbono.

Tabla 15. Criterios de Evaluación HQE

Categoría	Ejemplos de Medidas
Eficiencia Energética	Aislamiento mejorado, sistemas de energía renovable
Calidad Ambiental Interior	Ventilación natural, control de humedad y temperatura
Gestión del Agua	Sistemas de captación de agua, grifos de bajo consumo
Impacto Ambiental Global	Materiales reciclados, gestión eficiente de residuos

Tomado de Association HQE (2024).

4.3.4.2 Requisitos para la Certificación. Para obtener la certificación HQE, los proyectos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumplimiento de Objetivos: los proyectos deben cumplir con los doce objetivos de HQE en las cuatro categorías principales.
- Documentación Técnica: presentación detallada de la documentación técnica que respalde el cumplimiento con los requisitos de HQE.
- Auditoría Independiente: la certificación debe ser verificada por un organismo de certificación acreditado que evalúe el cumplimiento de los objetivos.

El proceso de certificación HQE incluye los siguientes pasos:

- Registro del Proyecto: el desarrollador registra el proyecto y presenta la documentación inicial.
- Evaluación Preliminar: un auditor realiza una revisión preliminar para verificar que el proyecto cumpla con los objetivos de HQE.
- Implementación de Medidas: el proyecto debe incorporar las medidas necesarias para cumplir con los objetivos de HQE.
- Auditoría Final: se realiza una evaluación final para confirmar el cumplimiento de todos los requisitos.
- Emisión del Certificado: una vez verificado el cumplimiento, se emite el certificado HQE (Association HQE, 2024).

4.3.4.3 Ventajas de la Certificación HQE. La certificación HQE ofrece varias ventajas para los proyectos de construcción:

- Eficiencia Energética: reducción de los costos operativos y mejora en la eficiencia energética del edificio.

- **Calidad Ambiental:** mejora del confort y la salud de los ocupantes gracias a un ambiente interior saludable y confortable.
- **Sostenibilidad:** reducción del impacto ambiental global del edificio a través de prácticas sostenibles y gestión eficiente de los recursos.
- **Valor de Mercado:** aumento en el valor de la propiedad debido a la certificación y a la percepción positiva de los edificios sostenibles (Association HQE, 2024).

4.3.4.4 Casos de Estudio y Ejemplos Relevantes en Colombia.

- **Edificio Verde, Bogotá:**

Descripción: edificio de oficinas con certificación HQE.

Medidas Implementadas: sistemas de energía renovable, gestión eficiente del agua, control de calidad del aire interior.

Resultados: reducción del consumo energético en un 30% y del consumo de agua en un 20%.

Tabla 16. Resultados de Eficiencia en Edificio Verde

Parámetro	Valor Antes de Certificación	Valor Después de Certificación	% de Mejora
Consumo Energético	180 kWh/m ²	126 kWh/m ²	30%
Consumo de Agua	35 L/persona/día	28 L/persona/día	20%

Tomado de association HQE (2024).

- **Proyecto Ecosostenible, Medellín:**

Descripción: proyecto residencial con enfoque en sostenibilidad y eficiencia.

Medidas Implementadas: tecnologías de ahorro de energía y agua, materiales sostenibles.

Resultados: Mejora en la calidad ambiental interior y ahorro en costos operativos.

- Viviendas Ecológicas en Pasto:

Descripción: proyecto de viviendas con certificación HQE.

Medidas Implementadas: sistemas de eficiencia energética, captación de agua de lluvia.

Beneficios Esperados: reducción en costos de energía y agua, mejora en la calidad de vida.

- Centro Comercial Verde en Nariño:

Descripción: Centro comercial en proceso de certificación HQE.

Medidas Implementadas: Uso de materiales sostenibles, tecnologías de ahorro energético.

Beneficios Esperados: menor impacto ambiental y reducción de costos operativos.

Tabla 17. *Beneficios Esperados en el Centro Comercial Verde*

Aspecto	Descripción
Ahorro Energético	35% reducción en el consumo de energía
Ahorro Hídrico	25% reducción en el consumo de agua
Uso de Materiales	50% de materiales reciclados o sostenibles

Tomado de Association HQE (2024).

La certificación HQE proporciona un marco integral para la construcción de edificios sostenibles y de alta calidad ambiental. Su enfoque en la eficiencia energética, la calidad ambiental interior, la gestión del agua y la reducción del impacto ambiental global contribuye a la promoción de prácticas de construcción sostenible. Los casos de estudio en Colombia y Nariño destacan la efectividad de HQE en mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de los proyectos de construcción en diversos contextos.

4.3.5 Comparación de Categorías de Evaluación

Para sintetizar, a continuación, se plasma un cuadro comparativo de las categorías de cada certificación:

Tabla 18. *Comparación de Categorías de Evaluación*

Categoría	LEED	EDGE	Casa Colombia	HQE
Eficiencia Energética	Sí	Sí	Sí	Sí
Eficiencia Hídrica	Sí	Sí	Sí	Sí
Materiales Sostenibles	Sí	Sí	Sí	Sí
Calidad Ambiental Interior	Sí	No	Sí	Sí
Gestión del Agua	Sí	No	Sí	Sí
Impacto Ambiental Global	Sí	No	No	Sí
Innovación	Sí	No	No	No
Prioridades Regionales	Sí	No	No	No

Adaptado de USGBC (2024), IFC (2024), Ministerio de Vivienda (2014), Association HQE (2024)

4.4. Estado del arte

En un contexto global de creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad, la construcción de edificios ecoeficientes se ha convertido en una prioridad para el sector de la construcción. Este enfoque busca reducir el impacto ambiental de las edificaciones mediante la implementación de tecnologías avanzadas, el uso de materiales sostenibles y la optimización de recursos energéticos. El presente estado del arte explora las tendencias actuales, metodologías y casos de estudio relevantes que han influido en el desarrollo de proyectos ecoeficientes.

Tabla 19. Estado del arte

Autor	Titulo	Tipo de publicación	Descripción general del trabajo	Aplicación en el proyecto
<p>Christian David Galindo Alfonso, Wendy Dayany Orozco Suárez</p>	<p>Propuesta metodológica para la gestión de proyectos sostenibles de edificaciones en Colombia</p>	<p>Trabajo de grado</p>	<p>de La investigación se justifica en la necesidad de desarrollar una metodología para la gestión de proyectos sostenibles en edificaciones en Colombia, con el objetivo de impulsar proyectos que contribuyan al desarrollo de un país más respetuoso con el medio ambiente. Hasta ahora, no se han propuesto metodologías específicas para la gestión de proyectos de edificaciones sostenibles basadas en estudios de casos exitosos en Colombia, lo que destaca la relevancia y novedad de esta investigación.</p>	<p>En esta investigación resaltan la importancia de la ubicación del predio y la orientación del edificio son claves para crear estrategias sostenibles en construcciones. Así mismo acentúa que las edificaciones sostenibles son más viables en segmentos de mercado de estratos altos, debido a su calidad y valor comercial. Es preciso aprovechar al máximo los recursos del sitio específico para reducir costos y garantizar la sostenibilidad adaptada al lugar. El uso de ventanas eficientes para la iluminación natural mejora el confort térmico y visual, además de ahorrar energía, lo que aumenta los indicadores de sostenibilidad. Estos proyectos deben siempre priorizar el confort de los usuarios.</p>
<p>Irma Amanda Guerrero Díaz, 2021</p>	<p>Planeación de proyectos en construcción sostenible de edificaciones en Colombia</p>	<p>Monografía</p>	<p>La presente monografía se centra en analizar cómo mejorar la planificación de proyectos de construcción en Colombia, tomando como base la sostenibilidad bajo el enfoque de “Green Project Management” (GPM). El objetivo es ofrecer a los constructores herramientas que promuevan la sustentabilidad en el sector, como la Evaluación de Impactos y Riesgos Ambientales, y el uso de Indicadores de gestión técnica y social. Se concluye que la construcción sostenible proporciona soluciones integrales para el uso eficiente de recursos y el bienestar, mientras que la evaluación de impactos y riesgos facilita la toma de decisiones. Además, los indicadores de gestión establecen parámetros técnicos en los proyectos, y las normativas legales garantizan el control de la construcción sustentable.</p>	<p>Presenta una referencia clara e importante frente al análisis de resultados aborda la sostenibilidad desde la perspectiva del “Green Project Management” (GPM), que enfoca la gestión de proyectos de construcción sostenible desde la pre-factibilidad hasta el cierre. GPM utiliza la planificación como base, aplicando técnicas previas a la ejecución del proyecto. Un aspecto central es el estudio de impacto ambiental, analizando cómo las actividades afectan el entorno. Para gestionar los riesgos, se implementan matrices que identifican y mitigan amenazas, clasificadas según su origen (naturales, antrópicas o técnicas). La vulnerabilidad se evalúa considerando la probabilidad de daño, lo que permite priorizar acciones de mitigación y establecer planes de contingencia.</p>
<p>Rubén Darío Moreno Méndez, Magda Lisset</p>	<p>Aplicación de la Metodología de Marco Lógico para gestionar la posible implementación</p>	<p>Trabajo de grado</p>	<p>de Se propone construir una biblioteca pública basada en el proyecto tipo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), diseñada para promover la lectura y ofrecer acceso a información tanto física como digital. Este proyecto tipo es una solución</p>	<p>Utilizando la gráfica del árbol de problemas del Marco lógico, se identificaron las causas y efectos del problema, lo que permitió definir puntos críticos y alternativas de solución. En la fase de planeación, se consolidó la Estructura Analítica de Proyecto (EAP) y</p>

Autor	Titulo	Tipo de publicación	Descripción general del trabajo	Aplicación en el proyecto
Vargas Suarez, 2022	del proyecto: construcción de una biblioteca pública en el municipio de Málaga, Santander, con base en el proyecto tipo del Departamento Nacional de Planeación		estándar de alta calidad que permite a las entidades territoriales implementar bibliotecas de manera eficiente, especialmente en zonas con bajos niveles de lectura. La biblioteca incluirá zonas de ludoteca, sala de lectura, baños y área de consultas virtuales. El documento desarrolla una propuesta utilizando la metodología de marco lógico, ajustada a la realidad del municipio, abarcando análisis, planificación y la definición de recursos y tiempos necesarios.	se elaboró la Matriz de Marco Lógico, permitiendo una organización clara y jerárquica de los objetivos del proyecto. A pesar de la escasez de fuentes bibliográficas actualizadas, la metodología de Marco Lógico se destaca por su claridad y accesibilidad para personas no familiarizadas con el proyecto, aunque tiene limitaciones en evaluar el impacto más allá de indicadores internos.
Marcela Fajardo Carvajal	Modelo De Integración Trabajo Diseño-Planeación y Grado Construcción Sostenible Para Proyectos Inmobiliarios En Colombia	de	El proyecto "Modelo de Integración Diseño-Planeación y Construcción Sostenible" en Colombia identificó los modelos utilizados por constructoras tanto nacionales como internacionales, analizando sus beneficios y dificultades. Se propuso un modelo de integración en las fases de diseño, planeación y construcción para mejorar los resultados en el sector. Se examinaron metodologías internacionales, como el Integrated Project Delivery y Lean Project Delivery System, y se destacó la importancia de la correcta selección de herramientas de planificación y estructuras organizacionales. El análisis comparativo reveló grandes diferencias en la gestión de proyectos entre Colombia y otros países, evidenciando el retraso tecnológico y la falta de articulación en el sector constructor colombiano.	Brinda un contexto amplio frente a la adecuada planificación y control en los proyectos de construcción son esenciales para gestionar múltiples frentes simultáneamente y manejar eficazmente la información. La clave para resolver la complejidad de estos procesos radica en la interpretación competente de los datos, lo que permite tomar decisiones eficientes y oportunas. La implementación de herramientas tecnológicas, espacios de trabajo adecuados, modelado virtual y cronogramas bien definidos, conocidos por todos los interesados, contribuyen a que los proyectos sean organizados, planificados, seguros, sostenibles y progresen conforme a lo previsto desde su inicio.
Nathalia Fonseca Arenas, Muhammad Shafique, 2023	Recent progress on BIM-based sustainable buildings: state of the art review	Artículo	Ese artículo se fundamenta en la revisión sistemática de 774 artículos de Web Of Science (WoS) sobre Building Information Modeling (BIM) en la construcción sostenible, en donde se observa un crecimiento significativo en la investigación desde 2015 hasta 2022. El uso de BIM en la construcción ecológica ha ganado relevancia, especialmente entre 2016 y 2022, con un aumento constante en la publicación de artículos, destacando su importancia para la industria. La mayoría de los estudios de caso provienen de China, seguida por Inglaterra y Australia. Los artículos se clasificaron	Fundamenta la revisión en la cual demuestra que Building Information Modeling (BIM) es una herramienta poderosa que mejora los enfoques sostenibles en el diseño y construcción de edificios ecológicos. BIM ofrece ventajas al fomentar el conocimiento sostenible entre partes interesadas y facilita la realización de evaluaciones del ciclo de vida (LCA) en todas las etapas del proyecto. Su interoperabilidad con LCA es crucial para el éxito de proyectos sostenibles. Además, establecer metas ambientales desde el inicio del proyecto mejora la comprensión de su sostenibilidad. El artículo subraya la

Autor	Titulo	Tipo de publicación	Descripción general del trabajo	Aplicación en el proyecto
Nina Amani, 2024	Sustainable Construction Of Green School Building Using Energy Simulation Analysis And Modeling	Artículo de investigación	<p>principalmente en tres áreas: ecología ambiental, tecnología científica y tecnología de la construcción, subrayando la importancia de abordar los desafíos ambientales y mejorar la eficacia en la construcción sostenible.</p> <p>La investigación tiene como objetivo gestionar la eficiencia energética en el diseño de edificios escolares ecológicos para crear un entorno educativo óptimo y sostenible. Utilizando software como Ecotect 2021, Revit 2021 y DesignBuilder, se realizó un análisis cuantitativo y simulaciones en una escuela de Tabriz, Irán, diseñada para un clima frío. El estudio implementó materiales sostenibles, paneles solares, ventilación estándar y turbinas eólicas, determinando que la orientación óptima del edificio es de 10° al sureste. Los resultados mostraron un consumo energético óptimo, confirmando que los componentes seleccionados en las escuelas verdes logran maximizar el uso de energía solar y proporcionar un entorno confortable para los estudiantes.</p>	<p>importancia de investigar con estudios recientes para obtener la información más actualizada.</p> <p>Para aplicar los conceptos del proyecto ecosostenible, se debe comenzar por definir el objetivo de diseñar y construir un edificio eficiente y sostenible. Usando software como Ecotect, Revit y DesignBuilder, se puede modelar y simular el comportamiento del edificio, optimizando la orientación y materiales para maximizar la eficiencia energética. La selección de materiales sostenibles, como paneles solares y aislamiento térmico, es clave para reducir el consumo energético. Además, se debe realizar un análisis de costes para asegurar la viabilidad económica del proyecto. Finalmente, la implementación debe enfocarse en crear un entorno confortable y eficiente, seguido de un monitoreo continuo para evaluar su rendimiento.</p>
Jonny Nilimaa, 2023	Smart materials and technologies for sustainable concrete construction	Artículo	<p>Este artículo revisa las tendencias y oportunidades en la construcción sostenible con hormigón, destacando prácticas ecológicas para reducir el impacto ambiental de la industria. Se exploran materiales y tecnologías como el hormigón verde, el hormigón autorreparador, y la impresión 3D, así como innovaciones como la captura y almacenamiento de carbono. También se analizan los desafíos técnicos, económicos y sociales en la implementación de estas prácticas. Se enfatiza la colaboración entre gobiernos, industria y academia para promover la construcción sostenible. Además, se identifican tendencias emergentes, como la digitalización y la economía circular, como claves para la transición hacia prácticas más sostenibles en el uso del hormigón.</p>	<p>Para aplicar los conceptos del artículo a un proyecto ecosostenible con hormigón, recomiendan utilizar hormigón verde y materiales cementantes complementarios para reducir la huella de carbono. Implementando tecnologías innovadoras como el hormigón autorreparador y la impresión 3D para aumentar la durabilidad y eficiencia, empleando métodos de captura de carbono y prioriza el uso de materiales locales para minimizar el impacto ambiental. Fomentando la colaboración entre gobiernos, industria y academia, y aplica principios de economía circular para maximizar la reutilización de recursos. La digitalización y los enfoques basados en datos también son clave para optimizar el proyecto.</p>

Autor	Titulo	Tipo	de Descripción general del trabajo	Aplicación en el proyecto
<p>Effendi Bahtiar Asep Denih c. Gustian Rama Putra, 2023</p>	<p>Multi-culm bamboo composites sustainable materials for green constructions: section properties and column behavior</p>	<p>Artículo de investigación publicación</p>	<p>Este estudio tuvo como objetivo desarrollar fórmulas para dibujar la sección transversal de un compuesto de bambú con varios tallos, calcular sus propiedades y luego integrarlas en una calculadora gráfica y una hoja de cálculo. Se probaron en laboratorio nueve columnas compuestas de bambú de uno o varios tallos para evaluar su resistencia a la carga de pandeo hasta el punto de falla. Se descubrió que las columnas de varios tallos tienden a comportarse como un seudocompuesto, en lugar de actuar como una columna compuesta perfecta o simplemente como la suma de las capacidades individuales de los tallos. El enfoque de columnas compuestas perfectas sobreestimó la carga crítica de pandeo, mientras que la suma de las capacidades individuales resultó en una subestimación. Un enfoque de promedio ponderado con un coeficiente de $k = 1$ explicó adecuadamente la variación en la capacidad de carga de pandeo crítica observada.</p>	<p>Para aplicar el caso de estudio en el proyecto, recomienda utilizar columnas de bambú de varios tallos como material estructural, aprovechando su carácter renovable y ecológico. Así mismo diseña las secciones transversales con las fórmulas desarrolladas, considerando el comportamiento seudocompuesto para optimizar la resistencia. Integra fórmulas en herramientas de simulación para calcular la capacidad de carga y resistencia al pandeo. También aplica el enfoque de promedio ponderado para estimar con precisión la carga crítica, asegurando una construcción eficiente y minimizando desperdicios. Este enfoque permite construir estructuras sostenibles y robustas, alineadas con los principios de la construcción ecológica.</p>
<p>Noha Ahmed a, Mohamed Abdel-Hamid b, Mahmoud M. Abd El-Razik, Karim M. El-Dash</p>	<p>Impact of sustainable design in the construction sector on climate change</p>	<p>Artículo</p>	<p>El documento examina las emisiones de CO2 en interiores de edificios tanto ecológicos como convencionales, con un enfoque en el análisis del carbono incorporado en materiales de construcción sostenibles. Se observó que el hormigón armado tiene un impacto ambiental considerable, contribuyendo con el 78% de las emisiones totales de carbono incorporado. En comparación, los materiales de aislamiento solo aportan un 2% a estas emisiones. Se sugirieron alternativas como el hormigón fundido pesado y el hormigón celular curado en autoclave, que lograron reducir las emisiones totales en un 23% y un 50%, respectivamente. Por lo tanto, se recomienda el hormigón celular curado en autoclave como una opción más ecológica frente al hormigón armado.</p>	<p>Presenta una referencia clara y concisa frente a implementar software de Design-Builder para calcular las emisiones de carbono incorporadas en un edificio ecológico y sus materiales de construcción. Además, se examinan dos tipos de hormigón como alternativas al hormigón armado para reducir las emisiones de carbono del edificio. Los resultados mostraron que las emisiones de CO2 en edificios convencionales son similares a las de los edificios ecológicos. Sin embargo, los edificios ecológicos utilizan sensores de CO2 y turbinas para refrescar el aire, protegiendo mejor contra el polvo y contaminantes, mientras que los edificios convencionales dependen de la ventilación natural, que es más económica pero menos saludable. Finalmente, se identificó que el hormigón armado es el mayor contribuyente a las emisiones totales de carbono en los edificios.</p>

Autor	Titulo	Tipo de publicación	Descripción general del trabajo	Aplicación en el proyecto
Abdulrahman Haruna, Nasir Shafiq a, O.A. Montasir, 2021	Building information modelling application for developing sustainable building (Multi criteria decision making approach)	Artículo	El objetivo de este documento es aumentar la comprensión de los profesionales sobre la adopción de BIM para lograr una construcción sostenible mediante la eficiencia energética. Se realizó una encuesta dirigida a profesionales y expertos de la industria de la construcción en Malasia. Con los datos obtenidos, se desarrolló un modelo de decisión de múltiples criterios utilizando el proceso de red analítica (ANP) para identificar los factores clave que influyen en la construcción sostenible, enfocándose en la reducción de la energía incorporada y operativa, así como en las emisiones de carbono. Los datos fueron analizados mediante estadísticas descriptivas. El modelo creado incluyó tres grupos con un total de seis nodos, y se comparó la importancia relativa de cada uno. Los resultados indican que la optimización del diseño y la reducción de los requisitos de material son factores clave en la construcción sostenible dentro del contexto de la aplicación de BIM.	Presenta un enfoque innovador que utiliza un sistema complejo de criterios para evaluar integralmente la construcción y diseño de edificios sostenibles, integrando BIM y la toma de decisiones multicriterio. El método propuesto, basado en el Proceso de Red Analítica (ANP), se comparó con protocolos de eficiencia energética actuales y mostró ser altamente eficaz. Los resultados indicaron que las alternativas BIM, combinadas con ANP, son efectivas para alcanzar la sostenibilidad, especialmente en el diseño energéticamente eficiente.

5. Análisis de Interesados -Involucrados

En este capítulo se presenta el análisis de involucrados, como primer proceso de la fase de análisis del enfoque del Marco Lógico; la identificación, categorización, valoración de incidencia y priorización de los interesados o stakeholders es fundamental para la buena gestión del proyecto, y para representar los datos se siguen los modelos de clasificación de la Matriz de poder/interés, matriz de poder/influencia o matriz de impacto/influencia, mencionadas en la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK 6ta Edición, 2017, p.512), con las cuales se asocia a los interesados en base al nivel de autoridad y la participación activa con la capacidad para efectuar cambios en la planificación del proyecto. En la siguiente figura se muestran los datos de análisis de los interesados.

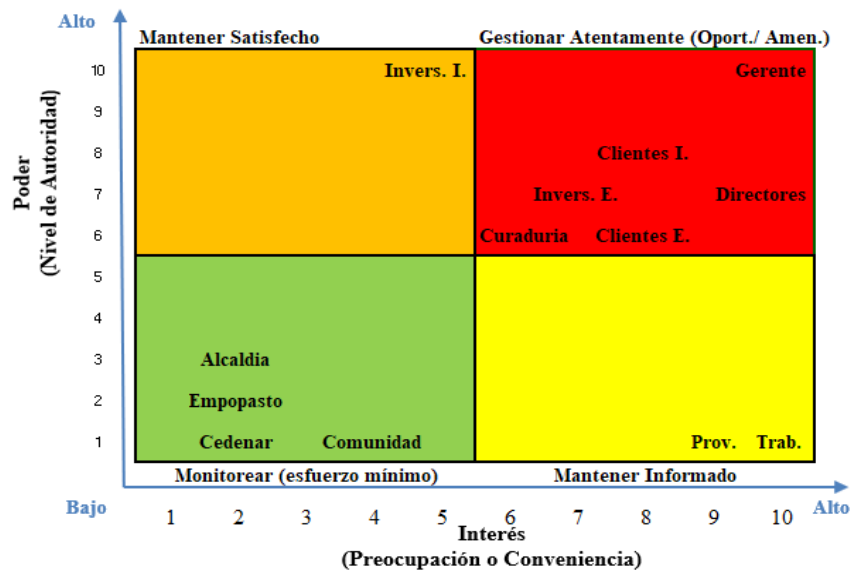
Tabla 20. *Análisis de interesados*

Interesados	Descripción	Interés	Poder	Influencia	Impacto
Gerente del proyecto.	En este caso es AVC Inmobiliaria y constructora, la empresa que visualiza, origina, da forma y alcance al proyecto.	10	10	10	10
Director, jefes de área	Personal encargadas de dirigir las diferentes áreas del proyecto.	10	7	5	10
Trabajadores, recurso humano del proyecto en general.	Personas encargadas de hacer realidad el proyecto.	10	1	6	5
Proveedores de materiales.	Distribuidores de materiales, ferreterías.	9	1	1	4
Inversionistas internos.	Dueños de los lotes a integrar para el proyecto.	5	10	7	10
Inversionistas externos.	Aportantes de capital.	7	7	7	10
Clientes internos	Inversionistas que quieran adquirir apartamento o local del edificio.	8	7	6	7

Interesados	Descripción	Interés	Poder	Influencia	Impacto
Cientes externos.	Habitantes del sector, trabajadores, estudiantes y usuarios de los centros comerciales, hospitalarios y educativos cercanos (Hospital San Pedro, Hospital San Rafael, Clínica san Ignacio, Colegio 8 Javeriano, Universidad Cooperativa de Colombia, Universidad de Nariño, Universidad Santo Tomas, Centro comercial Unicentro).	6	5	8	9
Comunidad aledaña al proyecto	Vecinos que van a ser afectados por el proyecto tanto en fase de construcción como en fase 4 operativa.	1	1	1	3
Interesados indirectos	Alcaldía de Pasto.	2	3	5	4
	Cedenaar S.A	2	1	1	1
	Empopasto	2	2	1	2
	Curaduría Urbana de Pasto	6	6	5	5

Las matrices de análisis son las siguientes:

Figura 6. Matriz de Poder/ Interés.



Adaptado de la macro Matriz Poder/Interés e Influencia/Impacto (Ravenna,2015).

En la figura 6, se observa gráficamente el resultado del análisis de involucrados, en la matriz se identifica a los interesados críticos, se observa la organización y priorización de la comunicación, para minimizar los riesgos y alinear los intereses. Se agrupa a los involucrados en cuatro segmentos según el nivel de autoridad (poder) vs el nivel de inquietud acerca de los resultados del proyecto (interés), (Guía del PMBOK 6ta Edición, 2017, p.512).

En el primer cuadrante, en color verde, están los involucrados con poder e interés bajos, como son Cedenar, Empopasto, que son las entidades que prestan los servicios básicos; la comunidad aledaña y la Alcaldía de Pasto, esta última es determinante en la actual etapa del proyecto para establecer la fecha de inicio de solicitud de permisos de construcción, debido a que se requiere que este ente gubernamental ejecute el ajuste excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) ordenado por El Consejo de Estado, en cuanto a la implementación de los nuevos estudios del riesgo en la zona de influencia del volcán Galeras, esto, para este plan de proyecto implica que el sector donde se va ejecutar, pase de nivel de amenaza media a baja, permitiendo construir en altura hasta 12 pisos (actualmente se permite construir máximo tres pisos). Para estos actores se debe realizar el monitoreo y seguimiento para gestionarlos en el momento indicado.

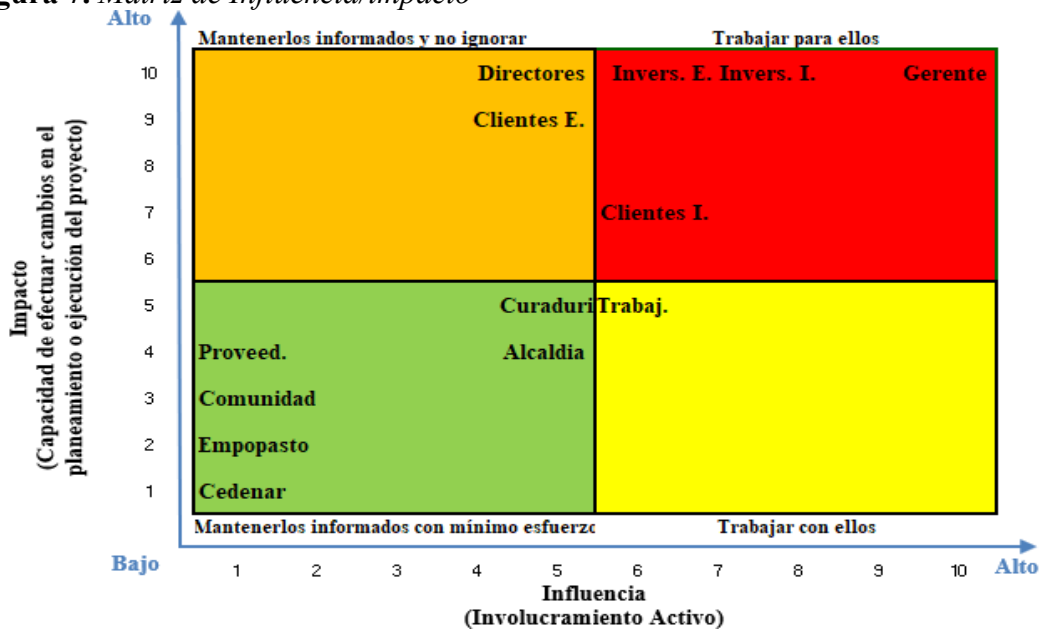
En el segundo cuadrante (color amarillo), con interés alto y poder bajo, están los trabajadores como recurso humano del proyecto y los proveedores de materiales, a ellos debe mantenerlos informados para poder gestionarlos oportunamente.

En el tercer cuadrante en color anaranjado, se observa que los inversores internos, los dueños de los lotes a integrar para el proyecto, son catalogados con un poder alto y un interés medio, ya que en el momento están conformes con su situación actual, pero se dejan cautivar por la posibilidad de lograr una mejora substancial en valor de su inmueble y la calidad de vida. Es

necesario mantenerlos satisfechos y cumplir sus expectativas ya que, según la ubicación de su predio, su decisión de participar o no, podría determinar la viabilidad del proyecto.

Por último, en el cuarto cuadrante, en rojo, con poder e interés altos, están: el Gerente y directivos de AVC Inmobiliaria y Constructora, como la empresa que origina y visualiza el proyecto, los Inversionistas externos, aportantes de capital, los clientes y la Curaduría Urbana de Pasto, esta última esta en este cuadrante debido a que es determinante en relación a los permisos y áreas de construcción. A estos involucrados se les debe atraer activamente y gestionar las oportunidades y amenazas atentamente, para el éxito del proyecto.

Figura 7. Matriz de Influencia/impacto



Adaptado de la macro Matriz Poder/Interés e Influencia/Impacto (Ravenna,2015).

Aquí se analiza la capacidad para influir en los resultados del proyecto (influencia) o capacidad para causar cambios en la planificación o la ejecución del proyecto.

En el primer cuadrante, en verde, con influencia e impacto bajos, se tiene a la comunidad, empresas de servicios públicos y proveedores de materiales, con influencia e impacto medio, está la Curaduría y la Alcaldía; la gestión con ellos consiste en solo mantenerlos informados. El recurso humano del proyecto está catalogado en el cuadrante amarillo, con impacto medio e influencia media alta, porque pueden afectar en el rendimiento de la ejecución del proyecto. Esto implica trabajar conjuntamente e incentivar el sentido de pertenencia con el equipo y sus metas. En el tercer cuadrante de la matriz, en color naranja, están los clientes externos, directores o jefes de áreas del proyecto, que tienen influencia media e impacto alto, la gestión de estos interesados consiste en mantenerlos informados y nunca ignorar sus necesidades y expectativas pertinentes. Por último, en rojo, se tiene al gerente, los inversionistas y los clientes internos, la gestión referente se basa en trabajar para ellos.

6. Análisis del problema

La extracción y venta de materiales pétreos para la construcción de edificios carece de un control efectivo que reduzca los efectos ambientales negativos. La industria del cemento es una de las principales responsables de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y otros impactos ambientales. Si no se implementan medidas correctivas, se estima que esta industria podría generar alrededor de 127 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) entre 2010 y 2040 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013). Además, estos impactos incluyen la deforestación, la degradación del suelo, y la contaminación del aire y del agua con partículas sólidas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013).

El Plan de Acción Indicativo (PAI) 2017-2022 del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE), elaborado por el Ministerio de Minas y Energía y la UPME en 2016, reveló

significativas pérdidas de eficiencia energética en edificaciones residenciales, principalmente durante la etapa de uso. Este sector ocupa el tercer lugar en pérdidas energéticas, representando el 15 % del consumo total, solo superado por el transporte (65 %) y la industria (16 %). En los hogares, los equipos de refrigeración son los principales responsables del alto consumo energético (39 %), seguidos por los televisores (20 %) y los sistemas de iluminación (10 %). Esto subraya la necesidad de implementar estrategias que promuevan la eficiencia energética en las viviendas para reducir estas pérdidas. (Ministerio de Minas y Energía, & UPME. 2016).

Según Camacol (2016), los usuarios de cualquier tipo de edificación podrían reducir entre un 15 % y un 20 % el costo de sus facturas de servicios públicos si sus viviendas aplicaran criterios de sostenibilidad. La falta de implementación de estos criterios sostenibles en las construcciones implica que los usuarios pierden la oportunidad de obtener ahorros significativos en el consumo de servicios como agua y energía. Esto subraya la importancia de adoptar prácticas sostenibles para lograr una mayor eficiencia en el uso de recursos (Camacol,2016).

Según estimaciones de la Dirección de Desarrollo Urbano del DNP, un edificio con un área construida de 160.000 m² puede requerir hasta 400.000 toneladas de materiales de construcción, de las cuales el 90 % proviene de materiales pétreos (DNP, 2014). La UPME prevé un crecimiento del 48 % en la demanda de estos materiales para 2023, en comparación con 2013, lo que representará alrededor de 3.195.000 toneladas de productos de arcilla, entre otros materiales (UPME, 2014). En el caso de las viviendas de interés social (VIS) y no VIS, los sistemas constructivos más utilizados dependen en gran medida de materiales pétreos, destacándose la mampostería confinada con un 62 %, seguida por sistemas industrializados (19 %), mampostería estructural (15 %) y otros sistemas (4 %) (UPME, 2012). Estos datos reflejan la creciente presión sobre los recursos mineros debido a la expansión de la construcción.

La generación de residuos sólidos en el sector de la construcción en Colombia es un problema crítico que afecta tanto al medio ambiente como a la salud pública. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020), se estima que este sector produce aproximadamente 10 millones de toneladas de residuos al año, lo que representa el 25% del total de residuos sólidos generados en el país. De estos, solo un 30% es reciclado, lo que indica una ineficiencia en la gestión de estos materiales (González, 2021). Además, un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia (Martínez,2022), señala que la falta de regulación y la escasa conciencia ambiental entre los constructores contribuyen a la proliferación de vertederos ilegales, conllevando al deterioro del entorno urbano y rural. Es necesario implementar estrategias más efectivas para la reducción, reutilización y reciclaje de estos residuos, promoviendo un modelo de construcción más sostenible.

Por otro lado, en cuanto al uso racional del agua en Colombia es un desafío crucial debido a la creciente demanda y la variabilidad climática que afecta el suministro. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2021), el país enfrenta un déficit hídrico en diversas regiones, especialmente durante los períodos de sequía, que se ha intensificado en los últimos años. A pesar de que Colombia posee alrededor del 10% de las reservas hídricas del mundo, el desperdicio de agua potable es alarmante; se estima que cerca del 40% del agua distribuida en áreas urbanas se pierde por fugas en el sistema (García, 2022).

En el ámbito de los instrumentos de política pública, el sector de la construcción ha logrado avances normativos que promueven la inclusión de criterios de sostenibilidad, junto con diversas iniciativas voluntarias. No obstante, persisten obstáculos para la efectiva aplicación de estos instrumentos. Primero, se observa una falta de definición clara de los criterios de sostenibilidad aplicables a todos los usos a lo largo del ciclo de vida completo de las edificaciones.

Además, la implementación de la normativa vigente es débil, lo que se refleja en proyectos del Sistema General de Regalías, así como en iniciativas de infraestructura social y mejora de viviendas apoyadas por el Departamento Administrativo para la Prosperidad Social (Prosperidad Social), edificaciones del Gobierno nacional y la infraestructura educativa.

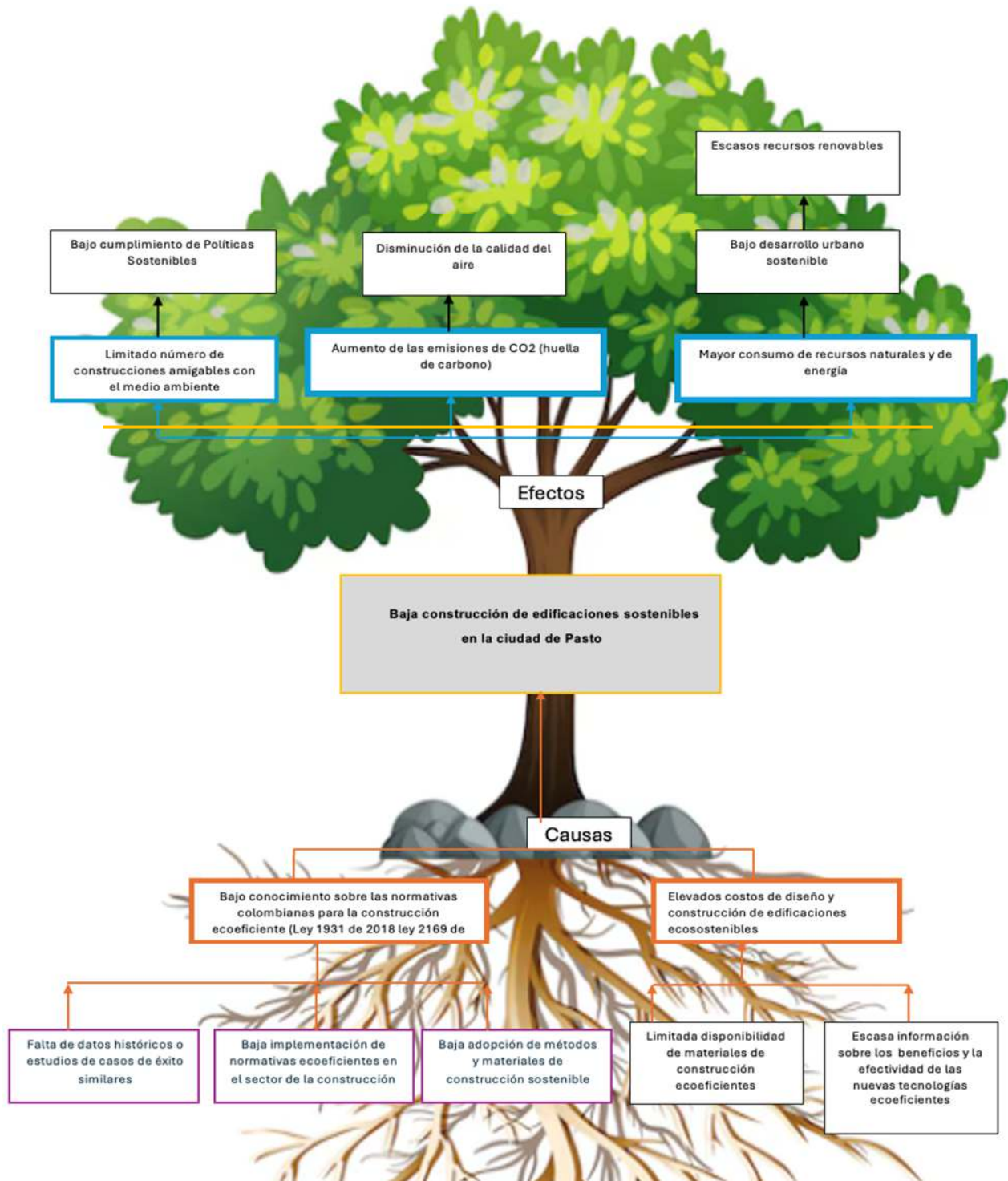
Por otra parte, se identifica un escaso impulso hacia un consumo responsable por parte del Estado, así como limitaciones en las directrices sobre la extracción y comercialización de materiales pétreos y maderables utilizados en la construcción. Por último, la falta de coordinación entre instituciones para la correcta implementación de iniciativas de construcción sostenible, es un obstáculo que deberá superarse entre otros retos para consolidar esta política.

En la actualidad, en el país no hay información sectorial adecuada para monitorizar el mercado de edificaciones sostenibles y la aplicación de la normativa vigente. Según la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se debía iniciar el seguimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía a partir del 2016, con el fin de evaluar la aplicación de la Guía de Construcción Sostenible en los proyectos de construcción autorizados desde ese año.

Para facilitar esto, se modificó el formulario único nacional destinado a curadores urbanos y oficinas de planeación para licencias de nuevas construcciones, añadiendo un apartado específico sobre construcción sostenible. En este apartado, se incluye tanto una declaración sobre las medidas de sostenibilidad implementadas como una declaración sobre la zonificación climática del proyecto. Dentro de este contexto, la Resolución 0549 de 2015 propone dos métodos para verificar el cumplimiento de estas medidas: (I) la autoevaluación de los porcentajes de ahorro para las medidas activas; y (II) la firma del diseñador del proyecto en los planos arquitectónicos, que confirma la adopción de medidas pasivas para alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro establecidos.

6.1 Modelo Árbol de problemas

Figura 8. *Árbol de Problemas*



7. Análisis de objetivos

El árbol de objetivos sirve como una herramienta estratégica para guiar todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución, asegurando que cada aspecto del edificio contribuya a su carácter ecoeficiente y a los objetivos de desarrollo sostenible más amplios. Con esta estructura, el proyecto no solo busca cumplir con los requisitos normativos y técnicos, sino también liderar el camino hacia un futuro más verde y sustentable en la construcción.

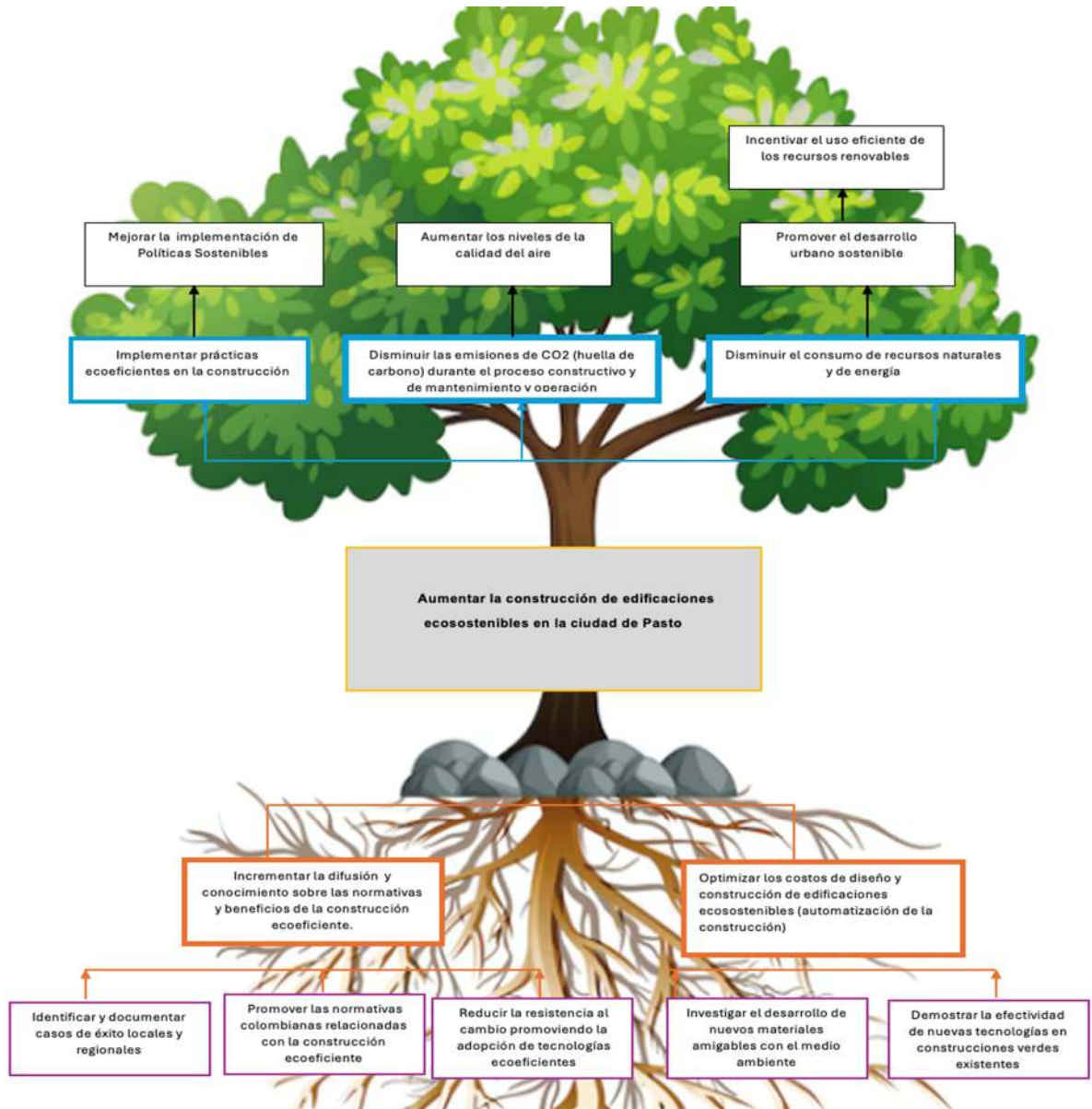
La construcción sostenible se ha convertido en una necesidad imperante en el contexto actual de crisis ambiental y urbanización acelerada. En la ciudad de Pasto, la baja construcción de edificaciones sostenibles plantea un desafío significativo, ya que limita el potencial para reducir el impacto ecológico y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este proyecto, "Construcción de un Edificio Ecoeficiente", busca abordar este problema central, promoviendo prácticas constructivas que integren principios de sostenibilidad y eficiencia energética.

Los objetivos principales de este proyecto incluyen la disminución de las emisiones de CO₂ asociadas con la construcción y el funcionamiento del edificio, así como la reducción del consumo de recursos naturales y energía. Asimismo, se pretende fomentar el cumplimiento de las normativas colombianas relacionadas con la construcción ecoeficiente, garantizando que el diseño y la ejecución del proyecto estén alineados con las mejores prácticas sostenibles.

Adicionalmente se busca optimizar los costos de diseño y construcción mediante la automatización, lo que permitirá una gestión más eficiente de los recursos y una reducción en los tiempos de ejecución través del desarrollo de un edificio que no solo minimice el consumo de recursos, sino que también genere un impacto positivo en el entorno urbano, se pretende servir como modelo a seguir para futuras construcciones en la región. Este árbol de objetivos detalla las metas específicas que se desean alcanzar, las estrategias necesarias para su implementación y los

indicadores que permitirán medir el éxito del proyecto, todo enmarcado en una visión de desarrollo sostenible que beneficia tanto a la comunidad como al medio ambiente.

Figura 9. *Árbol de objetivos*



8. Análisis de Alternativas

8.1 Identificación de alternativas

Se ha presentado un proyecto ambicioso para la construcción de un edificio ecoeficiente en Pasto, Nariño, Colombia; para la ejecución del proyecto se han propuesto tres alternativas, cada una con diferentes niveles de sostenibilidad, costos asociados y tiempo de ejecución.

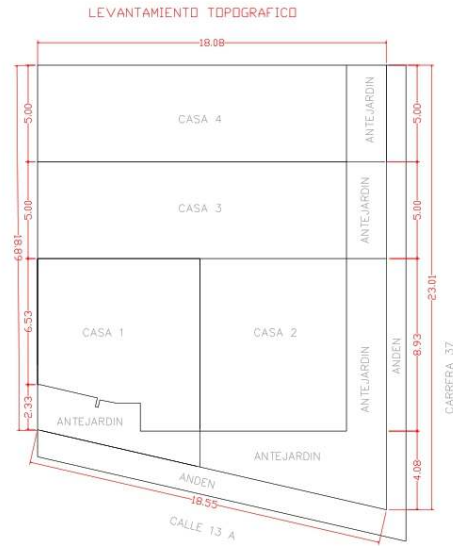
- Alternativa 1. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación utilizando los estándares de una construcción convencional.
- Alternativa 2. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares en zonas comunes.
- Alternativa 3. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y la recolección y aprovechamiento de aguas lluvias para su uso en zonas comunes.

A continuación, se realizará un análisis detallado de cada alternativa, considerando los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, a fin de recomendar la mejor opción para la ejecución del proyecto.

8.1.1 Alternativa 1. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación utilizando los estándares de una construcción convencional

Esta alternativa es la básica para el proyecto, se trata de la construcción convencional del edificio sobre el lote de cuatro casas colindantes como se observa en el siguiente levantamiento topográfico:

Figura 10. Levantamiento Topográfico



Sobre el lote englobado se proyecta la construcción de la edificación con tres pisos de sótanos para parqueaderos, en el primer piso a nivel se proyectan tres locales, en el segundo piso se plantean tres apartamentos y zona común (salón comunal y juegos para niños), y en los pisos 3 a 12 se construirán tres apartamentos por piso.

El esquema arquitectónico en planta es el siguiente:

Figura 11. Vista en Planta de sótanos y pisos (1, 2 y 3)

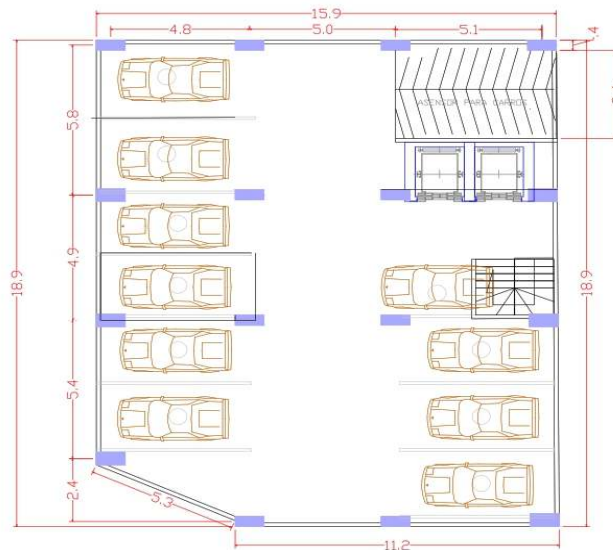


Figura 12. *Planta Primer piso*

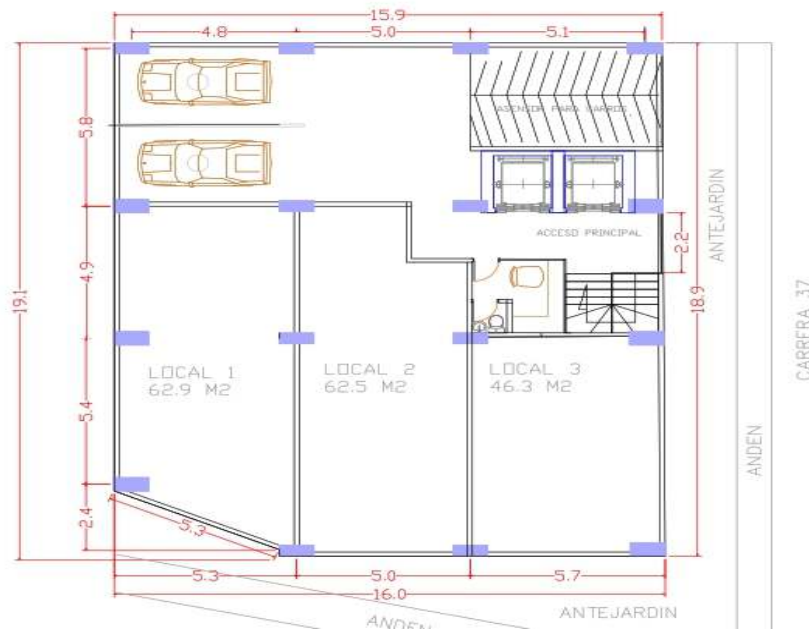


Figura 13. *Vista en Planta Segundo Piso*

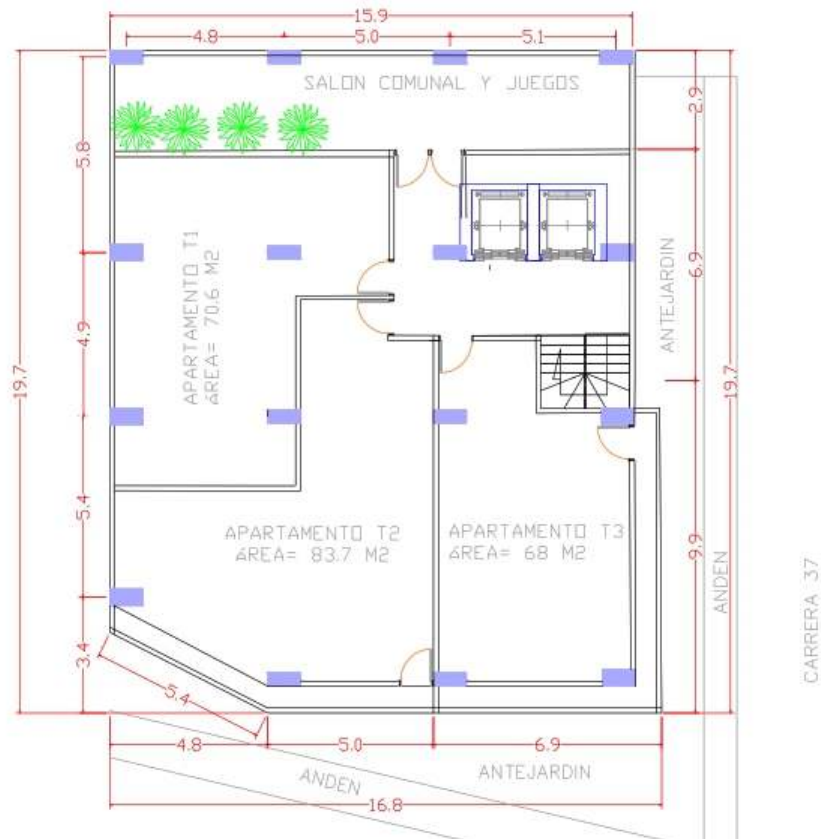


Figura 14. Vista en planta pisos 3 al 12

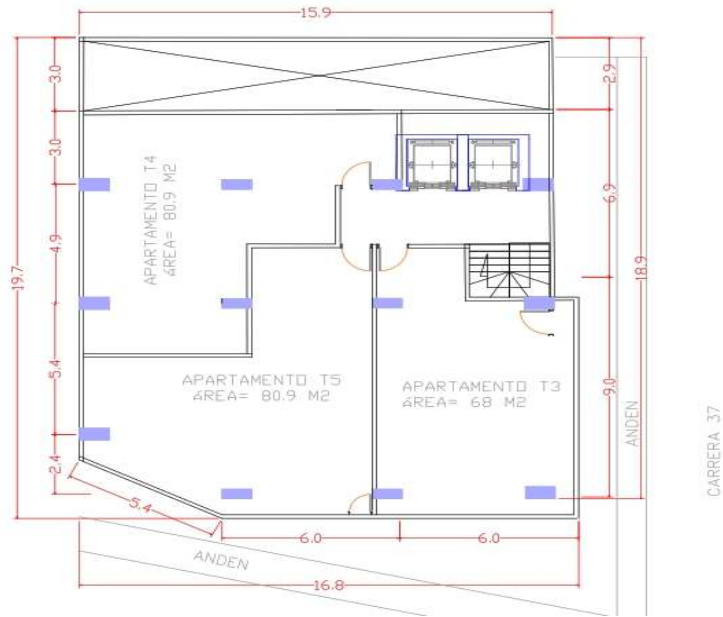


Figura 15. Vista fachada calle 13 A

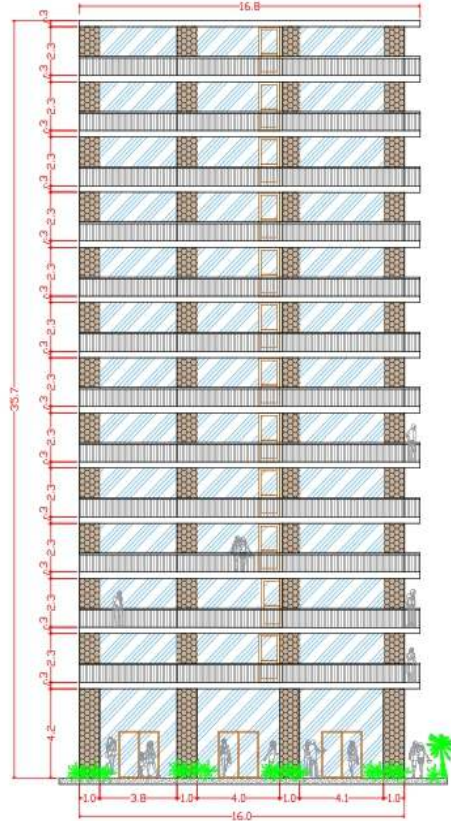
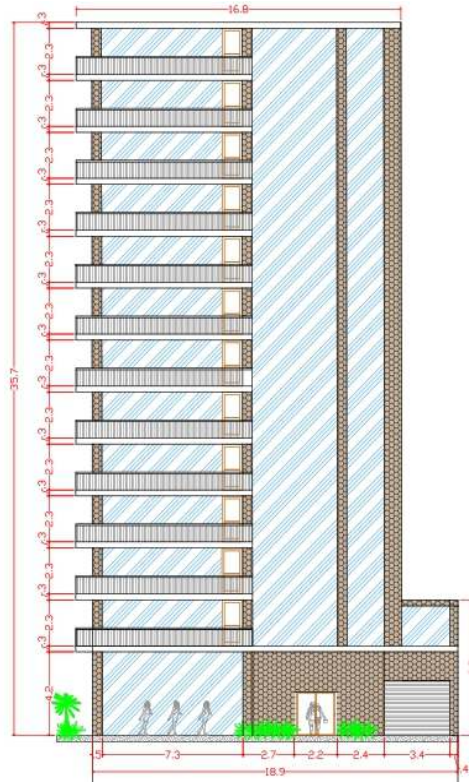


Figura 16. Vista fachada carrera 37



Para dar una idea de los costos y beneficios de la alternativa a nivel de prefactibilidad se utilizan las bases de datos y experiencia de AVC Inmobiliaria y Constructora, junto con los planos arquitectónicos, con lo cual se plantea el siguiente presupuesto:

Tabla 21. Presupuesto alternativa 1

Alternativa 1: Proyecto Construcción Convencional Edificio

Costo construcción	No. pisos	área total	Costo directo m2	Costo directo total
Sótanos	3	886,5	\$ 3.000.000	\$ 2.659.500.000
Locales	1	172	\$ 3.500.000	\$ 602.000.000
Apartamentos	11	2525,7	\$ 2.000.000	\$ 5.051.400.000
Áreas comunes	11	609,85	\$ 1.800.000	\$ 1.097.730.000
Costo directo total Construcción				\$ 9.410.630.000
AIU 30%				\$ 2.823.189.000
Subtotal				\$ 12.233.819.000

Costos iniciales	Cantidad	Un	Valor unitario	Costo total
Diseños y permisos	1	Gl.	\$ 188.212.600	\$ 188.212.600
Lote	378,7	m2	\$ 6.000.000	\$ 2.272.200.000
Mercadeo	1	Gl.	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
Costo directo total				\$ 2.480.412.600
AIU 30%				\$ 744.123.780
Subtotal				\$ 3.224.536.380
Costo total actual Alternativa 1			\$ 15.458.355.380	

Con estos datos se determina el costo por piso:

Tabla 22. *Distribución costo por piso alternativa 1*

Piso	Zona	Área m2	Costo Dir.	Costo Dir. Por Piso
-3	Sótano 1	295,5	\$ 886.500.000	\$ 886.500.000
-2	Sótano 2	295,5	\$ 886.500.000	\$ 886.500.000
-1	Sótano 3	295,5	\$ 886.500.000	\$ 886.500.000
1	Locales	172	\$ 602.000.000	
1	Áreas comunes p1	123,5	\$ 222.300.000	\$ 824.300.000
2	Apartamentos	225,7	\$ 451.400.000	
2	Áreas comunes p2	91,35	\$ 164.430.000	\$ 615.830.000
3 al 12	Apartamentos	230	\$ 460.000.000	
3 al 12	Áreas comunes	39,5	\$ 71.100.000	\$ 531.100.000

Se determina el siguiente flujo de caja:

Tabla 23. *Flujo de caja alternativa 1.*

Centro de Costo	Mes de la Inversión	Valor de la Inversión Estimada
Compra de lote	Mes 1	\$ 2.953.860.000
Diseños p1	Mes 2	\$ 81.558.793
Diseños p2	Mes 4	\$ 81.558.793
Licencias	Mes 5	\$ 81.558.793
Mercadeo	Mes 9	\$ 26.000.000
Preliminares	Mes 9	\$ 345.735.000
Cimentación	Mes 9	\$ 1.728.675.000
Construcción sótanos	Mes 10	\$ 1.382.940.000
Construcción piso 1	Mes 13	\$ 642.954.000
Construcción piso 2	Mes 13	\$ 480.347.400
Construcción piso 3	Mes 14	\$ 414.258.000
Acabados piso 1	Mes 14	\$ 428.636.000
Construcción piso 4	Mes 15	\$ 414.258.000
Construcción piso 5	Mes 16	\$ 414.258.000

Centro de Costo	Mes de la Inversión	Valor de la Inversión Estimada
Construcción piso 6	Mes 17	\$ 414.258.000
Construcción piso 7	Mes 18	\$ 414.258.000
Construcción piso 8	Mes 19	\$ 414.258.000
Construcción piso 9	Mes 20	\$ 414.258.000
Construcción piso 10	Mes 21	\$ 414.258.000
Construcción piso 11	Mes 22	\$ 414.258.000
Construcción piso 12	Mes 23	\$ 414.258.000
Acabados apartamentos	Mes 24	\$ 3.081.951.600
TOTAL		\$ 15.458.355.380

Costos de construcción a precios actuales para el primer año suman \$ 6.681.886.380.

Costos de construcción a precios actuales para el segundo año son de \$ 8.776.469.000.

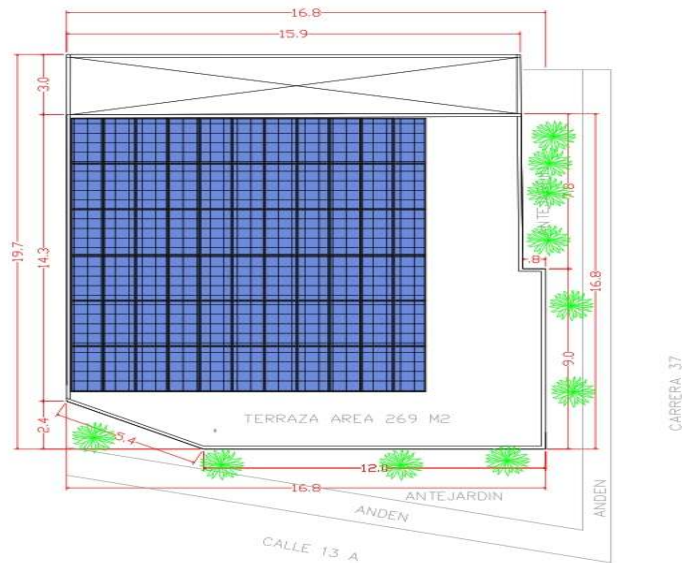
Como conclusión de los cuadros anteriores, se puede decir que los costos totales de construcción de la alternativa 1, son de \$15.458.355.380 y el tiempo estimado de ejecución de obras es de dos años.

El precio de venta por m² de un edificio en una construcción convencional en estrato cuatro en la ciudad de Pasto, en el barrio la Castellana, en el momento está en aproximadamente \$4.500.000 (dato entregado por gerencia de AVC Inmobiliaria y Constructora).

8.1.2 Alternativa 2. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares en zonas comunes

Para darse una idea de los costos y beneficios de la alternativa a nivel de prefactibilidad se utilizan las bases de datos y experiencia de la gerencia de ENEXA, una empresa de Servicios Energéticos que busca transformar la manera en que las empresas consumen energía, además de entrevistas e información suministrada por EVOLTI, una empresa que ya tiene 70 proyectos de energía solar desarrollados en Nariño quien suministraron una precotización que brinda la siguiente información:

Figura 17. Panel solar proyección cubierta



El material por utilizar para la generación de la energía eléctrica necesaria para los requerimientos de las áreas comunes es:

Figura 18. Materiales requeridos para la alternativa 2

ITEMS	CANTIDAD
Panel solar Monocristalino HalfCell (580W)	50
Huawei 20KTL-M3 3F_220V y Huawei 6KTL-LI 1F_220V	1
Estructura en aluminio	1
Cableado, canalizaciones y protecciones	1
Ingeniería y Logística	1
Sistema de Monitoreo	1
Medidor Bidireccional	1
Certificación Retie	1
Pólizas	1

Nota: esta figura muestra los requerimientos necesarios para la puesta en marcha de la energía en áreas comunes del edificio según Cotización Evolti.

La empresa ofrece 30 años de garantía en paneles con eficiencia superior al 87%, y establece en la cotización que trabaja con las principales marcas de paneles a nivel mundial como lo son: JINKO – TRINA SOLAR – LONGI – ASTROENERGY.

Las garantías por defectos de fábrica son de 5 años inversores, 12 años para paneles y 2 años garantía en montaje e instalación. El tiempo de instalación es de 4 meses.

Las pólizas en instalación que se establecen son las de cumplimiento del contrato, buen manejo del anticipo, la de Estabilidad y calidad de la obra y la de pago de salarios y prestaciones.

Para una edificación de similares características se tiene la información del consumo mensual de 2934.73 kWh, y con el sistema ecosostenible planteado la generación mensual de energía eléctrica sería de 2893 kWh y se requiere un área libre para instalación de 168 m2, Según Evolti, representa a 13 toneladas de CO2 desplazadas, 637 árboles equivalentes.

El Costo Total del Sistema es de \$ 103.048.552, la inversión se retornaría en dos años. Con estos datos, la empresa Evolti proyecta el siguiente flujo de caja y cálculos con respecto al usuario:

Figura 19. Flujo de caja según Evolti para el retorno de la inversión alternativa 2

* Valores Expresados en millones de pesos

Periodo	Ahorro Energía	Beneficios Triburarios	Mantenimiento + Seguro TR	Total	Acumulado	Periodo	Ahorro Energía	Mantenimiento + Seguro TR	Total	Acumulado
año 0	(103,0)				(103,0)	año 13	78,9	-1,97		566,0
año 1	27,8	10,2	-1,38	36,6	(66,4)	año 14	86,0	-2,03	84,0	650,0
año 2	30,3	28,3	-1,42	57,2	(9,2)	año 15	93,8	-2,09	91,7	741,7
año 3	33,1	10,2	-1,46	41,9	32,6	año 16	102,2	-2,15	100,0	841,7
año 4	36,1	-	-1,51	34,6	67,2	año 17	111,4	-2,22	109,2	950,9
año 5	39,4	-	-1,55	37,8	105,1	año 18	121,4	-2,28	119,1	1.070,0
año 6	43,0		-1,60	41,4	146,5	año 19	132,3	-2,35	130,0	1.200,0
año 7	46,9		-1,65	45,2	191,7	año 20	144,2	-2,42	141,8	1.341,8
año 8	51,1		-1,70	49,4	241,1	año 21	157,1	-2,49	154,6	1.496,4
año 9	55,8		-1,75	54,0	295,2	año 22	171,2	-2,57	168,6	1.665,0
año 10	60,8		-1,80	59,0	354,2	año 23	186,5	-2,65	183,8	1.848,8
año 11	66,3		-1,86	64,5	418,7	año 24	203,1	-2,73	200,4	2.049,3
año 12	72,3		-1,91	70,4	489,1	año 25	221,3	-2,81	218,5	2.267,7

Tomado de Cotización Evolti.

Con la información entregada por Evolti, se plantea el siguiente presupuesto:

Tabla 24. Presupuesto alternativa 2

Alternativa 2: Proyecto Construcción Ecosostenible con Paneles Solares				
Costo construcción	No. pisos	área total	Costo directo m2	Costo directo total
Sótanos	3	886,5	\$ 3.000.000	\$ 2.659.500.000
Locales	1	172	\$ 3.500.000	\$ 602.000.000
Apartamentos	11	2525,7	\$ 2.000.000	\$ 5.051.400.000
Áreas comunes	11	609,85	\$ 1.800.000	\$ 1.097.730.000
Costo directo total Construcción				\$ 9.410.630.000
AIU 30%				\$ 2.823.189.000
Subtotal				\$ 12.233.819.000

Costos iniciales	Cantidad	Un	Valor unitario	Valor total
Diseños y permisos	1	Gl.	\$ 188.212.600	\$ 188.212.600,00
Lote	378,7	m2	\$ 6.000.000	\$ 2.272.200.000,00
Mercadeo	1	Gl.	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000,00
Costo directo total				\$ 2.480.412.600
AIU 30%				\$ 744.123.780
Subtotal				\$ 3.224.536.380

Costo Sistema Ecosostenible	Un	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Sistema de generación de energía con paneles solares: 50 Paneles solares Monocristalinos HalfCell (580W) Huawei 20KTL-M3 3F_220V y Huawei 6KTL-L1 1F_220V Estructura en aluminio Cableado, canalizaciones y protecciones Ingeniería y Logística Sistema de Monitoreo Medidor Bidireccional Certificación Retie Pólizas	Gl.	1	\$ 103.048.552	\$ 103.048.552
Certificación Edge	Gl.	1	\$ 4.100.000	\$ 4.100.000
Costo directo total				\$ 107.148.552
AIU 20%				\$ 21.429.710
Subtotal				\$ 128.578.262

Costo total actual del proyecto Alternativa 2			\$ 15.586.933.642
--	--	--	--------------------------

Como otro aporte a la sostenibilidad, es la reutilización de los escombros de demolición mediante la Implementación de un Plan de gestión de residuos en la construcción, usándolos como

forma de estabilización del suelo de fundación del edificio y no implica costo adicional porque el precio del excedente de excavación se equipará con el precio de materiales necesarios para el mejoramiento de la capacidad portante del terreno, esto permite reducir la cantidad de desperdicio generado en un alto porcentaje en comparación con un proyecto tradicional.

El plan de inversión sería el siguiente:

Tabla 25. *Plan de Inversión alternativa 2*

Centro de Costo	Mes de la Inversión	Valor de la Inversión Estimada
Compra de lote	Mes 1	\$ 2.953.860.000
Diseños p1	Mes 2	\$ 81.558.793
Diseños p2	Mes 4	\$ 81.558.793
Licencias	Mes 5	\$ 81.558.793
Mercadeo	Mes 9	\$ 26.000.000
Preliminares	Mes 9	\$ 345.735.000
Cimentación	Mes 9	\$ 1.728.675.000
Construcción sótanos	Mes 10	\$ 1.382.940.000
Construcción piso 1	Mes 13	\$ 642.954.000
Construcción piso 2	Mes 13	\$ 480.347.400
Construcción piso 3	Mes 14	\$ 414.258.000
Acabados piso 1	Mes 14	\$ 428.636.000
Construcción piso 4	Mes 15	\$ 414.258.000
Construcción piso 5	Mes 16	\$ 414.258.000
Construcción piso 6	Mes 17	\$ 414.258.000
Construcción piso 7	Mes 18	\$ 414.258.000
Construcción piso 8	Mes 19	\$ 414.258.000
Construcción piso 9	Mes 20	\$ 414.258.000
Construcción piso 10	Mes 21	\$ 414.258.000
Construcción piso 11	Mes 22	\$ 414.258.000
Construcción piso 12	Mes 23	\$ 414.258.000
Acabados apartamentos	Mes 24	\$ 3.081.951.600
Instalación paneles solares	Mes 25	\$ 32.144.566
Instalación paneles solares	Mes 26	\$ 32.144.566
Instalación paneles solares	Mes 27	\$ 32.144.566
Instalación paneles solares	Mes 28	\$ 32.144.566
TOTAL		\$ 15.586.933.642

Costos de construcción a precios actuales para el primer año suman \$ 6.681.886.380.

Costos de construcción a precios actuales para el segundo año son de \$ 8.776.469.000.

Costos de construcción del sistema ecoeficiente del sistema de paneles solares, a precios actuales para el primer cuatrimestre del año tres son de \$ 128.578.262.

Como conclusión de los cuadros anteriores se puede afirmar que los costos totales de construcción de la alternativa 2, son de \$ 15.586.933.642 y el tiempo estimado de ejecución de obras es de veintiocho meses.

El precio de venta por m² construido de un edificio en una construcción ecosostenible para las condiciones establecidas al momento está en aproximadamente \$4.600.000 (asumido con el aumento de solo \$100.000 por m² de construcción a cambio de reducción vitalicia en costos de energía eléctrica en áreas comunes.

8.1.3 Alternativa 3. Planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes

En esta alternativa se propone una edificación ecoeficiente que integra generación de energía renovable y sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias. Se instalarán paneles solares para abastecer de energía a las áreas comunes, reduciendo la dependencia de fuentes no renovables y disminuyendo costos operativos. Además, se implementarán sistemas de captación de aguas pluviales, que se utilizarán en áreas comunes como jardines y baños, promoviendo un uso sostenible del agua. Este enfoque no solo mejora la eficiencia energética y la gestión de recursos, sino que también contribuye a un entorno más saludable y consciente del medio ambiente, alineándose con las necesidades de sostenibilidad actuales. La combinación de estas estrategias permitirá crear un espacio habitable que prioriza el bienestar de sus ocupantes y la responsabilidad ambiental.

A continuación, se presentan los datos históricos de precipitación anual en Pasto, recopilados desde la estación pluviométrica de Obonuco entre 2021 y 2023. Este periodo ha mostrado variaciones significativas en los patrones de lluvia, con meses de intensa precipitación que contrastan con períodos más secos. Estos datos son cruciales para comprender la disponibilidad de recursos hídricos en la región (oferta hídrica) y su impacto en la gestión del agua (demanda hídrica). En este contexto, el aprovechamiento de aguas lluvias se perfila como una alternativa sostenible para optimizar el uso del agua, especialmente en áreas comunes de la edificación.

8.1.3.1. Oferta Hídrica. En esta sección se presentan las tablas y gráficos de precipitación correspondientes a la estación pluviométrica de Obonuco para los años 2021, 2022 y 2023, lo que permitirá analizar la tendencia y la variabilidad de la oferta hídrica en esta región durante este periodo.

Para calcular en valor mensual de agua recolectada mensualmente, por la cubierta, se multiplica el valor de la precipitación convertida a metros, por el área de la cubierta.

Tabla 26. Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2021

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Enero	26,5	0,027	6,06
Febrero	72,1	0,072	16,4
Marzo	183,5	0,184	41,95
Abril	104,2	0,104	23,82
Mayo	104,9	0,105	23,98
Junio	95,4	0,095	21,8
Julio	90,4	0,090	20,6
Agosto	39	0,039	8,92
Septiembre	21,3	0,021	4,87

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Octubre	88,1	0,088	20,14
Noviembre	145,5	0,146	33,26
Diciembre	172	0,172	39,32

Adaptado del IDEAM (2024).

Figura 20. Pluviosidad mensual año 2021

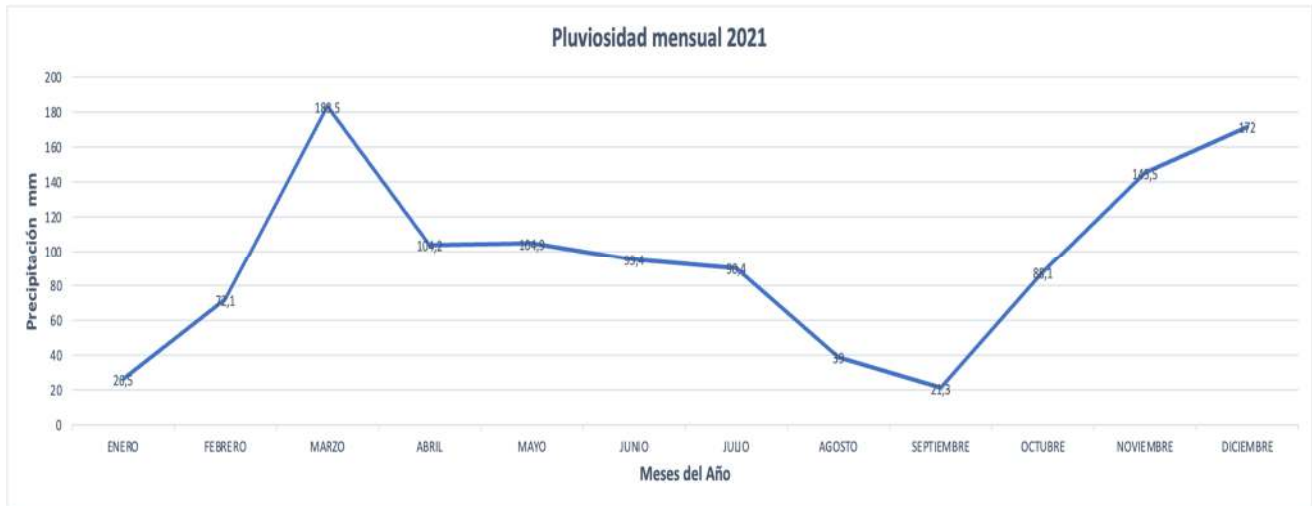


Tabla 27. Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2022.

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Enero	74,8	0,075	17,099
Febrero	144,6	0,145	33,056
Marzo	91,7	0,092	20,963
Abril	109,5	0,110	25,032
Mayo	73,1	0,073	16,711
Junio	162,3	0,162	37,102
Julio	80,7	0,081	18,448
Agosto	18,5	0,019	4,229
Septiembre	53	0,053	12,116
Octubre	120,5	0,121	27,546
Noviembre	59,9	0,060	13,693
Diciembre	39	0,039	8,915

Adaptado del IDEAM (2024).

Figura 21. *Pluviosidad mensual año 2022*

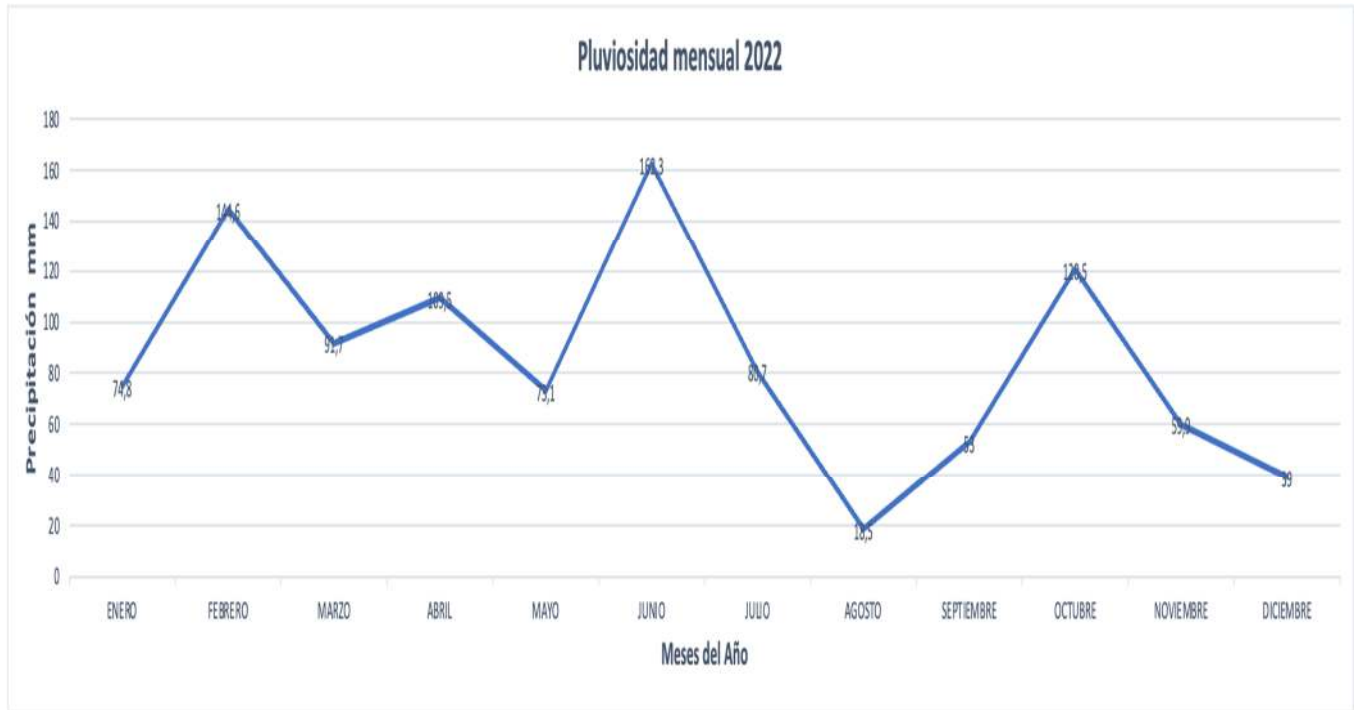
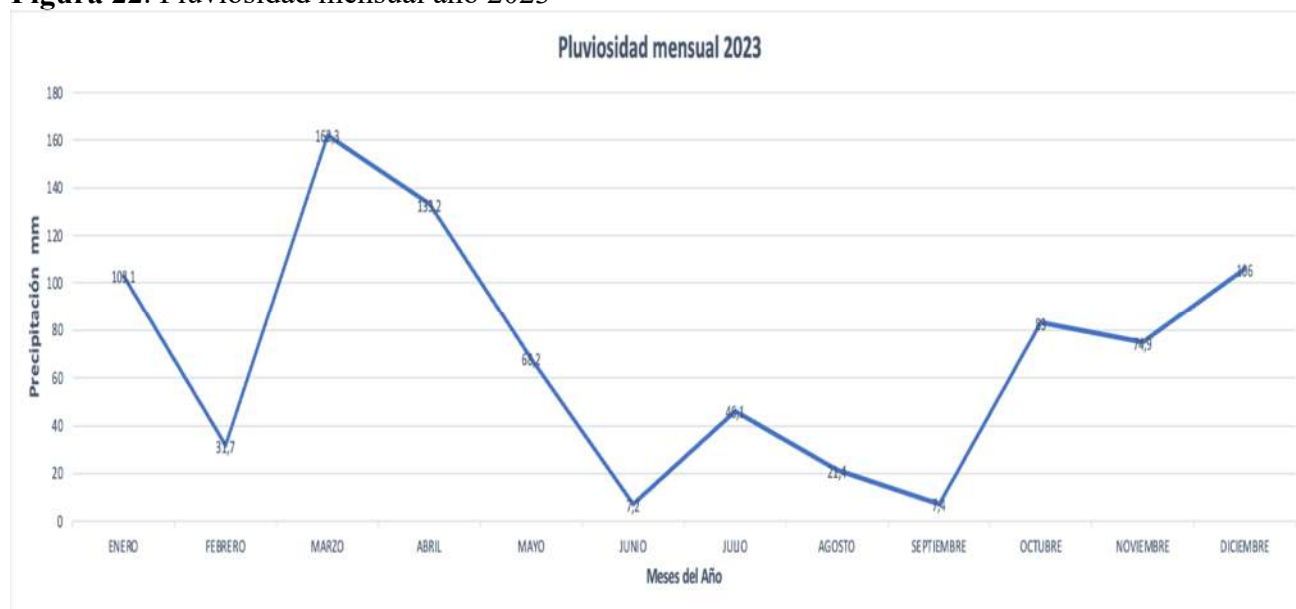


Tabla 28. Estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales datos pluviométricos año 2023.

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Enero	103,1	0,103	23,569
Febrero	31,7	0,032	7,247
Marzo	162,3	0,162	37,102
Abril	133,2	0,133	30,450
Mayo	68,2	0,068	15,591
Junio	7,2	0,007	1,646
Julio	46,1	0,046	10,538
Agosto	21,4	0,021	4,892
Septiembre	7,4	0,007	1,692
Octubre	83	0,083	18,974
Noviembre	74,9	0,075	17,122
Diciembre	106	0,106	24,232

Adaptado del IDEAM (2024).

Figura 22. Pluviosidad mensual año 2023



A partir del histórico de pluviosidad, se determina el promedio anual de precipitación desde enero hasta diciembre. Este cálculo considera el volumen de agua que puede ser captado en la cubierta de la edificación, que tiene un área de 254 m². Para obtener el volumen de agua recolectable, se multiplica esta superficie por el coeficiente de escorrentía establecido en el Reglamento Técnico RAS 2000 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en Colombia), que es de 0,9 para áreas urbanas. Esto permite calcular la cantidad de agua de lluvia que se puede captar para su uso en zonas comunes, jardinería, unidades sanitarias y reservorios de agua.

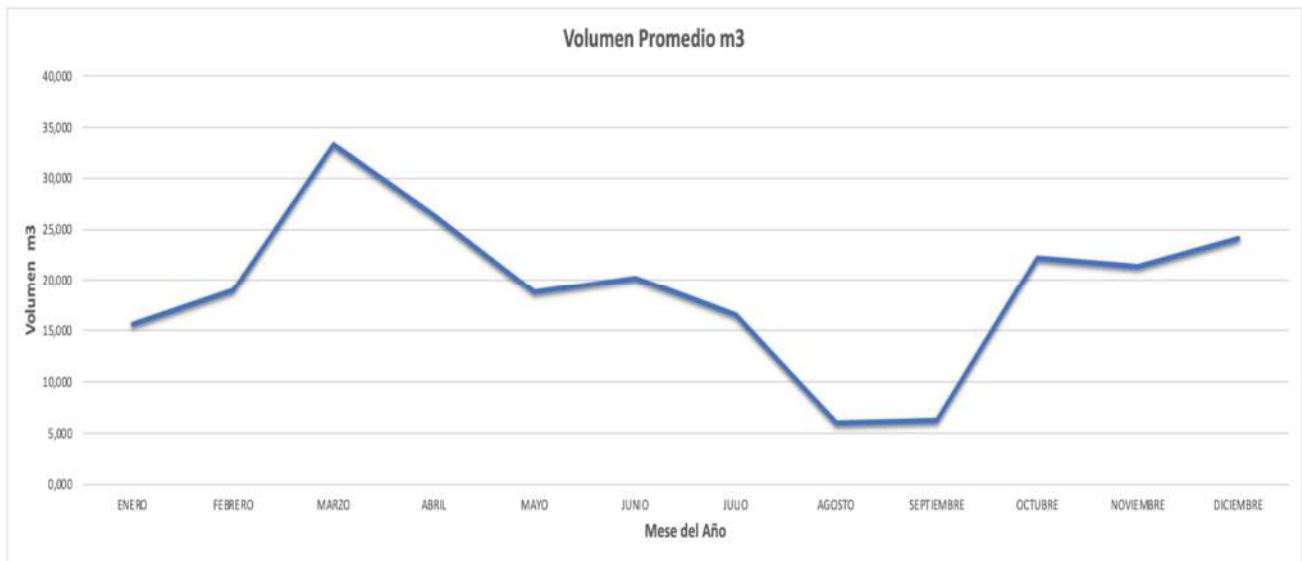
Tabla 29. Promedio por mes de datos años 2021, 2022 y 2023 de la estación 52045010 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales.

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Enero	0,068	15,575	15,575
Febrero	0,083	18,928	34,503
Marzo	0,146	33,338	67,841
Abril	0,116	26,434	94,275

Mes	Precipitación mm	Precipitación m.	Volumen mes m3
Mayo	0,082	18,760	113,035
Junio	0,088	20,185	133,220
Julio	0,072	16,551	149,771
Agosto	0,026	6,012	155,783
Septiembre	0,027	6,226	162,009
Octubre	0,097	22,220	184,229
Noviembre	0,093	21,359	205,588
Diciembre	0,106	24,155	229,743

Nota: Esta tabla muestra los datos históricos de precipitación acumulados de enero a diciembre del año 2021, 2022 y 2023. Así mismo se evidencia el volumen acumulado de m3 que captaría la cubierta de la edificación para las zonas comunes.

Figura 23. *Precipitación mensual años 2021, 2022 y 2023.*



Como resultado de estos cálculos, se obtiene un volumen promedio mensual de 19,14 m³ de aguas lluvias que se pueden captar desde la cubierta de la edificación. Esto significa que el edificio dispondría de este valor aproximado cada mes para satisfacer la demanda de agua necesaria en las zonas comunes.

8.1.3.2 Demanda Hídrica. Para estimar la demanda hídrica necesaria en las zonas comunes del edificio, se presentan valores de referencia basados en estándares comunes y en las recomendaciones de la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, que regulan aspectos de eficiencia y ahorro de agua. Esta resolución establece un consumo total estimado para cuatro personas, considerando el uso del inodoro cuatro veces al día y el lavamanos también cuatro veces. Seguidamente, se presenta la tabla con los resultados obtenidos.

Tabla 30. *Consumo por día unidad sanitaria hombre*

Consumo por día Unidad sanitaria hombre			
Componente	Consumo por litros	Consumo m3	Observaciones
Inodoro	96	0,0960	Si es de bajo consumo, puede ser de 4.8 a 6 litros.
Lavamanos	48	0,0480	Uso promedio de 20 segundos (a 6-10 litros por minuto).
Urinario	32	0,0320	Modelos más eficientes pueden consumir menos de 1 litro por uso.
Consumo Diario m3		0,176	
Consumo mensual m3		5,28	

Tomado de Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.

Tabla 31. *Consumo por día unidad sanitaria mujer*

Consumo por día Unidad sanitaria Mujer			
Componente	Consumo por litros	Consumo m3	Observaciones
Inodoro	96	0,0960	Si es de bajo consumo, puede ser de 4.8 a 6 litros.
Lavamanos	48	0,0480	Uso promedio de 20 segundos (a 6-10 litros por minuto).
Consumo Diario m3		0,144	
Consumo mensual m3		4,32	

Tomado de Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.

Como resultado de lo anterior, se requerirían 9,6 m³ de agua mensual para el funcionamiento de la unidad sanitaria de hombres y mujeres. Así mismo, se estima que se necesitarían 1 m³ para el lavado de pisos, 2 m³ para el riego de jardines y 2,4 m³ para la reserva de agua. En total, se requerirían 15 m³ de agua mensual para satisfacer las necesidades de las zonas comunes del edificio, los cuales estarían almacenados en un tanque subterráneo con las siguientes dimensiones:

Figura 24. Vista en Planta Tanque de almacenamiento subterráneo

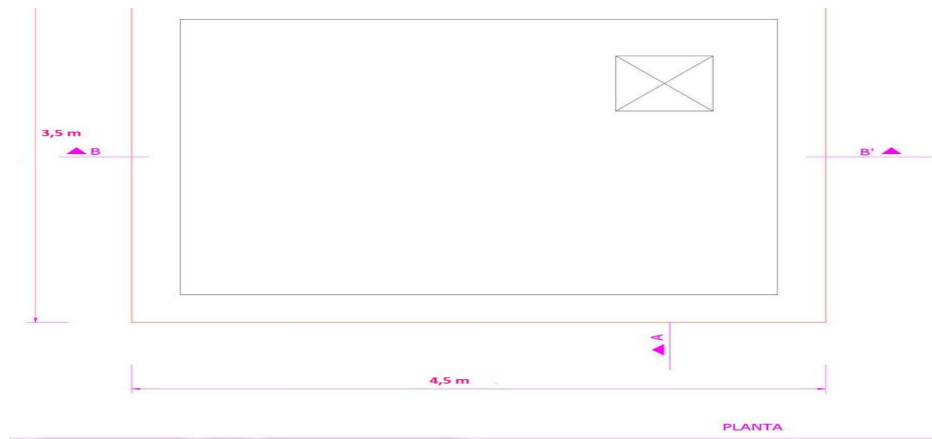
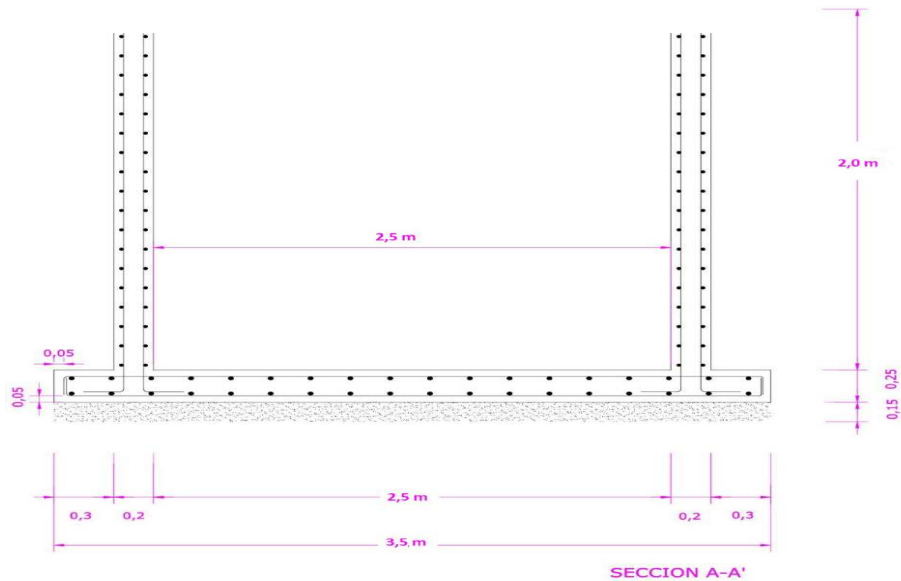


Figura 25. Vista Corte A-A

En el contexto de la construcción del proyecto ecosostenible, la "Alternativa 3: Proyecto de Construcción Ecosostenible con Paneles Solares y Sistema de Recolección de Aguas Lluvias" surge como una solución innovadora y responsable. Este enfoque se fundamenta en un exhaustivo estudio de la demanda y oferta hídrica, que ha permitido calcular el consumo promedio diario y mensual de agua en las zonas comunes del edificio. Considerando aspectos críticos como el uso de unidades sanitarias, el lavado de pisos, el riego de jardines y la reserva de agua, esta alternativa no solo busca optimizar los recursos hídricos, sino también reducir la huella ambiental del proyecto.

A través de la integración de paneles solares y un sistema eficiente de recolección de aguas lluvias, esta propuesta se posiciona como un modelo de sostenibilidad que garantiza el abastecimiento adecuado de agua mientras se fomenta el cuidado del medio ambiente. A continuación, se presenta el presupuesto detallado que respalda esta alternativa, evidenciando su viabilidad económica y su impacto positivo en la comunidad.

Tabla 32. Presupuesto alternativa 3.

Alternativa 3: Proyecto Construcción Ecosostenible con Paneles Solares y Sistema de Recolección de Aguas Lluvias

Costo construcción	No. pisos	área total	Costo directo m2	Costo directo total
Sótanos	3	886,5	\$ 3.000.000	\$ 2.659.500.000
Locales	1	172	\$ 3.500.000	\$ 602.000.000
Apartamentos	11	2525,7	\$ 2.000.000	\$ 5.051.400.000
Áreas comunes	11	609,85	\$ 1.800.000	\$ 1.097.730.000
Costo directo total Construcción				\$ 9.410.630.000
AIU 30%				\$ 2.823.189.000
Subtotal				\$ 12.233.819.000

Costos iniciales	Cantidad	Un	Valor unitario	Valor total
Diseños y permisos	1	Gl.	\$ 188.212.600	\$ 188.212.600,00
Lote	378,7	m2	\$ 6.000.000	\$ 2.272.200.000,00
Mercadeo	1	Gl.	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000,00
Costo directo total				\$ 2.480.412.600
AIU 30%				\$ 744.123.780
Subtotal				\$ 3.224.536.380

Costo Sistema Ecosostenible	Un	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Sistema de generación de energía con paneles solares:				
50 Paneles solares Monocristalinos HalfCell (580W)				
Huawei 20KTL-M3 3F_220V y Huawei 6KTL-L1 1F_220V				
Estructura en aluminio	Gl.	1	\$ 103.048.552	\$ 103.048.552
Cableado, canalizaciones y protecciones				
Ingeniería y Logística				
Sistema de Monitoreo				
Medidor Bidireccional				
Certificación Retie				
Pólizas				
Certificación Edge	Gl.	1	\$ 4.100.000	\$ 4.100.000
Costo directo total				\$ 107.148.552
AIU 20%				\$ 21.429.710
Subtotal				\$ 128.578.262

Costo Sistema de recolección aguas lluvias	Un	Cantidad	Valor unitario	Costo total
--	----	----------	----------------	-------------

Excavación	m3	15	\$ 100.000	\$ 1.500.000
Concreto	m3	15	\$ 380.000	\$ 5.700.000
Acero de refuerzo (140 kg x m3)	Kg.	2100	\$ 5.075	\$ 10.657.500
Malla Geotextil	Un.	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Transporte de Materiales	Gl.	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Mano de Obra	Gl.	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000
Accesorios hidráulicos	Gl.	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Costo directo total				\$ 25.257.500
AIU 30%				\$ 5.051.500
Subtotal				\$ 30.309.000
Costo total actual del proyecto Alternativa 3			\$ 15.617.242.642	

Con estos datos se proyecta el siguiente plan de inversiones:

Tabla 33. *Plan de Inversión alternativa 3.*

Centro de Costo	Mes de la Inversión	Valor de la Inversión Estimada
Compra De Lote	Mes 1	\$ 2.953.860.000
Diseños P1	Mes 2	\$ 81.558.793
Diseños P2	Mes 4	\$ 81.558.793
Licencias	Mes 5	\$ 81.558.793
Mercadeo	Mes 9	\$ 26.000.000
Preliminares	Mes 9	\$ 345.735.000
Cimentación	Mes 9	\$ 1.728.675.000
Construcción Sótanos	Mes 10	\$ 1.382.940.000
Construcción Piso 1	Mes 13	\$ 642.954.000
Construcción Piso 2	Mes 13	\$ 480.347.400
Construcción Piso 3	Mes 14	\$ 414.258.000
Acabados Piso 1	Mes 14	\$ 428.636.000
Construcción Piso 4	Mes 15	\$ 414.258.000
Construcción Piso 5	Mes 16	\$ 414.258.000
Construcción Piso 6	Mes 17	\$ 414.258.000
Construcción Piso 7	Mes 18	\$ 414.258.000
Construcción Piso 8	Mes 19	\$ 414.258.000
Construcción Piso 9	Mes 20	\$ 414.258.000
Construcción Piso 10	Mes 21	\$ 414.258.000
Construcción Piso 11	Mes 22	\$ 414.258.000
Construcción Piso 12	Mes 23	\$ 414.258.000
Acabados Apartamentos	Mes 24	\$ 3.081.951.600
Construcción Tanque	Mes 25	\$ 15.154.500
Instalación Sist Recolección de Aguas Lluvias	Mes 26	\$ 15.154.500
Instalación Paneles Solares	Mes 27	\$ 32.144.566
Instalación Paneles Solares	Mes 28	\$ 32.144.566
Instalación Paneles Solares	Mes 29	\$ 32.144.566

Instalación Paneles Solares	Mes 30	\$ 32.144.566
TOTAL		\$ 15.617.242.642

Costos de construcción a precios actuales para el primer año suman \$ 6.681.886.380.

Costos de construcción a precios actuales para el segundo año son de \$ 8.776.469.000.

Costos de construcción del sistema ecoeficiente del sistema de paneles solares y sistema de recolección de aguas lluvias, a precios actuales para el primer semestre del año tres son de \$158.887.262.

Como conclusión de los cuadros anteriores se puede decir que los costos totales de construcción de la alternativa 3, son de \$ 15.617.242.642 y el tiempo estimado de ejecución de obras es de 30 meses.

Al integrar tecnologías limpias y prácticas sostenibles, este proyecto no solo atenderá las necesidades de agua de las zonas comunes, sino que también contribuirá al bienestar de la comunidad y al cuidado del entorno.

El precio de venta por m2 construido de un edificio en una construcción ecosostenible para las condiciones establecidas al momento está en aproximadamente \$4.650.000 (asumido con el aumento de solo \$150.000 por m2 de construcción a cambio de reducción vitalicia en los costos de servicios de energía eléctrica y agua requeridos en zonas comunes).

8.2 Evaluación de alternativas

En esta sección se realizará un análisis comparativo de las propuestas:

En cuanto al tamaño y localización del proyecto no hay diferencias, pero si las hay en cuanto a mercado, proceso técnico, costos y análisis ambiental.

Tabla 34. *Evaluación de las tres alternativas de solución*

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Técnico	Construcción Convencional: -Sistemas convencionales de energía. - Sistemas tradicionales de agua. - Sin elementos de sostenibilidad - Precio de venta: \$4,500,000/m ²	Edificio con Paneles Solares para áreas comunes: - Sistema de paneles solares Generación mensual: 2,893 kWh Evita la emisión de 13 toneladas de CO2 equivalente a plantar 637 árboles. Área de instalación: 168 m ² . - Garantía: 30 años en paneles - Precio de venta: \$4,600,000/m ²	Edificio con Paneles Solares y Sistema de aprovechamiento de Aguas Lluvias: - Sistema de paneles solares. Generación mensual: 2,893 kWh Evita la emisión de 13 toneladas de CO2 equivalente a plantar 637 árboles. Área de instalación: 168 m ² . Garantía: 30 años en paneles - Sistema de captación de aguas lluvias - Sistema de captación de aguas lluvias Capacidad de recolección: 19.14 m ³ /mes - Demanda hídrica áreas comunes: 15 m ³ /mes - Precio de venta: \$4,650,000/m ² .
Tiempo de ejecución.	24 meses.	28 meses.	30 meses.
Costo actual	\$ 15.458.355.380	\$ 15.586.933.642	\$ 15.617.242.642
Valor estimado de venta actual.	\$ 18.873.225.000	\$ 19.292.630.000	\$ 19.502.332.500
Ganancia inicial	\$ 3.414.869.620	\$ 3.705.696.358	\$ 3.885.089.858
Ganancia neta	\$ 2.219.665.253	\$ 2.408.702.632	\$ 2.525.308.407
% de Ganancia.	14%	15%	16%
Ahorro operacional anual	0	\$ 34.716.000	\$ 41.659.200
Ventajas	Ninguna adicional a la construcción convencional.	- Reducción significativa en costos operativos - Mejor valor de venta. - Cumplimiento de normativas ambientales - Contribución a la sostenibilidad. - Posicionamiento diferenciado en el mercado	-Mayor reducción significativa en costos operativos. - Mayor valor de venta. - Mejor cumplimiento de normativas ambientales - Mayor contribución a la sostenibilidad - Posicionamiento diferenciado en el mercado

8.3 Selección de la alternativa de solución

Se escoge la alternativa 3, el planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando sistemas de construcción ecosostenible completo para áreas comunes, porque con poca inversión adicional, se obtiene mayor rentabilidad a largo plazo, mejor desempeño ambiental, valor agregado para los compradores, cumplimiento de normativas ambientales, posicionamiento como proyecto innovador, reducción de costos operativos, mayor resiliencia ante cambios en costos de servicios públicos, además de mejorar la calidad de vida de los clientes y su entorno mediante la utilización de energías renovables para el autoconsumo, aumentando la eficiencia energética y minimizando la contaminación en el proceso constructivo y operativo de la edificación.

9. Construcción del Modelo Analítico del Proyecto

A medida que se desarrolla la Metodología del Marco Lógico (MML), y una vez seleccionada la alternativa en la fase de identificación, se procede a construir el esquema de la estructura analítica del proyecto. Este proceso implica crear niveles jerárquicos con los objetivos del proyecto, que buscan cambiar positivamente la vida de los residentes del sector residencial de la ciudad de Pasto. Esto se pretende lograr mediante la construcción de un edificio ecoeficiente que satisfaga las necesidades y expectativas de la comunidad, apoyando al crecimiento económico sostenible. Finalmente, se detallan las actividades que serán implementadas en el proyecto.

Figura 26. Esquema Estructura analítica del proyecto

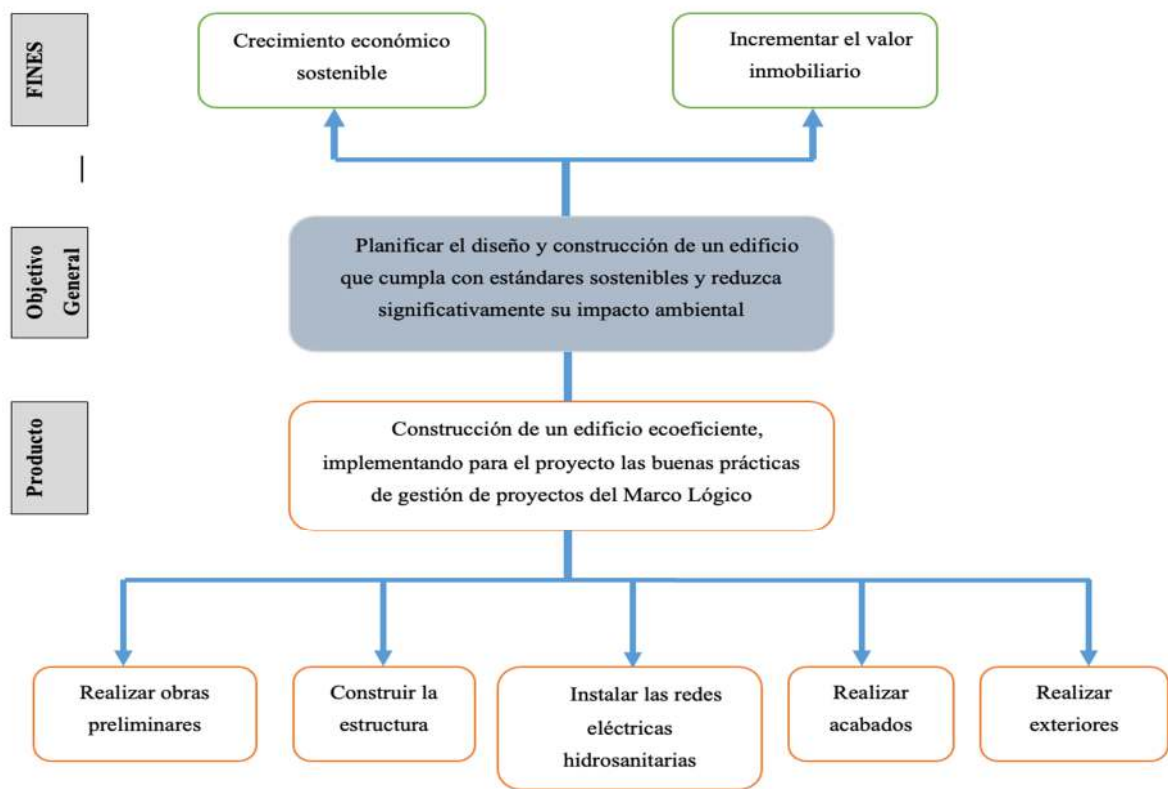


Adaptado de Ortegón, Pacheco & Prieto (2022).

9.1 Estructura Analítica

Esto facilita la esquematización del proyecto, proporcionando una base fundamental para la elaboración subsecuente de la matriz de marco lógico. Esta matriz será esencial para planificar, ejecutar y evaluar el proyecto de manera efectiva.

Figura 27. Estructura analítica del proyecto



9.2 Matriz de marco lógico

Para la construcción de la matriz de marco lógico, se elaboró la Tabla 35, en la cual se registran los elementos de la estructura analítica del proyecto. Esta tabla presenta de forma resumida todos los aspectos importantes del proyecto: fines, propósito, resultados y actividades, proporcionando información detallada sobre los indicadores, medios de verificación y supuestos.

Tabla 35. Matriz de Marco lógico del proyecto

Resumen	Descripción	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Crecimiento económico sostenible	Producto Interno Bruto (PIB)	Tipo de Fuente: informe Fuente: informes anuales del PIB proporcionados por el gobierno o instituciones económicas.	Acceso a financiamiento adecuado para proyectos sostenibles, incluyendo inversiones públicas y privadas.
	Incrementar el valor inmobiliario	Aumento en el precio promedio por metro cuadrado de las propiedades en la zona específica.	Tipo de Fuente: informe Fuente: datos de ventas inmobiliarias y registros de precios de mercado.	Innovación continua en el sector inmobiliario, con nuevas tecnologías y prácticas que aumenten la eficiencia y el valor de las propiedades.
Propósito	Planificar el diseño y construcción de un edificio que cumpla con estándares sostenibles y reduzca significativamente su impacto ambiental, promoviendo acciones ecoeficientes en la construcción y operación, implementando para el proyecto las buenas prácticas de gestión de	Cumplimiento de estándares sostenibles	Tipo de Fuente: informe Fuente: porcentaje de cumplimiento con estándares de construcción sostenible (LEED)	Se obtendrán todos los permisos necesarios para la construcción sin demoras significativas.
		Cumplimiento del plazo de 6 meses	Tipo de Fuente: Cronograma Fuente: comparar las fechas planificadas con las fechas reales de cada hito del cronograma del proyecto	Se contará con el personal capacitado necesario y no habrá alta rotación de personal.
		Control de costos	Tipo de Fuente: Informe Fuente: Porcentaje de ahorro en costos operativos gracias a las medidas ecoeficientes implementadas.	El proyecto contará con el financiamiento necesario y los desembolsos se realizarán a tiempo.

Resumen	Descripción	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
	proyectos del Marco Lógico			
Componentes (productos)	Planificación para la construcción de un edificio ecoeficiente, implementando para el proyecto las buenas prácticas de gestión de proyectos del Marco Lógico	Nombre: Numero de edificios ecoeficientes, construidos. Unidad de medida: Número Meta: 1,00	Tipo de Fuente: nivel de satisfacción de las partes interesadas con respecto al progreso y resultados del proyecto. Fuente: encuestas de satisfacción de las partes interesadas	Colaboración efectiva y continua entre todas las partes interesadas (Departamento, alcaldía, comunidad e inversionistas)
Actividades	Realizar la planificación de obras preliminares Construir la estructura Instalar las redes eléctricas hidrosanitarias Realizar acabados Realizar exteriores	Reuniones de seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico sobre el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.	Tipos de fuente: informe Fuente: cronograma del proyecto y registros diarios de obra. Informe de progresos semanales. Documentación de permisos y certificaciones	Los costos de los materiales de construcción y tecnologías necesarias se mantendrán estables y dentro del presupuesto previsto. Innovación continua en el sector inmobiliario, con nuevas tecnologías y prácticas que aumenten la eficiencia y el valor de las propiedades. La gestión del proyecto será efectiva, siguiendo las buenas prácticas del Marco Lógico sin retrasos ni desvíos significativos.

9.3 Resumen Narrativo

9.3.1 Fin

El proyecto tiene como fin promover el crecimiento económico sostenible mediante la construcción de un edificio ecoeficiente que incremente el valor inmobiliario en la zona. Al implementar tecnologías y prácticas sostenibles, se busca optimizar el uso de recursos, reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de los ocupantes. Esto, a su vez, elevará la competitividad y atractivo del inmueble, generando beneficios económicos duraderos y fomentando un desarrollo urbano equilibrado y responsable.

9.3.2 Propósito

El proyecto es necesario porque desarrolla un plan integral que guíe la construcción de un edificio ecoeficiente, asegurando que el diseño y las prácticas de construcción cumplan con altos estándares de sostenibilidad. Esto permitirá reducir significativamente el impacto ambiental del edificio, desde su construcción hasta su operación, promoviendo el uso eficiente de recursos como energía y agua. Además, la implementación de las buenas prácticas de gestión de proyectos del Marco Lógico garantizará que el proyecto se ejecute de manera efectiva, con objetivos claros, recursos optimizados y resultados medibles, contribuyendo así a un desarrollo urbano más sostenible y responsable.

9.3.3 Componentes o productos

Se propone como alternativa de solución para la problemática identificada planificar, diseñar y ejecutar la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas

ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes. Esta alternativa contempla la instalación de paneles solares para la generación de energía eléctrica, aprovechando una fuente renovable que disminuirá la dependencia de la red eléctrica convencional y reducirá las emisiones de carbono. Además, se implementarán sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes, permitiendo el riego de jardines, la limpieza y otros usos no potables, lo que contribuirá al ahorro de agua y la gestión sostenible del recurso.

9.3. 3.1 Entregables. Para asegurar el éxito en la construcción del edificio ecoeficiente, siguiendo las buenas prácticas del Marco Lógico, se han definido una serie de entregables claves que permitirán guiar y controlar cada etapa del proyecto. A continuación, se describen los principales entregables que formarán parte del plan de proyecto:

- Diseño arquitectónico y planos técnicos que incluye el diseño del edificio, distribución de espacios y de ventilación.
- Presupuesto detallado del proyecto que incluye el costo estimado de todas las etapas del proyecto, desde la planificación y diseño hasta la construcción.
- Cronograma del proyecto que establece las fases, tareas y plazos para la ejecución del proyecto, incluyendo hitos clave y entregables.

9.3.3.2 Actividades. A continuación, se presentan las actividades necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, en este caso la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes:

- Realizar obras preliminares
- Construir la estructura
- Instalar redes eléctricas e hidrosanitarias
- Realizar acabados
- Realizar obras exteriores.

Es importante destacar que la actividad de instalación de redes eléctricas e hidrosanitarias incluye la implementación de un sistema de energía eléctrica mediante paneles solares, así como un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia en las áreas comunes. Este último contempla la construcción de un tanque de almacenamiento con capacidad de 15 m³, destinado a maximizar el uso eficiente del agua de lluvia en dichas zonas.

9.4 Indicadores

Los indicadores son una herramienta clave en la planificación de proyectos bajo el enfoque del Marco Lógico, ya que permiten medir el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos. En este caso, se han definido indicadores específicos para cada uno de los elementos de la Matriz de Marco Lógico, facilitando el seguimiento y la evaluación del progreso del proyecto.

9.4.1 indicadores de propósito

- Cumplimiento de estándares sostenibles

Tipo de Fuente: informe

Fuente: porcentaje de cumplimiento con estándares de construcción sostenible (LEED)

- Cumplimiento del plazo estipulado

Tipo de Fuente: cronograma

Fuente: comparar las fechas planificadas con las fechas reales de cada hito del cronograma del proyecto.

- Control de costos

Tipo de Fuente: cronograma

Fuente: porcentaje de ahorro en costos operativos gracias a las medidas ecoeficientes implementadas.

9.4.2 Indicadores de componentes

Permiten medir el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.

Nombre: número de edificios ecoeficientes construidos.

Unidad de medida: número

Meta: 1,00

9.4.3 Indicadores de Actividades

Miden los procesos que se llevan a cabo para la producción de los componentes:

Nombre: reuniones de seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico sobre el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

9.4.4 Medios de verificación

Las fuentes de información que se utilizarán para la medición de los indicadores de las actividades plasmados en la Matriz de Marco Lógico son los siguientes:

- Informes anuales del PIB proporcionados por el gobierno o instituciones económicas.
- Datos de ventas inmobiliarias y registros de precios de mercado.
- Porcentaje de cumplimiento con estándares de construcción sostenible (LEED).

- Cronograma del proyecto y registros diarios de obra.
- Encuestas de satisfacción de las partes interesadas
- Informe de progresos semanales.
- Documentación de permisos y certificaciones

9.4.5 Supuestos

Los supuestos en la Metodología de Marco Lógico (MML) se refieren a factores externos que no están bajo el control de la gestión del proyecto, pero que pueden influir en su éxito. Para ello, se identifican los riesgos ajenos a la gestión del proyecto que tiene que afrontar éste para tener éxito:

- Acceso a financiamiento adecuado para proyectos sostenibles, incluyendo inversiones públicas y privadas.
- Innovación continua en el sector inmobiliario, con nuevas tecnologías y prácticas que aumenten la eficiencia y el valor de las propiedades.
- La gestión del proyecto será efectiva, siguiendo las buenas prácticas del Marco Lógico sin retrasos ni desvíos significativos.
- Se obtendrán todos los permisos necesarios para la construcción sin demoras significativas.
- Colaboración efectiva y continua entre todas las partes interesadas (Departamento, alcaldía, comunidad e inversionistas)
- Los costos de los materiales de construcción y tecnologías necesarias se mantendrán estables y dentro del presupuesto previsto.

10. Recursos humanos, materiales y económicos

La ejecución de un proyecto de construcción ecoeficiente para la ciudad de Pasto, requiere una cuidadosa planificación y gestión de recursos. Estos recursos se pueden dividir en tres grandes categorías: humanos, materiales y económicos. Cada uno de estos elementos desempeña un papel fundamental en el éxito del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos de sostenibilidad, eficiencia y cumplimiento normativo. A continuación, se analizará en detalle cada tipo de recurso necesario para la ejecución de un proyecto de esta naturaleza.

Los recursos humanos constituyen el componente más importante en la ejecución de cualquier proyecto, ya que involucran la gestión de las personas responsables de planificar, coordinar y ejecutar las tareas del proyecto. En el caso de un edificio ecoeficiente, se requieren especialistas en diversas áreas, que incluyen un Equipo de Gestión de Proyectos, encabezado por un director de proyectos, este equipo es responsable de la planificación, seguimiento y control del proyecto. El director debe tener conocimientos y experiencia en gestión de proyectos de construcción sostenible para maximizar la eficiencia, también se requerirán expertos técnicos en cada fase de proyecto, en la fase de diseño se necesita un arquitecto, un especialista en geotecnia, en estructuras, un ingeniero eléctrico entre otros, en la fase de construcción es necesario un grupo de profesionales como ingeniero residente, profesional SISO, comisión de topografía, maestros de obra, oficiales y obreros, adicionalmente se requieren asesores jurídicos y financieros durante todas las fases del proyecto.

Los recursos materiales son todos los necesarios para la planificación, diseño y ejecución del proyecto, como equipos de cómputo, elementos de oficina, materiales de construcción y dotación del personal.

Los recursos económicos son básicos para que se lleve a cabo el proyecto, aquí se evidencia la necesidad de contar con inversionistas que ofrezcan un gran músculo financiero para

garantizar que el dinero para el pago de recursos humanos y materiales se dispongan en el momento oportuno, según el presupuesto de la alternativa escogida así:

Tabla 36. Recursos económicos alternativa de solución 3.

Proyecto Construcción Ecosostenible con Paneles Solares y Sistema de Recolección de Aguas Lluvias

Costo construcción	No. pisos	área total	Costo directo m2	Costo directo total
Sótanos	3	886,5	\$ 3.000.000	\$ 2.659.500.000
Locales	1	172	\$ 3.500.000	\$ 602.000.000
Apartamentos	11	2525,7	\$ 2.000.000	\$ 5.051.400.000
Áreas comunes	11	609,85	\$ 1.800.000	\$ 1.097.730.000
Costo directo total Construcción				\$ 9.410.630.000
AIU 30%				\$ 2.823.189.000
Subtotal				\$ 12.233.819.000

Costos iniciales	Cantidad	Un	Valor unitario	Valor total
Diseños y permisos	1	Gl.	\$ 188.212.600	\$ 188.212.600,00
Lote	378,7	m2	\$ 6.000.000	\$ 2.272.200.000,00
Mercadeo	1	Gl.	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000,00
Costo directo total				\$ 2.480.412.600
AIU 30%				\$ 744.123.780
Subtotal				\$ 3.224.536.380

Costo Sistema Ecosostenible	Un	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Sistema de generación de energía con paneles solares:				
50 Paneles solares Monocristalinos HalfCell (580W)				
Huawei 20KTL-M3 3F_220V y Huawei 6KTL-LI 1F_220V				
Estructura en aluminio	Gl.	1	\$ 103.048.552	\$ 103.048.552
Cableado, canalizaciones y protecciones				
Ingeniería y Logística				
Sistema de Monitoreo				
Medidor Bidireccional				
Certificación Retie				
Pólizas				
Certificación Edge	Gl.	1	\$ 4.100.000	\$ 4.100.000
Costo directo total				\$ 107.148.552

AIU 20% \$ 21.429.710
Subtotal \$ 128.578.262

Costo Sistema de recolección aguas lluvias	Un	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Excavación	m3	15	\$ 100.000	\$ 1.500.000
Concreto	m3	15	\$ 380.000	\$ 5.700.000
Acero de refuerzo (140 kg x m3)	Kg.	2100	\$ 5.075	\$ 10.657.500
Malla Geotextil	Un.	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Transporte de Materiales	Gl.	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Mano de Obra	Gl.	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000
Accesorios hidráulicos	Gl.	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Costo directo total				\$ 25.257.500
AIU 30%				\$ 5.051.500
Subtotal				\$ 30.309.000
Costo total actual del proyecto Alternativa 3			\$ 15.617.242.642	

11. Cronograma

El cronograma planteado para la planificación, diseño y ejecución de la edificación implementando la construcción del edificio con sistemas ecoeficientes mediante la generación de energía eléctrica con paneles solares y sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia en áreas comunes, se fundamenta en cinco fases básicas:

1. Fase de Inicio: dura cinco meses, 150 días calendario, incluye la elaboración de los estudios preliminares como levantamiento topográfico, diseño arquitectónico, los diseños estructurales, hidrosanitarios, redes contra incendio y eléctricos; y la obtención de las licencias de construcción y permisos normativos.

2. Construcción Etapa 1: en 15 meses se realizará la preparación del terreno, con demolición de las casas, la reutilización de escombros, el retiro de sobrantes, limpieza del área y

cerramiento; la construcción de la cimentación, con actividades de excavación, construcción de muros de contención, zapatas, vigas de cimentación y estructura de sótanos para parqueaderos y para los primeros seis pisos del edificio (columnas, vigas, losas y escaleras).

3. Construcción Etapa 2: en siete meses se ejecutará la estructura de los pisos siete a doce, la construcción de muros y los acabados básicos del edificio como la aplicación de pañete y estuco, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y de redes.

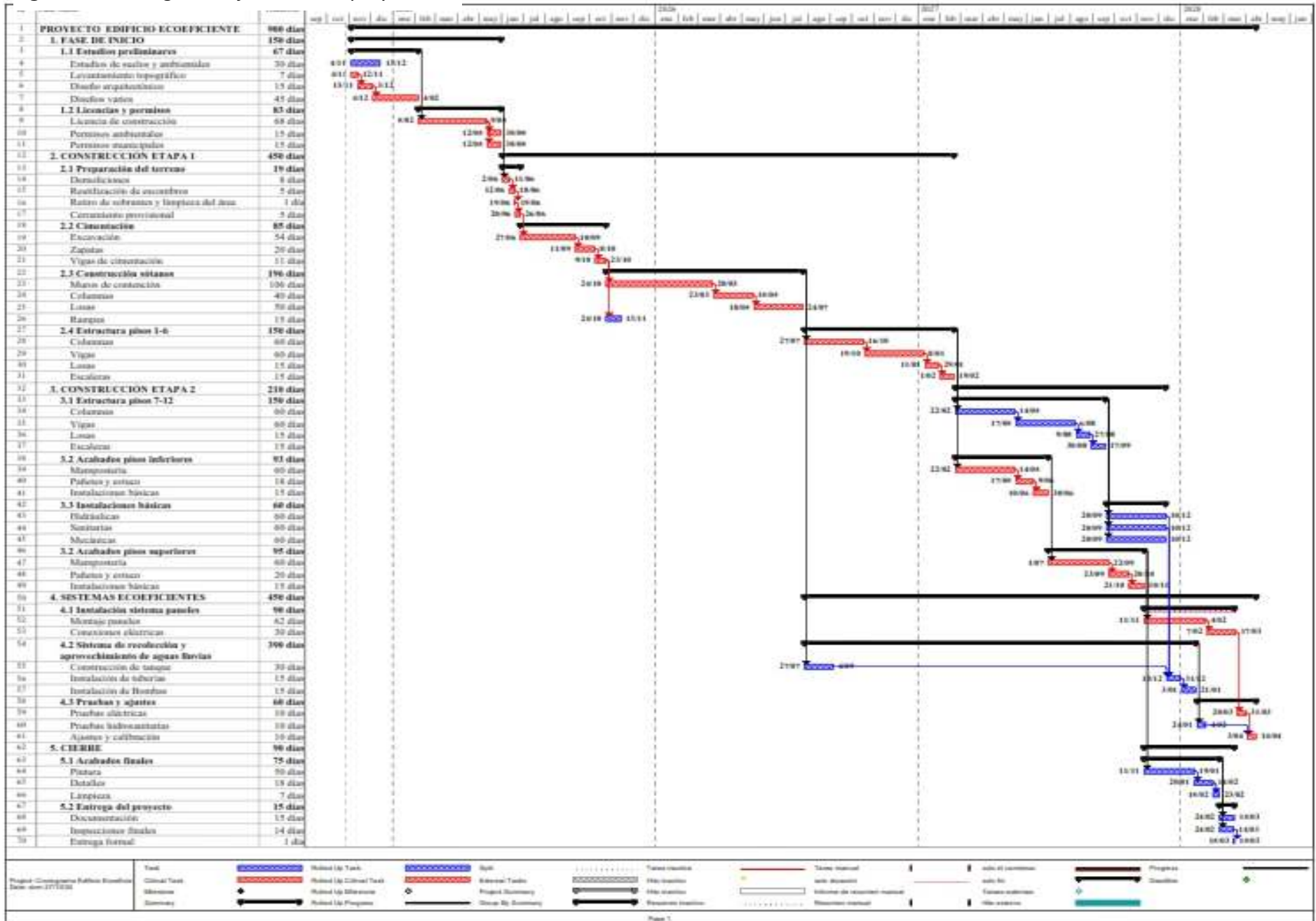
4. Sistemas Ecoeficientes: tiempo de duración en calendario 15 meses, pero en ejecución real son seis meses. Aquí se instala el sistema paneles solares y su conexión al sistema eléctrico, esta etapa en físico dura tres meses, anotando que previamente hay un trabajo de diseño, obtención de permisos y certificaciones. Además, se instalará un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, el tiempo de ejecución en calendario es de 13 meses, pero hay que anotar que en realidad son dos meses, pero la construcción del tanque se inicia después de terminar la estructura de sótanos.

Finalizando la instalación de estos sistemas ecoeficientes se realizan las pruebas y ajustes necesarios para su correcto funcionamiento.

5. Cierre: comprenden los acabados finales, pintura, revisión y entrega del proyecto, con su debida documentación y la entrega formal del edificio. Todo el proyecto se culminará en un plazo total de 30 meses, 900 días calendario.

A continuación, se muestra el cronograma detallado realizado en el programa Microsoft Project

Figura 28. Cronograma ejecución del proyecto



12. Difusión y comunicación

Con base en el plan de proyecto expuesto se presenta a continuación un plan de difusión y comunicación, esencial para asegurar que todos los interesados en un proyecto de construcción ecoeficiente estén debidamente informados sobre su desarrollo, avances y situaciones particulares, la comunicación clara y efectiva permite mantener a los actores clave alineados con los objetivos del proyecto, gestionar las expectativas y facilitar la toma de decisiones.

A continuación, se detalla un plan que cubre la comunicación interna y externa del proyecto que permitirá informar sobre los hitos y logros del proyecto, comunicar de manera transparente y oportuna cualquier retraso, modificación o ajuste, mantener a los interesados y comprometidos con el éxito del proyecto y garantizar que la información fluya en tiempo real y sea accesible para todos los actores clave, como lo son los propietarios y/o inversionistas, el equipo de gestión, los contratistas y subcontratistas responsables de la ejecución técnica y construcción, las autoridades locales y reguladoras, los vecinos y ciudadanos cercanos al proyecto, quienes pueden verse afectados, los clientes y usuarios finales y los medios de comunicación para garantizar transparencia y generar confianza pública.

Cada grupo de interesados necesita recibir la información más relevante según su rol en el proyecto. Los canales y métodos de comunicación deben ser diversos, adaptados a cada audiencia así:

Comunicados formales: estos se emplean para notificar a los propietarios del proyecto y patrocinadores sobre los hitos clave, presupuesto, cronograma y cualquier decisión relevante. Se recomienda enviar informes de progreso quincenales o mensuales a través de correos electrónicos detallados o informes escritos. Los informes y comunicaciones deberán contener la información para que sean claros y efectivos como un resumen ejecutivo con una corta descripción de los avances generales del proyecto, los avances del cronograma destacando los hitos alcanzados y

tareas pendientes, la síntesis del estado financiero con los costos ejecutados y desviaciones del presupuesto si las hubiera, los riesgos identificados con su plan de mitigación, las próximas actividades previstas y por último la gestión de contingencias.

Comités de seguimiento: son esenciales para mantener una comunicación directa y actualizada con el equipo de gestión del proyecto y contratistas. Estas reuniones se deben programar semanalmente para revisar el estado del cronograma, los avances técnicos y resolver cualquier problema de inmediato. Pueden realizarse de manera presencial o virtual.

Reuniones con autoridades reguladoras: son fundamentales en la fase inicial del proyecto, las inspecciones y aprobaciones finales, para asegurar el cumplimiento de todas las normativas locales, se programarán reuniones puntuales con las autoridades encargadas de la regulación medioambiental, seguridad y urbanismo.

Boletines de avances para la comunidad: se entregarían mensualmente y se usarán para mantener informada a la comunidad local y evitar posibles conflictos, se emitirá un boletín mensual que describe el estado del proyecto, los logros alcanzados y cualquier posible interrupción que pueda afectar a la zona (ruidos, desvíos de tráfico, etc.). Estos boletines estarán disponibles en formato digital y se distribuirán a través de plataformas locales y redes sociales.

Página web del proyecto: se desarrollará un portal en línea donde se publicarán noticias, avances, fechas clave y otros detalles del proyecto. Este portal estará disponible para todos los interesados, permitiendo un acceso fácil y transparente a la información, la información debe actualizarse semanalmente o en tiempo real, dependiendo de la naturaleza de los avances.

Las actualizaciones a los usuarios finales se realizarán en la etapa de comercialización del edificio, los compradores o inquilinos potenciales recibirán actualizaciones sobre el progreso de

la construcción y detalles sobre la implementación de los sistemas ecoeficientes. Se utilizará la página web del proyecto, correos electrónicos y llamadas de seguimiento.

Si se presentan sucesos que generen problemas o demoras de impacto relevante en el proyecto, debe implementarse un protocolo de comunicación rápida y transparente, notificando inmediatamente a las personas pertinentes, mediante informes de contingencia y propuestas de solución.

13. Método para la realización de la evaluación de los resultados de la implementación

La evaluación de resultados en la implementación de la planificación, diseño y construcción de un edificio ecoeficiente es un proceso importante para garantizar que los objetivos del proyecto, los beneficios económicos, ambientales y sociales se cumplan de manera efectiva y sostenible, así como medir el impacto de las soluciones ecoeficientes implementadas.

Para ello se deberá comprobar que el edificio se construyó de acuerdo con los estándares de sostenibilidad establecidos; además medir el desempeño de los sistemas ecoeficientes (paneles solares, recolección de aguas lluvias, etc.); también evaluar el cumplimiento del presupuesto y los plazos; por último, determinar el impacto económico y social del proyecto en su entorno.

Como fundamentos de la evaluación se definen los Indicadores Clave de Desempeño (KPI) específicos que midan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos:

- **Indicadores de eficiencia energética:** miden el rendimiento de los paneles solares y otros sistemas de ahorro energético en términos de reducción del consumo de electricidad como el porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables respecto al total consumido.
- **Reducción de consumo de agua potable:** mide la efectividad del sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias, como, por ejemplo, el calcular la reducción en el uso de agua

potable, mediante el registro de cantidad de agua almacenada frente a la usada en zonas comunes y su costo normal, según la empresa prestadora del servicio público.

- **Cumplimiento del cronograma:** mediante el control de obra se evalúa si el proyecto fue completado dentro de los plazos establecidos. Se puede calcular el porcentaje de desviación respecto al cronograma inicial.
- **Cumplimiento del presupuesto:** mediante el control de gastos e ingresos se evalúa si el proyecto sigue el presupuesto planificado. Se puede calcular el porcentaje de desviación respecto al presupuesto original.
- **Impacto ambiental:** se puede medir la reducción de la huella de carbono generada por el edificio, utilizando herramientas de cálculo de emisiones, como las toneladas de CO₂ evitadas al año en comparación con un edificio convencional.
- **Satisfacción de los usuarios:** con este indicador se evalúa la percepción de los residentes del edificio sobre la comodidad, funcionalidad y ahorro generado por el edificio ecoeficiente, puede usarse para ello las encuestas de satisfacción periódicas posteriores a la ocupación.
- **Efectividad del plan de comunicación:** al finalizar cada etapa del proyecto, se evaluará, mediante la recolección de la información de retroalimentación de los interesados clave. Esto permitirá ajustar y mejorar la estrategia de difusión en las siguientes fases del proyecto.

La evaluación de resultados debe llevarse a cabo durante la ejecución del proyecto, principalmente al terminar cada fase, incluyendo controles de calidad, presupuesto y cronograma continuos para identificar posibles desviaciones y tomar acciones correctivas si es necesario. De manera complementaria, deberá realizarse una auditora completa al final de la construcción, ejecutando pruebas de funcionamiento de las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y de redes; así como de los sistemas ecoeficientes con la certificación de cumplimiento de normativas locales

y estándares de sostenibilidad. y por último debe hacerse evaluaciones entre seis y doce meses posteriores a la ocupación para verificar el desempeño real de las instalaciones y sistemas ecoeficientes en condiciones de uso normal y determinar si los objetivos de sostenibilidad, eficiencia energética y cumplimiento normativo fueron alcanzados.

Para llevar a cabo la evaluación de resultados, se utilizarán:

- **Análisis de datos cuantitativos:** los consumos de energía y agua, las emisiones de CO₂ y los costos de operación, serán monitorizados a través de sistemas de gestión energética y dispositivos inteligentes instalados en el edificio. Estos datos permitirán realizar comparaciones con los objetivos planificados.
- **Auditorías técnicas:** profesionales independientes como los responsables de otorgar la certificación EDGE, realizarán auditorías técnicas que certifican el cumplimiento de los estándares ecoeficientes. Estas auditorías abarcarán la evaluación de la infraestructura energética y de agua, así como los materiales utilizados en la construcción.
- **Encuestas de satisfacción:** se aplicarán a los usuarios del edificio para evaluar su experiencia en términos de confort, ahorro y percepción del impacto ambiental. La satisfacción de los usuarios será un indicador cualitativo clave del éxito del proyecto.
- **Revisión de documentos:** se analizarán los informes de avance del proyecto, las actas de reuniones, los presupuestos y las inspecciones realizadas durante la construcción. Esto permitirá verificar si se cumplió con los procesos establecidos durante la planificación.

El equipo de gestión del proyecto será el principal responsable de coordinar la evaluación, pero también habrá otros actores clave involucrados como los consultores en sostenibilidad, auditores externos que realizarán auditorías del rendimiento energético y de agua, así como de la

calidad de la construcción; propietarios e inversionistas, quienes recibirán informes detallados de los resultados y serán responsables de tomar decisiones estratégicas basadas en la evaluación, como ajustes en la operación o mantenimiento del edificio.

Los resultados de la evaluación se entregarán en informes periódicos que se compartirán con los interesados clave, tales como los inversionistas y propietarios del proyecto, las autoridades locales y los clientes finales. Estos informes deben incluir un resumen ejecutivo de los principales sucesos, datos recopilados sobre el rendimiento energético y de agua; comparaciones entre los resultados reales y los objetivos proyectados y las recomendaciones para mejorar o ajustar los sistemas ecoeficientes.

Si los resultados de la evaluación muestran desviaciones significativas respecto a los objetivos planificados, se tomarán medidas correctivas como, por ejemplo, ajustes en programación, presupuesto, reparación o cambio de una obra fallida, etc.

Al final de la evaluación, el equipo de gestión del proyecto revisará las lecciones aprendidas durante el proceso de implementación. Esto permitirá ajustar los planos para futuros proyectos, promoviendo una mejora continua en la construcción de edificios ecoeficientes.

14. Resultados

Los resultados obtenidos en este proyecto de grado son los siguientes:

- Se logró la planificación estructurada y coherente del proyecto para la construcción de un edificio con la incorporación de tecnologías y estrategias amigables con el medio ambiente y

que cumple con principios de sostenibilidad, con un impacto ambiental significativamente reducido en comparación con las construcciones tradicionales.

- Se realizó la aplicación completa y efectiva de las buenas prácticas del Marco Lógico para la planificación de las etapas de inicio, ejecución, operación y seguimiento del proyecto, con una matriz que incluye los objetivos, resultados, actividades e indicadores clave para cada fase del proyecto, lo cual permitirá a los ejecutores asegurar una estructura de gestión completa mejorando la toma de decisiones.
- No se logró la terminación de la planificación del proyecto en seis meses, se realizó en 10 meses.
- Se estableció un sistema de monitoreo y control que permitirá evaluar y optimizar continuamente el rendimiento ecoeficiente del edificio durante su construcción y ciclo de vida operativo.

15. Discusión

Con la realización del Plan de Proyecto para la Construcción de un Edificio Ecoeficiente, en la ciudad de Pasto Nariño, usando la metodología del Marco Lógico y el planteamiento del uso de tecnologías ecoeficientes se logró teóricamente, avances representativos en la reducción e impactos ambientales en el contexto urbano y la optimización del uso de recursos energéticos e hídricos en el proyecto, respaldan el enfoque creciente hacia la construcción sostenible y la necesidad de reducir del uso de recursos naturales que escasean cada vez más. En este proyecto se planteó la implementación de paneles solares y sistemas de recolección de aguas lluvias, sistemas demostrados que hacen viable tener una autonomía energética parcial y una significativa disminución del consumo hídrico en las áreas comunes del edificio. Sin embargo, es necesario

ampliar los aspectos técnicos asociados al rendimiento y efectividad de estas tecnologías ya que, si bien es cierto que se conseguirá una disminución en el uso de energía y agua, la efectividad de los sistemas de energía solar y recolección de aguas lluvias depende, en gran medida, de factores ambientales externos; en el caso de Pasto, la intermitencia solar y los niveles variables de precipitaciones pueden limitar la capacidad de estos sistemas para cumplir con las demandas del edificio durante todo el año, de allí la importancia de contar con sistemas de respaldo y estrategias complementarias para optimizar el rendimiento en condiciones desfavorables.

Se puede afirmar que, con las consultas realizadas en este proyecto de grado, se ponen en evidencia, la necesidad imperativa de implementar mecanismos de sostenibilidad en la construcción, especialmente en cuanto a la capacidad de los edificios ecoeficientes para reducir las emisiones de carbono y contribuir a las directrices gubernamentales nacionales e internacionales en línea con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los resultados obtenidos auguran un proyecto exitoso tanto en aporte a la implementación de la construcción sostenible, disminución importante del impacto ambiental desfavorable y económicamente atractivo tanto para inversionistas como para usuarios, no obstante, es fundamental confrontar estos resultados con estudios y diseños técnicos y financieros más específicos para determinar la validez de las conclusiones y las implicaciones a largo plazo, para viabilizar del proyecto.

Dado que la construcción del proyecto está planteada a nivel de prefactibilidad, no se cuenta con diseños definitivos, y por tanto los datos de los presupuestos de cada alternativa son esquemáticos, en consecuencia los resultados se limitan a la información obtenida de la ejecución de otros proyectos y los suministrados por AVC Inmobiliaria y Constructora, la empresa interesada

en ejecutar el proyecto, para pasar a nivel de factibilidad del proyecto, se deberá hacer los estudios y diseños detallados para así poder realizar un análisis técnico y financiero que permita viabilizar el proyecto.

16. Conclusiones

Las principales conclusiones de la planificación del diseño y construcción del edificio ecoeficiente en Pasto, Nariño, siguiendo las buenas prácticas del Marco Lógico son las siguientes:

- Se determinó que la integración de tecnologías sostenibles en la construcción de edificaciones y la adopción de buenas prácticas de gestión de proyectos, como las del Marco Lógico, pueden generar beneficios tanto ambientales como económicos.
- Con la implementación de sistemas ecoeficientes, como los paneles solares para la generación de energía eléctrica y la recolección de aguas lluvias para su uso en áreas comunes, se reduce el uso de recursos convencionales y disminuye la huella de carbono de la construcción y operación del edificio, validando la eficacia de las soluciones sostenibles propuestas.
- Con una planificación de un diseño ecosostenible eficiente y un plan de gestión de residuos en la construcción, se logra reducir el desperdicio de materiales y optimizar el uso de insumos, minimizando los costos de operación a largo plazo y mejorar el rendimiento económico del proyecto, este enfoque garantiza que no solo será beneficioso desde el punto de vista económico y operativo, sino también desde el punto de vista social y ambiental.
- La aplicación de la metodología del Marco Lógico facilita una gestión integral y estructurada del proyecto, planteando un monitoreo constante y una adecuada toma de decisiones en cada etapa y permitir detectar variaciones y realizar acciones correctivas oportunas.

- Si bien es cierto que los costos iniciales de la implementación de tecnologías ecoeficientes son más altos que los tradicionales, los ahorros generados en uso de energía y de agua, demuestran que el tiempo de retorno de la inversión es corto y que la inversión es rentable y perdurable a lo largo de la vida útil del edificio, además de lograr una autonomía parcial del edificio en términos energéticos y de agua refuerza la viabilidad económica del proyecto a largo plazo.
- Es muy importante la aplicación del sistema de monitoreo planteado para evaluar la efectividad de los sistemas ecosostenibles instalados del edificio y hacer valer las garantías del sistema y poder realizar ajustes oportunos en el caso de necesitarse, manteniendo altos niveles de eficiencia durante su operación.
- Para avanzar en la viabilización del proyecto, se recomienda hacer los estudios y diseños detallados que permitan realizar un análisis técnico y financiero exhaustivo que garantice la fiabilidad de los resultados, ya que esta planificación del proyecto de construcción de un edificio ecosostenible fue realizada a nivel de prefactibilidad.

Referencias

- Al horr, Y., Arif, M., Katafygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., & Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: review of the literature. *Building and Environment*, 114, 246-257.
- Association HQE. (2024). HQE: Haute Qualité Environnementale.
- Association HQE. (2024). Guía de Implementación y Casos de Estudio.
- Camacol. (2016). Informe sobre el impacto de edificaciones verdes en el ahorro de servicios públicos. Cámara Colombiana de la Construcción.
- Corporación Financiera Internacional (IFC). (2019). Casos de Estudio EDGE en Colombia.
- Corporación Financiera Internacional (IFC). (2013). EDGE: Excellence in Design for Greater Efficiencies.
- Corporación Financiera Internacional (IFC). (2020). Proyectos EDGE en Nariño.
- DNP, 2014 Dirección de Desarrollo Urbano del Departamento Nacional de Planeación. Estimaciones de demanda de materiales de construcción
- EPA. (2020). Reducing carbon emissions from buildings. U.S. Environmental Protection Agency. Retrieved from <https://www.epa.gov>.
- European Commission. (2004). Aid Delivery Methods, Volume 1: Project Cycle Management Guidelines. European Union)
- García, M. (2022). Pérdidas en el sistema de distribución de agua en Colombia. *Revista de Recursos Hídricos*, 15(2), 87-102.
- González, J. (2021). Eficiencia en la gestión de residuos en el sector construcción. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 12(3), 45-58. 2021

- Gutiérrez, A., & Morales, J. (2018). Metodología del Marco Lógico: Aplicación práctica en proyectos de desarrollo.
- IDEAM. (2021). Informe sobre el estado del agua en Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- International Energy Agency. (2018). Energy Efficiency 2018: Analysis and Outlook to 2040. IEA Publications
- Kerzner, H. (2021). Mejores prácticas de gestión de proyectos: cómo lograr la excelencia global.
- Kibert, C. J. (2012). Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. John Wiley & Sons.
- Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: Green building design and delivery (4th ed.). John Wiley & Sons
- López, G., & Ruiz, C. (2019). Construcción sostenible: Tecnologías y estrategias aplicadas. Ediciones U.
- Martínez, L. (2022). Estudio sobre el impacto de residuos de construcción en Colombia. Universidad Nacional de Colombia
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Informe sobre la gestión de residuos sólidos en Colombia. Bogotá: Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía, & UPME. (2016). Plan de Acción Indicativo 2017-2022 para el PROURE. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). Certificación Casa Colombia: Manual de Usuario.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2024). Informe de Implementación y Resultados.

PMI (2017). Guía de los Fundamentos de Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Proyecto Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2020). Edificios y construcción sostenibles. PNUMA.

REN21. (2020). Renewables 2020 Global Status Report. REN21 Secretariat)

Rios, E. (2020). Sustainable Materials in Construction: An Overview. *Journal of Sustainable Construction*, 18(2), 135-149.

Schmidheiny, S. (1992). *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*. MIT Press.

Sharma, A. (2019). Water Efficiency in Buildings: Guidelines for LEED. *Water Resources Management*, 33(1), 101-117.

Ubicación de Pasto (s.f). Consultado 2015. http://portalturismo.xn--vivedigitalnario-lub.com/sites/default/files/ubicacion_de_pasto2.jpg.

United States Environmental Protection Agency. (2012). Guidelines for water reuse. EPA.

USGBC. (2023). LEED v4.1 Rating System. U.S. Green Building Council. Retrieved from <https://www.usgbc.org>.

UPME, 2012 Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2012). Estudio de proyección de demanda de materiales pétreos

UPME, 2014 Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Proyección de demanda de materiales de construcción 2013-2023.

U.S. Green Building Council. (2019). LEED v4 for Building Design and Construction. USGBC

Ravena, Miranda, A. (2015), Matriz Poder/Interés e Influencia/Impacto. https://drive.google.com/drive/folders/1NnRIfz7p_XVFA06M54THaWPDBvhrS0tR

Walker, A. (2015). *Project management in construction* (6th ed.). Wiley-Blackwell

- Wang, N., Phelan, P., Harris, C., & Langevin, J. (2018). A review of green building regulations and policies for sustainable construction in developing countries. *International Journal of Sustainable Building*, 27(3), 175-190.
- Wiley, J., Benefield, J., & Johnson, K. (2010). Green design and the market for commercial office space. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 41(2), 228-243.
- Williams, P. T. (2015). *Waste Treatment and Disposal*. John Wiley & Sons.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of "carbon footprint". En *Ecological economics research trends* (pp. 1-11). Nova Science Publishers.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future (The Brundtland Report)*. Oxford University Press.

Apéndices

Apéndice A. Plano Arquitectónico Proyecto de Construcción Edificio Ecoeficiente.