

**CONSTRUCCION SOSTENIBLE: IMPLEMENTACION DE METODOLOGIAS
PARA LA EVALUACION DE LA ECO-EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA.**

**JOSE SEVERO CRUZ ULLOA
YONATAN DUBAN BARRERA SUAN**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

TUNJA

2018

**CONSTRUCCION SOSTENIBLE: IMPLEMENTACION DE METODOLOGIAS
PARA LA EVALUACION DE LA ECO-EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA.**

JOSE SEVERO CRUZ ULLOA

YONATAN DUBAN BARRERA SUAN

Trabajo de Grado para obtener el título de Ingeniero Civil

Director: Ing. Camilo Andrés Lesmes Fabián

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2018

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 16 de Julio del 2018

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento se dirige a:

Primero que todo a dios creador de todas las cosas ya que él nos ha guiado y quien ha forjado nuestro camino, ya que el en todo momento ha estado con nosotros ayudándonos a enfrentar y solucionar problemas actuales para así prepararnos para afrontar los problemas de la vida real y profesional.

A nuestra familia, quienes han sido los más interesados en que salgamos adelante siendo los motores para cada día ser mejores y por brindarnos el amor incondicional en momentos buenos y malos que hemos pasado.

A nuestro director de proyecto Ingeniero Camilo Lesmes Fabián, por estar siempre orientándonos 24 horas del día llenándonos de inmensa sabiduría y conocimiento, sin él no habría sido posible la terminación de nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Construcción.	15
2.2. Construcción Sostenible.....	16
2.3. Construcción Eco-eficiente.	19
2.4. Certificaciones Sostenibles.	21
2.4.1. Certificación LEED.....	23
2.4.2. Tipos de Certificaciones LEED.	24
2.4.3. Sistema de Calificación de la Certificación LEED.	25
2.4.4. Nombre de Certificación de Acuerdo a su Valoración de 1 a 110.....	26
2.4.5. Sistema de Ponderación LEED.	27
2.4.6. Disponibilidad de Capacitación en la Certificación LEED.....	28
2.4.7. Productos con LEED.....	28
2.4.8. Costo de la Construcción Sustentable y Certificada.	28
2.4.9. Beneficios de la Certificación LEED.....	28
2.4.10. Certificación LEED en el Mundo.	29
2.4.11. Certificación LEED en América Latina.	32
2.4.12. Certificación LEED en Colombia.	32
2.4.13. Incentivos Para la Construcción Sostenible.	34
2.4.14. Casos LEED en Colombia	34
2.4.15. Normas Internas del Sistema LEED.	39
2.5. REVIT, Software.....	40
2.5.1. Características Destacadas de Revit.....	41

2.5.2. Revit y la Construcción Sostenible y Eco-eficiente.....	43
3. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	45
4. OBJETIVOS	46
5. METODOLOGÍA	47
5.1. Caracterización del Proyecto Tradicional Para Definir el Nivel de Sostenibilidad.....	47
5.1.1. Localización del Proyecto.	47
5.1.2. Modelación del Proyecto Tradicional Mediante el Software Revit.	47
5.1.3. Modelación del Metabolismo Urbano del Proyecto Tradicional.	47
5.1.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Tradicional.....	48
5.1.5. Elaboración del Presupuesto Para el Proyecto Tradicional.....	48
5.2. Implementación de Alternativas Sostenibles Para el Proyecto Constructivo.	48
5.2.1. Alternativas Sostenibles.	48
5.2.2. Modelación del Proyecto Rediseñado.	48
5.2.3. Modelación del Metabolismo Urbano del Proyecto Sostenible.	48
5.2.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Sostenible.	49
5.2.5. Elaboración del Presupuesto Para el Proyecto Sostenible.	49
5.3. Comparación del Proyecto Tradicional y el Proyecto Sostenible.	49
6. RESULTADOS.....	50
6.1. Caracterización del Proyecto Constructivo.....	50
6.1.1 Localización del Proyecto.	50
6.1.2. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT.....	54
6.1.3. Modelo de Metabolismo Urbano por Piso Para el Proyecto Tradicional.....	58
6.1.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Constructivo Tradicional.	59
6.1.5. Presupuesto Elaborado Para el Proyecto Tradicional.	61

6.2. Implementación de Alternativas Sostenibles.	66
6.2.3. Modelo de Metabolismo Urbano por Piso Para el Proyecto Sostenible.	85
6.2.4. Evaluación de Sostenibilidad del Proyecto Constructivo Sostenible.....	86
6.2.5. Presupuesto Proyecto Sostenible.....	90
6.3. Comparación del Proyecto Tradicional y el Proyecto Sostenible:.....	94
7. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION	95
7.1. Caracterización Proyecto Tradicional y Proyecto Sostenible.	95
7.1.1. Proyecto Tradicional.	95
7.1.2. Proyecto Sostenible.	95
7.2. Modelo de Metabolismo Urbano.	97
7.2.1. Proyecto Tradicional	97
7.2.2. Proyecto Sostenible.....	100
7.3. Presupuesto Tradicional y Sostenible.	103
7.3.1. Presupuesto Tradicional y Sostenible Generado.....	103
7.4. Certificación Tradicional y Certificación Sostenible.	105
7.4.1. Certificación Tradicional.	105
7.4.2. Certificación Sostenible.	105
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
9. GLOSARIO	108
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	109
11. ANEXOS	113
11.1 ANEXO1. Cálculo de paneles solares.	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de Identificación del Producto Eco-eficiente Según la Cumbre del Desarrollo Sostenible.	20
Tabla 2. Nombre de Certificación de Acuerdo a su Valoración de 1 a 110.....	27
Tabla 3. Recursos y Materiales Para LEED.....	39
Tabla 4. Descripción General del Proyecto Constructivo.....	55
Tabla 5. Cuantificación de Consumos Para el Modelo de Metabolismo Urbano de un Apartamento del Proyecto.....	59
Tabla 6. Cuantificación de Emisiones Para el Modelo de Metabolismo Urbano de un Apartamento del Proyecto.....	59
Tabla 7. Cuantificación de Consumos Para el Modelo de Metabolismo Urbano para Cinco Apartamentos del Proyecto.	59
Tabla 8. Cuantificación de Emisiones Para el Modelo de Metabolismo Urbano para Cinco Apartamentos del Proyecto.	59
Tabla 9. Aspectos que Evalúa la Certificación LEED Proyecto Tradicional.	60
Tabla 10. Tipos de certificación a la que se puede ubicar el proyecto de acuerdo a su puntuación.	61
Tabla 11. Presupuesto Proyecto Constructivo Tradicional	62
Tabla 12. Cuantificación de Consumos para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para un Piso del Proyecto Constructivo.....	86
Tabla 13. Cuantificación de Emisiones para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para un Piso del Proyecto Constructivo.....	86
Tabla 14. Cuantificación de Consumos para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para Cinco Apartamentos del Proyecto Constructivo.	86
Tabla 15. Cuantificación de Emisiones para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para Cinco Apartamentos del Proyecto Constructivo.	86

Tabla 16. Resultado de la Certificación LEED en el Proyecto Rediseñado con las Alternativas Sostenibles	86
Tabla 17. Tipos de Certificación en la que se Puede Ubicar el Proyecto de Acuerdo a su Puntuación.....	88
Tabla 18. Presupuesto Proyecto Sostenible.	90
Tabla 19. Ítems y Valores de Presupuesto Tradicional y Sostenible.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valoración certificación.....	25
Figura 2. Edificaciones a Nivel Global con Certificación LEED	30
Figura 3. Top 10 De los países con mayor número de (metros cuadrados brutos) certificados mediante sistema LEED en el mundo.	31
Figura 4. Certificaciones LEED En América Latina.	32
Figura 5. Certificaciones LEED En Colombia.....	33
Figura 6. Edificio Centro Sostenible Para La Innovación y Negocios Ruta N.	35
Figura 7. Homecenter Cajicá.....	36
Figura 8. Edificio Incolmotos Yamaha.	37
Figura 9. Edificio Isagen Medellín.....	38
Figura 10. Edificio Alpina.....	38
Figura 11. Ubicación proyecto (Duitama Boyacá)	50
Figura 12. Parámetros Climáticos Promedios De Duitama.	54
Figura 13. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista frontal).	55
Figura 14. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista lateral).	56
Figura 15. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista lateral).	57
Figura 16. Modelo de Metabolismo Urbano por Unidad de Piso (Secretaria Distrital de Ambiente, 2016).....	58

Figura 17. Implementación en Muros Internos y Fachada de Ladrillo de Madera.	66
Figura 18. Implementación en Muros Internos y Fachada de Ladrillo de Madera.	67
Figura 19. Implementación de Tanques Subterráneos Para Depositar Agua Lluvia.	71
Figura 20. Implementación de Bajante que Conduce el Agua Lluvia.	72
Figura 21. Implementación De Jardines Verticales En Fachada.....	74
Figura 22. Composición De Instalación De Jardines Verticales.....	75
Figura 23. Pasos De Instalación De Jardines Verticales.	75
Figura 24. Panel Solar a Utilizar en el Proyecto Constructivo.	77
Figura 25. Ubicación de Paneles Solares en el Proyecto Constructivo Teniendo en Cuenta las Coordenadas del Proyecto.	78
Figura 26. Ubicación de Paneles Solares en el Proyecto Constructivo Teniendo en Cuenta las Coordenadas del Proyecto.	79
Figura 27. Propuesta Final del Proyecto Constructivo con Todas las Alternativas Implementadas.	83
Figura 28. Propuesta final del Proyecto Constructivo con Todas las Alternativas Implementadas.	84
Figura 29. Modelo de Metabolismo Urbano por Unidad de Piso Luego de Haber Implementado las Alternativas Sostenibles y Eco-eficientes.....	85
Figura 30. Valoración Certificación.....	89
Figura 31. Comparación del Modelo Tradicional y el Modelo Sostenible.	94
Figura 32. Modelo Tradicional.	95
Figura 33. Modelo Sostenible.	95
Figura 34. Modelo Metabolismo Urbano Tradicional.	97
Figura 35. Gráfica Modelo Metabolismo Urbano.....	98
Figura 36. Diagrama de Emisiones.	99
Figura 37. Modelo Metabolismo Urbano Proyecto Sostenible.....	100
Figura 38. Gráfica Modelo de Metabolismo Urbano Sostenible.	101
Figura 39. Diagrama de Emisiones Proyecto Sostenible.	102
Figura 40. Rango Certificación.	105

NOMENCLATURA

NSR 10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
PIB	Producto Interno Bruto
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio del Clima
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (Reino Unido).
CASBEE	Comprehensive Assessment System For Building Environmental Efficiency (Japón)..
DNGB	Deutsche Gessellschaft fur Nachhaltiges Bauen (Alemania).
GREEN STAR	Consejos Australiano, neozelandés y Surafricano de Construcciones Sostenibles.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change.
WGBB	World Green Building Council
USGBG	United States Green Building Council
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
U. S. EPA	la United States Environment Protection Agency.
IESNA	Illuminating, Engineering Society of North America.
FSC	Forest Stewardship Council.
ISO	International Standards Organisation.
ANSI	American National Standards Institute.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
NIST	National Institute of Standards and Technology.
SS	Sitios Sustentables.
WE	Ahorro de Agua.
EA	Energía y Atmosfera.
MR	Materiales y Recursos.
IEQ	Calidad Ambiental de los Interiores.
ID	Innovación en el Diseño.
ETH	Instituto Federal Suizo de Tecnología
EMPA	Instituto Federal Suizo de Materiales Ciencia & Tecnología

RESUMEN

En la actualidad es evidente el alto nivel de contaminantes que los proyectos constructivos emiten a la atmosfera. Por tal razón, esta investigación busca la evaluación de sostenibilidad a un proyecto constructivo aplicando en primer lugar la metodología del metabolismo urbano con el fin de determinar el nivel de eco-eficiencia y posteriormente aplicar los ítems de la certificación LEED para evaluar el nivel de sostenibilidad del proyecto constructivo. Una vez definido el nivel de sostenibilidad del proyecto constructivo, se realizó un rediseño y se volvieron a aplicar las metodologías del metabolismo urbano y la certificación LEED para analizar el nuevo proyecto rediseñado desde el punto de vista social, económico y ambiental.

En la fase del metabolismo urbano se realizó una cuantificación de todos los elementos y materias primas que se necesitan para desarrollar el proyecto identificando los puntos o sectores más críticos presentados. Durante el rediseño se evidenciaron las mejoras cumpliendo con un uso eficiente de los recursos naturales que se emplean (materia prima e insumos), y los procesos de producción que involucran menos energía o hacen uso de fuentes de energía renovables o ambas. En la fase de la certificación, se comparó el proyecto en su sistema tradicional identificando el nivel de sostenibilidad con el proyecto en su versión sostenible. El análisis de los resultados finales incluyó las características ambientales, sociales y económicas del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la sostenibilidad y la eco-eficiencia ha sido reconocida mundialmente como la necesidad de redefinir los enfoques que mejor garanticen la sostenibilidad ambiental (Wandenberg, 2017), ya que la degradación ambiental, como la deforestación, la desertificación, la destrucción de los humedales, la contaminación del aire y del agua, siguen alcanzando proporciones sin precedentes (Bruntland, 2013).

El concepto de eco-eficiencia es entendido como la principal fuente de proporción de bienes y servicios a un precio competitivo, satisfaciendo las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que se reduce progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad estimada que puede soportar el Planeta (Estévez, 2015). De igual manera, el desarrollo sostenible es muy importante ya que es un tipo de desarrollo que utiliza los recursos disponibles en el presente, sin comprometer su existencia en el futuro (Morales, 2009). Las preocupaciones ambientales sobre nuestro planeta se han ampliado dramáticamente en los últimos decenios y figuran ahora entre los más graves desafíos para el bienestar de la humanidad en todo el globo (Meehan, 2015). Comúnmente se ven afectadas todas las naciones, pero con frecuencia son los países más pobres y las poblaciones menos privilegiadas (Banco Mundial, 2008), ya que ellas son quienes soportan la mayor parte de la carga. Sufren grandemente los efectos de la destrucción ambiental y el cambio climático y son los que tienen menos recursos disponibles para adaptarse a unas situaciones cambiantes (Roman, 2015).

La importancia de la eco-eficiencia en los proyectos de construcción tiene un gran valor. Es asegurarse de que los recursos están siendo usados de manera eficiente en los proyectos (Lobo, 2006). Es tasar el impacto ambiental que se está creando mediante la forma en que se obtienen los materiales y el proceso que se utiliza para llevar a cabo el proyecto (Garcia, 2016). Tiene que ver con entender que los proyectos no sólo tienen importancia a nivel del beneficio para el negocio sino también en términos de cómo impacta el medio ambiente, la comunidad y el mundo (Dominguez, 2010). Hay que crear conciencia en los agentes

relacionados con el sector de la construcción para que conozcan los efectos directos de esta actividad económica, en relación con su impacto ambiental (Acevedo, 2012). Ya que la importancia de la sostenibilidad en la infraestructura es un tema que ha ganado cada vez más espacio en el debate global (Esquivel, 2015).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica permite contextualizar hallazgos y estudios previos en los cuales se han trabajado temáticas similares al desarrollo del presente trabajo de investigación.

2.1. Construcción.

La construcción ha estado inmersa en el desarrollo y avance tecnológico de todas las civilizaciones del mundo, si bien, unas han tenido más importancia que otras, tanto grandes como pequeñas culturas han intervenido su espacio en búsqueda de una mejor calidad de vida. La relevancia de esta industria sigue siendo transversal en todas las economías, pues moviliza una gran cantidad de insumos, impulsa significativamente la generación de empleos directos e indirectos, y contribuye en un porcentaje importante en la formación de capital de los países (Salcedo, 2015). De tal manera, el crecimiento de la construcción global superará al del Producto Interno Bruto en los próximos diez años, con China e India que representarán un 38 por ciento de la expansión sectorial de 4,8 billones de dólares al 2020. Con una población que aumenta aceleradamente, una veloz urbanización y un robusto crecimiento económico, los mercados emergentes representarán el 55 por ciento de la construcción mundial de aquí al año 2020, desde el 46 por ciento actual (Roumeliotis, 2011). El estudio llevado a cabo por las firmas de investigación de mercado “Global Construcción Perspectivas y Oxford Económicas”, prevé que durante la próxima década se invertirán 97,7 billones de dólares en construcción a nivel mundial y el sector se expandirá un 5,2 por ciento en promedio cada año, superando el crecimiento del PIB global. En la actualidad, el sector de la construcción representa más del 11 por ciento del PIB mundial y el informe predice que la construcción será un 13,2 por ciento del PIB mundial en el 2020. Sólo siete países (China, India, Estados Unidos, Indonesia, Canadá, Rusia y Australia) representarán el 65 por ciento del crecimiento en la construcción mundial al 2020. Después de superar a Estados Unidos como el mayor mercado de la construcción en el 2010, el sector en China crecerá más del doble en tamaño a 2,5 billones de dólares para el 2020, lo que representaría una quinta parte de la construcción del mundo.

El gasto en construcción en India superará al de Japón, que exhibe el crecimiento más bajo del rubro entre las naciones desarrolladas (Roumeliotis, 2011).

En Colombia, el sector de la construcción en el año 2017 tuvo un año de recuperación lenta y pausada, lo que asegurará un mejor panorama para el 2018. Así lo demuestran las cifras que proyecta el Gobierno Nacional, pues espera que el Producto Interno Bruto (PIB) logre un crecimiento de 2,7%, impulsado por el desempeño de algunas actividades como servicios financieros, construcción y suministro de electricidad, gas y agua, los cuales lograrán una variación superior a 3% durante este año (Cardenas, 2018). Se espera iniciar el año 2019 con la construcción de 150 mil unidades de vivienda, lo que significa un incremento aproximado del 4,6% (Revista Portafolio, 2017).

El crecimiento del Departamento de Boyacá se ha ido reflejando paulatinamente a través del aumento de las unidades habitacionales, hecho especialmente dado en el sector urbano; Así mismo, este dinamismo se genera gracias a las acciones en relación con las inversiones públicas y privadas, que a su vez han impactado de manera positiva el sector de la construcción, como se evidencia en las siguientes estadísticas: El PIB proyectado y referente al sector de la construcción para el Departamento de Boyacá, presentó un incremento del (12,3%) en el año 2015 con referencia al año anterior, una tasa de crecimiento del valor agregado del (18,03%) en el 2014 con respecto al año 2013 y para el 2013 un incremento del (6.29%) con referencia al año 2012 y mismo se espera el incremento en los próximos años (Avella, 2015).

2.2. Construcción Sostenible.

Es un sistema constructivo que promueve alteraciones conscientes en el entorno, atendiendo las necesidades de habitación y uso de espacios del hombre moderno, preservando el medioambiente y los recursos naturales, garantizando calidad de vida para las generaciones actuales y futuras (Araujo, 2013). Todas las actividades que se realizan impactan en el medio ambiente y la construcción de vías y edificios no escapa de esta responsabilidad. Incluso, la UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) dice que durante este proceso hay emisiones de gases efecto invernadero, y que a nivel mundial se calcula que representen una carga del 40 por ciento de estos, lo que

conlleva al cambio climático, la pérdida de diversidad biológica y disminución de las reservas de agua dulce. Otro análisis es el que hace el Panel Intergubernamental del Cambio del Clima (IPCC por su sigla en inglés): En general, el entorno edificado es responsable a nivel mundial del 20 por ciento del consumo de agua potable, del empleo de la madera cultivada en un 25 por ciento, del uso de la energía en un 40 por ciento y del gasto de materias primas en un 50 por ciento. Además, cuando las obras, por el correr del tiempo, deben ser demolidas, dejando recursos no reutilizables, lo que hace necesario producir más materiales para seguir construyendo, y son procesos que requieren grandes cantidades de combustible, materias primas y energía (Portafolio, 2015). Según el nuevo estudio “Tendencias Globales de Construcción Sostenible 2016” de Dodge Data & Analytics, la construcción sostenible se duplicará en los próximos tres años alrededor del mundo, al pasar de 18% a 37% del total del mercado de la construcción. Junto con México, Brasil, Arabia Saudita, Sudáfrica, China e India (LEED Consejo Colombiano, 2016), este documento presenta 5 tendencias sostenibles para el ejercicio de la construcción.

- a) **Edificios de Energía Cero:** Uno de los aspectos más relevantes para crear proyectos de construcción sostenible es la reducción en el consumo de energía. Esta tendencia propone que los edificios trabajen de forma independiente a la red eléctrica convencional, adoptando fuentes alternativas de energía como la solar, la eólica o los biocombustibles, lo cual trae como resultado que la generación propia de energía a lo largo de un año sea igual a la energía demandada, teniendo un balance de consumo energético igual a cero. El diseño y las nuevas tecnologías son aspectos fundamentales para construir proyectos donde se haga un uso eficiente de la energía. A largo plazo este tipo de edificaciones otorgan como beneficio grandes ahorros.
- b) **Rehabilitaciones Verdes:** Intervenir edificaciones existentes para mejorar su desempeño energético, la calidad de sus espacios interiores e impactar de manera positiva al medio ambiente, es una actividad que ha cobrado fuerza en el sector. En ocasiones la mejor opción no es derrumbar para empezar de cero, pues estos procesos generan mayor contaminación con actividades como el transporte para remover escombros y el consumo de energía por parte de la maquinaria que se requiere. En

estas rehabilitaciones se busca conseguir mayor confort, aumento de la calidad de vida de las personas que habitan el espacio y preparar la edificación para aprovechar las condiciones medioambientales como la luz y la ventilación natural.

- c) **Infraestructuras Urbanas:** Los proyectos de ciudad ya no son construcciones aisladas. Más bien deben ser espacios públicos y edificaciones que tengan criterios sostenibles para mejorar la calidad de vida de los habitantes y velar por la conservación de la vegetación y la fauna de cada territorio. También deben contar con una planeación estratégica donde el uso de materiales, el diseño y la protección de los recursos naturales estén presentes en todas las fases de desarrollo.
- d) **Nuevos Materiales:** Los materiales que van a emplearse a la hora de realizar un proyecto deben cumplir con características biodegradables y deben ser reciclados o reciclables por varias razones: Su utilización afecta directamente la salud de las personas y genera impacto ambiental. Es importante analizar el destino final de los desechos cuando terminan las construcciones. La idea es que sean residuos que contaminen lo menos posible, Los nuevos materiales van de la mano del diseño, creando un equilibrio con la estética y la funcionalidad. Por ejemplo, existen cristales inteligentes que bloquean los rayos del sol, pero cuando el clima es frío cambian sus propiedades para permitir la entrada de calor, esto favorece el ahorro de energía. Asimismo, actualmente en el mercado es posible encontrar concretos de color que disminuyen la generación de islas de calor y concretos permeables que contribuyen al uso eficiente del agua.
- e) **Transición Cultural:** En ocasiones la ausencia de conocimiento es la mayor dificultad para desarrollar prácticas de construcción sostenible. El estudio de Dogde Data & Analytics halló que la falta de conciencia sobre los beneficios de un ejercicio comprometido con el medio ambiente es uno de los obstáculos para su masificación. También considera que las políticas públicas de sostenibilidad deben ser una prioridad para incentivar la transición de los modelos tradicionales hacia nuevas técnicas (Bedoya, 2016).

Colombia es uno de los países con un muy alto potencial de crecimiento, las oportunidades de expansión de la construcción sostenible se ubican en nuevas construcciones, renovación de edificaciones existentes y la creación de un mercado por soluciones habitacionales sostenibles. Para Colombia el estudio estima un crecimiento de 20 puntos porcentuales en los próximos tres años: 18% de los encuestados afirmó que actualmente más de 60% de sus proyectos son de construcción sostenible y para 2018 un 38% espera tener más de 60% de su portafolio compuesto por este tipo de edificaciones producto de la creciente madurez del mercado en cuanto a capacidades y bajos periodos de retorno de la inversión (LEED Consejo Colombiano, 2016).

Los principales retos a superar, según la encuesta que es representativa para el caso colombiano, serán la falta de conciencia de los beneficios de la construcción sostenible entre el público en general y falta de incentivos para masificar estas mejores prácticas. El estudio menciona que en Colombia se vislumbran amplias oportunidades en nuevas construcciones, renovación de edificaciones existentes y la creación de un mercado por soluciones habitacionales sostenibles (LEED Consejo Colombiano, 2016).

2.3. Construcción Eco-eficiente.

Conscientes de la importancia de minimizar la afección provocada por la construcción de viviendas al medio ambiente, para poder así preservarlo, y que futuras generaciones puedan sacar provecho de sus recursos. Se define Eco-eficiencia como el menor consumo de medios para lograr unos fines u objetivos. Como profesionales y técnicos de la construcción, se debe saber la importancia que en proyectos de esta magnitud se gestionen racionalmente los recursos: evitando el gasto innecesario de materiales, planificar como será empleado considerando su modulación y la posibilidad de reutilizarlos o reciclarlos; y limitar así la producción de residuos de las construcciones, porque al saber que los recursos que ahora se tienen no son infinitos y la condición habitable del planeta puede cambiar. Es fundamental, que los materiales de construcción no produzcan deterioro en la

salud humana y tener un mínimo de toxicidad ambiental. Del mismo modo, disminuir el transporte de los materiales a la obra, ubicándolos en sitios cercanos al dónde van a ser empleados, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental.

Tabla 1. Criterios de Identificación del Producto Eco-eficiente Según la Cumbre del Desarrollo Sostenible.

Exigencia Característica	Requisito de Identificación
Elaborado con materiales ambientalmente adecuados	• Minimizar el uso de materias primas • Ser reutilizables • Ser elaborados a partir de materias primas recicladas • Ser elaborados con materiales naturales
Carecer de materiales contaminantes y ser, por ello, alternativos a los que contaminan	• Ser alternativos a los que reducen la capa de ozono • Ser alternativos al PVC y a los policarbonatos • Ser alternativos a los tratamientos de la madera contaminantes
Productos que minimizan el impacto ambiental durante las operaciones de construcción y demolición	• Reducir el impacto por nueva construcción. • Reducir el impacto durante la rehabilitación del edificio. • Reducir el impacto por la demolición
Productos que reducen los efectos ambientales durante su explotación	• Reducir las cargas de calefacción y refrigeración. • Utilizar equipos que conservan la energía y el agua. • Utilizar productos de larga durabilidad y bajo mantenimiento.
Productos que favorecen la salud y la calidad del ambiente interior	• No liberar, en cantidad significativa, contaminantes. • Bloquear la formación y emisión de contaminantes

Fuente: (Ramirez, 2015)

2.4. Certificaciones Sostenibles.

Los ingenieros, arquitectos, urbanistas y constructores, actualmente tienen la obligación ética de generar proyectos sostenibles. Urbanismo sostenible, arquitectura sostenible y construcción sostenible son términos hasta cierto punto redundantes, pues la sostenibilidad debería ser una característica intrínseca del urbanismo. Si así fuera, las certificaciones de construcción sostenible no serían necesarias. Sin embargo, los sistemas de certificación constituyen una guía de apoyo para que se logren proyectos sostenibles, y la certificación de edificaciones, cada vez más frecuente, lo comprueba. Es necesario que todos los involucrados en los desarrollos de proyectos inmobiliarios, como inversionistas, promotores, diseñadores y usuarios finales sean conscientes de la importancia que representa para la preservación del planeta la reducción del impacto ambiental causado por la construcción y operación de edificaciones (Ramirez, 2015).

Al surgir la necesidad de calificar los edificios en términos de sostenibilidad, aparecen los sistemas de certificación de edificios en diversas partes del mundo. La mayoría califican el desempeño de los sistemas del edificio en términos de eficiencia energética, uso de agua, localización, materiales utilizados y la calidad del aire interior. Existen cinco sistemas de certificación reconocidos por el Consejo Mundial de Construcciones Sostenibles (WGBC) que son los siguientes:

- a) **BREEAM** – Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method (Reino Unido).
- b) **CASBEE** – Comprehensive assessment system for building environmental efficiency (Japón).
- c) **DGNB** – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Alemania).
- d) **GREEN STAR** – Consejos Australiano, neozelandés y Sudafricano de Construcciones Sostenibles.
- e) **LEED** – Consejo de Construcción Sostenible de los Estados Unidos, creador de LEED.

El consejo de Construcción Sostenible de Canadá al igual que el de la India, han desarrollado sus propias versiones de LEED con el aval del USGBG (United States Green Building Council). En Colombia y otros países del mundo se han certificado construcciones utilizando el sistema LEED de los Estados Unidos, ya que estos países no han desarrollado sus propios sistemas de certificación. Además, en el mundo únicamente hay 20 países incluidos los mencionados anteriormente que han desarrollado sus sistemas de certificación, y once más que tienen establecidos Consejos de Construcción Sostenible aceptados y avalados por el Consejo Mundial de Construcciones Sostenibles (WGBC), como Brasil, México y Colombia, entre otros, pero que no cuentan con sistemas de certificación creados por ellos mismos (World Green Building Council, 2010) (Ramirez, 2015).

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es en Colombia el único sistema de certificación utilizado hasta el momento, con dos construcciones certificadas y treinta y seis registradas y en proceso de certificación. Adicionalmente, se está desarrollando el Sello Ambiental Colombiano de ICONTEC y revisando el Código de Construcción de Bogotá D. C. para incluir normativas de construcción sostenible. LEED, por ser el sistema de certificación más difundido en Colombia, se utiliza como ejemplo de los aspectos que se deben tener en cuenta para la certificación de edificios. Creado en los Estados Unidos se apoya en normas y estándares de instituciones como la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE, la United States Environment Protection Agency, U. S. EPA, Illuminating, Engineering Society of North America IESNA, el ANSI, y la ISO entre otras para establecer los parámetros, en algunos casos con mayor exigencia que las normas, que se deben cumplir para lograr un edificio “verde”. LEED incluye, en el capítulo de Materiales y Recursos algunas de las características analizadas más adelante pero no todas (materiales locales, renovables, reciclables, reutilizables y efecto isla de calor; los demás no se tienen en cuenta para la certificación LEED, pero apoyado en los estándares ASHRAE se deben tener en cuenta factores como aislamiento térmico), que deben tener los materiales para obtener puntos en el proceso de certificación, pero el USGBG ni ningún otro consejo de construcción sostenible hace directamente las mediciones, pruebas de laboratorio y evaluaciones sobre los materiales.

Las mediciones, evaluaciones y certificaciones de los materiales, insumos y productos utilizados en construcción son hechas por instituciones como el Forest Stewardship Council FSC, que vigila la cadena de producción desde los bosques hasta el producto de madera terminado y tiene representación en más de 50 países. El Green Seal que establece estándares relacionados con la vida útil de productos, servicios y compañías. El Energy Star que certifica el nivel de consumo de energía de equipos eléctricos y el GreenSpec que evalúa productos y materiales para la construcción. Además, están ISO International Standards Organisation, ANSI American National Standards Institute, ASTM American Society for Testing and Materials y NIST National Institute of Standards and Technology, entre otras, que también hacen mediciones y evaluaciones a procesos industriales, materiales y productos para la construcción (como pinturas, alfombras, ventanas terminadas, etc.).

2.4.1. Certificación LEED.

En Colombia, LEED ha cubierto muy exitosamente la demanda de proyectos de construcción que fomentan la sostenibilidad, y en especial los usos no residenciales. Los proyectos que utilicen LEED podrán cumplir con las normas obligatorias derivadas de la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones para nuevas construcciones en Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali, la cual entró en vigor desde junio de 2016 (Decreto 1285/2015 y Resolución 549/2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio). (LEED, 2018)

LEED garantiza un ahorro en costos de energía, menores emisiones de carbono y ambientes más saludables para los lugares que habitamos. El programa está basado en el concepto de proceso de diseño integrado y motiva el logro de un alto rendimiento en áreas clave para la salud humana y el ambiente. También incentiva la toma de decisiones inteligentes de planificación como garantizar el acceso al transporte y servicios públicos, lo que asegura comunidades económicamente viables y habitables. Los requisitos de LEED se desarrollan a través de un proceso abierto y transparente, el cual se basa en un consenso que asegura el aporte de diversos grupos de interés. De igual manera, la certificación LEED se otorga con base a revisiones de tercera parte realizadas por expertos

técnicos. LEED es un sistema de puntos en el cual los proyectos de construcción obtienen puntos LEED por satisfacer criterios específicos de construcción sustentable. En cada una de las siete categorías de créditos LEED, los proyectos deben satisfacer determinados pre-requisitos y ganar puntos. Las cinco categorías incluyen Sitios Sustentables (SS), Ahorro de Agua (WE), Energía y Atmósfera (EA), Materiales y Recursos (MR) y Calidad Ambiental de los Interiores (IEQ). Una categoría adicional, Innovación en el Diseño (ID), atiende la pericia de la construcción sustentable, así como las medidas de diseño que no están cubiertas dentro de las cinco categorías ambientales anteriores. El número de puntos obtenido por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. (LEED, 2018)

2.4.2. Tipos de Certificaciones LEED.

La certificación LEED está disponible para todos los tipos de construcción incluyendo: las construcciones nuevas y las remodelaciones de gran magnitud, edificios existentes, los interiores comerciales, estructura y fachada, escuelas, centros de salud, establecimientos comerciales y el desarrollo de vecindades. Hasta la fecha, existen más de 4.5 mil millones de pies cuadrados de espacio de construcción con el sistema LEED (Certification LEED, 2015).

- a) LEED bd+c** (diseño y construcción de edificaciones): Aplica a las edificaciones en proceso de construcción o de renovación importante (más del 50% del proyecto). Incluye nuevas construcciones (NC), núcleo y fachada, escuelas (SC), comercio, hoteles, centros de datos, hospitales, bodegas y centros de distribución.
- b) LEED id+c** (diseño y construcción de interiores): Aplica a proyectos conformados por un equipamiento interior completo. Incluye oficinas, comercio y hospitales.
- c) LEED o+m** (operación y mantenimiento): Aplica a edificios que están realizando trabajos de mejora o poca o ninguna construcción. Incluye edificios existentes (EB), escuelas (SC), comercio, hoteles, centros de datos, bodegas y centros de distribución.
- d) LEED nd** (desarrollo de barrios): Aplica a los nuevos proyectos de desarrollo de suelo o proyectos de renovación urbana que contienen usos residenciales, no residenciales o una mezcla de estos. Los proyectos pueden estar en cualquier etapa

del proceso de desarrollo, desde la planificación hasta la construcción. Incluye el plan y el proyecto de construcción.

- e) **LEED Homes** (vivienda): Aplica a las viviendas unifamiliares, a las multifamiliares de baja altura (uno a tres pisos) o de mediana altura (cuatro a seis pisos). Incluye vivienda unifamiliar y multifamiliar de baja y mediana altura.

2.4.3. Sistema de Calificación de la Certificación LEED.

CASA Colombia está basado en un total de 110 puntos opcionales, de tal manera que los proyectos de vivienda recibirán un reconocimiento de acuerdo con los puntos alcanzados (LEED, 2018).

Figura 1. Valoración certificación.



Fuente: (LEED, 2018)

Detalles que proporcionan puntos para obtener alguna de las 4 certificaciones, Cada punto es fundamental para alcanzar los más altos estándares y así ganar la mejor certificación (LEED, 2018).

- a) **Sitios Sostenibles:** Define los criterios más convenientes al revitalizar terrenos abandonados o nuevos, se evalúa la cercanía del transporte público, la seguridad, la seguridad en el entorno y el manejo de lluvias. Además, utiliza estrategias para minimizar el impacto de medioambiente, este parámetro se valora de 0 a 24 puntos.

- b) Ahorro de Agua:** Utiliza el recurso dentro y fuera de la organización de una forma eficiente; selecciona especies y artefactos sanitarios de bajos consumos, este parámetro se valora de 0 a 11 puntos.
- c) Energía y Atmosfera:** Para este punto, la empresa debe cumplir con los requerimientos básicos del estándar ASHRAE 90.1-2007, demostrando un ahorro energético de entre 12 y 48 por ciento, comparando con algún caso base que cumpla con el estándar. Por otra parte, se debe monitorear la calidad del aire durante y después de la construcción, así como considerar la ventilación adecuada, este parámetro se valora de 0 a 33 puntos.
- d) Materiales y Recursos:** Describe los lineamientos por considerar en el momento de elegir los materiales; que estos sean reciclados, regionales, renovables o con algún sello verde es un plus y garantiza un puntaje más alto, este parámetro se valora de 0 a 13 puntos.
- e) Calidad Ambiental Interior:** Se evalúa la ventilación interior adecuada, la comodidad térmica y acústica, control de contaminantes y niveles óptimos de iluminación, este parámetro se valora de 0 a 19 puntos.
- f) Innovación en el Diseño:** Se califica de acuerdo con la creatividad de la organización y su equipo de diseño al planear algún aspecto que no esté considerado anteriormente, esta categoría es adicional y se valora de 0 a 6 puntos.
- g) Prioridad Regional:** Se califica de acuerdo a la forma en que la empresa por certificarse aborda las necesidades de la región, esta categoría es adicional y se valora de 0 a 4 puntos.

2.4.4. Nombre de Certificación de Acuerdo a su Valoración de 1 a 110.

La certificación es voluntaria y su objetivo es reducir el impacto medioambiental de la industria de la construcción. Existen cuatro niveles de certificación (LEED, 2018).

Tabla 2. Nombre de Certificación de Acuerdo a su Valoración de 1 a 110.

Puntaje	Certificación	Símbolo
40 a 49	LEED Certificado	 CERTIFICADO 40 - 49 puntos
50 a 59	LEED Plata	 PLATA 50 - 59 puntos
60 a 79	LEED Oro	 ORO 60 - 79 puntos
80 a 110	LEED Platino	 PLATINO 80 - 110 puntos

(LEED, 2018)

2.4.5. Sistema de Ponderación LEED.

La asignación de puntos se basa en las estrategias que tendrán un impacto mayor y positivo en lo que al final tiene más importancia: el ahorro energético y reducción en las emisiones

de CO₂. Cada crédito fue evaluado con respecto a una lista de 13 categorías de impacto ambiental, entre los cuales se encuentra: el cambio climático, la calidad ambiental en los interiores, el consumo de agua y el agotamiento de los recursos, entre otros (LEED, 2018).

2.4.6. Disponibilidad de Capacitación en la Certificación LEED.

U.S. Green Building Council is committed to a sustainable (USGBC) ofrece una variedad de talleres presenciales, cursos en línea y seminarios web de LEED (en vivo y por demanda) (LEED, 2018)

2.4.7. Productos con LEED.

LEED sólo se aplica a proyectos de construcción sustentable. Sin embargo, los productos por separado pueden contribuir en la acumulación de puntos dentro del sistema de certificación ya que los criterios de LEED se basan en el rendimiento. En el intento por cumplir con estos requisitos, los profesionales en LEED identifican productos que tienen los atributos deseados. Sin embargo, algunos criterios LEED requieren los datos específicos de un producto como parte de una solicitud satisfactoria (Certification LEED, 2015).

2.4.8. Costo de la Construcción Sustentable y Certificada.

Las construcciones sustentables no tienen que costar ni un centavo más. Hasta la fecha, los proyectos certificados por LEED demuestran, que sin pagar un dólar más, se puede obtener la certificación LEED y aprovechar de sus beneficios con un enfoque práctico hacia el diseño. De acuerdo a la estrategia que lleve a cabo en la construcción de su proyecto sustentable y el nivel de certificación que busca obtener, puede existir un retorno sobre la inversión a mediano y a largo plazo asociado a las características sustentables adicionales que ameritan una inversión en los primeros costos. (Certification LEED, 2015).

2.4.9. Beneficios de la Certificación LEED.

La certificación LEED es la validación por parte de terceros del rendimiento de una construcción. Los proyectos certificados LEED combinan el rendimiento ambiental, económico y el rendimiento orientado a los ocupantes. Estas construcciones son menos costosas de operar y mantener y ahorran agua y energía. Además, tienen tasas más altas de arrendamiento que los edificios convencionales en sus mercados, son más saludables y

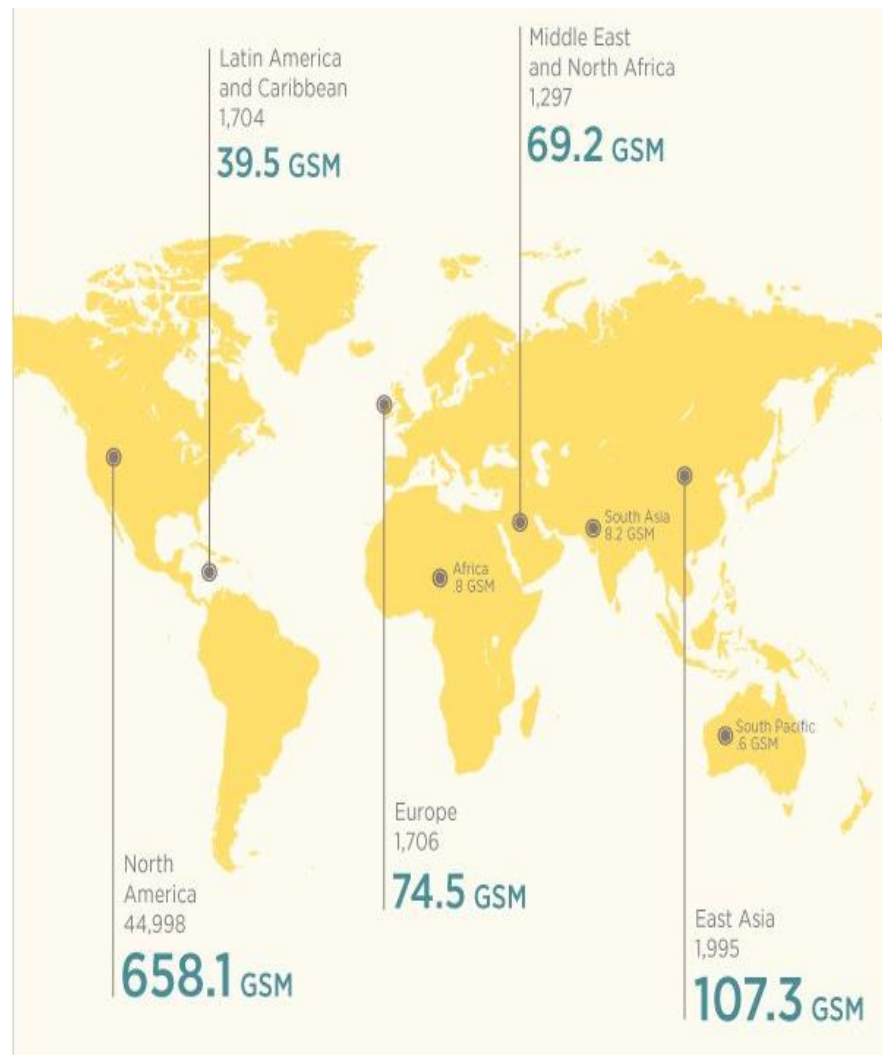
seguras para los ocupantes y son una representación física de los valores de las organizaciones que las poseen y las ocupan (Certification LEED, 2015).

2.4.10. Certificación LEED en el Mundo.

Los proyectos LEED se pueden encontrar en este momento desarrollándose en cerca de 140 países alrededor del mundo en seis de los siete continentes, en el momento no se están llevando a cabo proyectos en la Antártica. El USGBC dio a conocer por medio de un artículo publicado en mayo de 2014 el top de los 10 países con mayor número de certificaciones en el sistema con el fin de dar una visión global que estableciera el impacto de este. Dentro de los países que se encuentran liderando la lista (fuera de Estados Unidos, donde se originó LEED) están Canadá con 17.74 millones de m² brutos, China con 14.30 millones de m² brutos e India con 11.64 millones de m² brutos. Brasil se encuentra en séptima posición en parte debido a toda la infraestructura que dicho país construyó, y a la vez busco certificar, para que se llevara a cabo el Mundial de Fútbol de 2014.

El top diez representan cerca de 61 millones de metros cuadrados con certificación LEED lo que supone un incremento del 41% con respecto al 2013 (Certification LEED, 2015).

Figura 2. Edificaciones a Nivel Global con Certificación LEED



Fuente: (Certification LEED, 2015)

Figura 3. Top 10 De los países con mayor número de (metros cuadrados brutos) certificados mediante sistema LEED en el mundo.



Fuente: (Certification LEED, 2015)

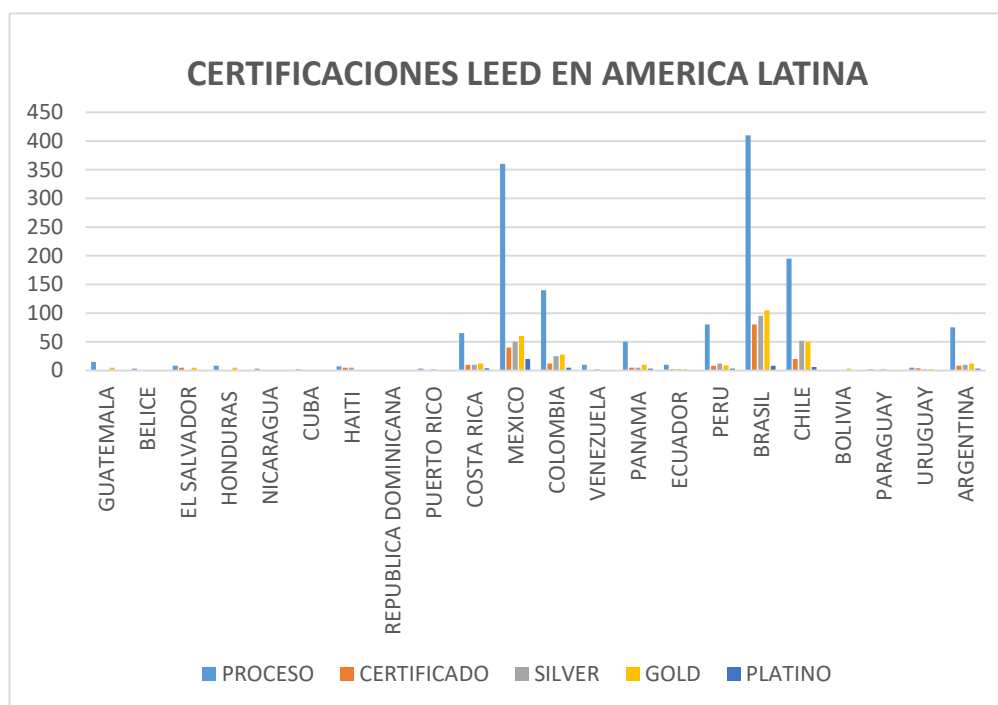
De acuerdo al número de puntos que obtenga un proyecto se determinará el nivel de certificación que este alcanzará; son cuatro niveles progresivos. Existe una base a alcanzar de 100 puntos (además hay 6 puntos adicionales por Innovación en el Diseño y 4 puntos por Prioridad Regional) si la edificación alcanzó una puntuación de 40 – 49 punto se encuentra en un nivel LEED certificate, de 50 – 59 puntos Silver, de 60 a 79 puntos Gold; si el proyecto alcanza 80 o más puntos se encontrará en el nivel Platinum, el más alto de LEED (Certification LEED, 2015).

2.4.11. Certificación LEED en América Latina.

En A

mérica Latina, Según el listado del USGBC para el 2015 en América Latina existen más de 4000 proyectos LEED tanto certificados como en proceso de certificación. A continuación, se presenta un gráfico en que se muestra la situación actual:

Figura 4. Certificaciones LEED En América Latina.



Fuente: (Paola Ayala, 2016)

2.4.12. Certificación LEED en Colombia.

En Colombia la certificación LEED prácticamente es un sistema nuevo en materia de construcción sostenible, aun así, ha sido una herramienta que fácilmente se adapta a las necesidades del país y su acogida viene en ascenso. Ciudades como Bogotá y Medellín en estos momentos son las pioneras a nivel nacional en la implementación del sistema y al 2013 el país ya contaba con 109 proyectos registrados para LEED según 21 ya aceptados y 9 con certificación Oro. La importancia de las certificaciones nace de la necesidad y el valor agregado de generar una cultura de medición y trazabilidad con respecto a los

impactos ambientales que la construcción genera según cristina gamboa presidente del CCCS. En términos financieros según Ricardo Uribe, gerente general de la constructora Proksol, un edificio sostenible corporativo puede resultar de un 8 a un 10% más caro que uno convencional pero los costos de mantenimiento pueden ser muy efectivos, se estima que entre 10 y 15 años estos ahorros compensan el valor del proyecto (Long, 2018).

Además, desde 2009 se adelanta la creación del Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles con Ministerio de medio Ambiente. Según el listado del USGBC para el 2015 en América Colombia existen más de 180 proyectos LEED tanto certificados como en proceso de certificación y se ubica en 4 lugar a nivel latinoamericano (Ver figura 5).

Figura 5. Certificaciones LEED En Colombia.



Fuente: (Paola Ayala, 2016)

2.4.13. Incentivos Para la Construcción Sostenible.

La formulación de una política marco es el inicio para implantar pilares en la normatividad de un país, varios países a nivel mundial ya implementaron estas políticas Marco luego fueron seguidas por la creación de incentivos de distinta índole. Estos incentivos hacen viables los esfuerzos por implementar sistemas como LEED y da evidencia de las ventajas que conlleva esta nueva manera de construcción en el mundo. Luego de la política y los incentivos la mayoría de países entran en un trance de reglamentación obligatoria y se ha evidenciado en países con movimientos fuertes en materia de construcción sostenible. En Colombia aun no existen incentivos para este tipo de construcción, aun así, el CCCS trabaja con el gobierno nacional en la formulación de la política pública para que Colombia finalmente transite un camino similar al de los países que ya cuentan con avances importantes y que fortalecen cada día el bienestar humano y la calidad del medio ambiente (Paola Ayala, 2016).

Algunos de los incentivos más aprobados por su efectividad son: a) Zonificación verde – zona de densidad, b) Licenciamiento acelerado o Exprés, c) Mandatos o edificios públicos certificados, d) Exenciones en impuestos, e) Incentivos financieros, f) Asistencia técnica, g) Incentivos o ayudas a la actualización de edificios.

2.4.14. Casos LEED en Colombia

En Colombia se encuentran casos exitosos de construcción sostenible con certificación LEED. A continuación, se presentan los estudios de caso más representativos.

- a) Centro Sostenible para la Innovación y Negocios Ruta N:** Se desarrolló en la ciudad de Medellín por iniciativas publico privadas; la alcaldía, Empresas públicas de Medellín y privados etc. Con el fin de impulsar proyectos que tengan innovación tecnológica. El proyecto obtuvo la certificación LEED GOLD y cuenta con atributos importantes en la eficiencia del uso de agua, el uso de energía y procesos de innovación (Isaza, 2015).

Figura 6. Edificio Centro Sostenible Para La Innovación y Negocios Ruta N.



Fuente: (Isaza, 2015)

b) Homecenter Cajicá: El objetivo principal de Homecenter con esta construcción, fue buscar la eficiencia en el uso de los recursos como una estrategia de Marketing para impulsar la venta de sus productos y servicios, encaminados a desarrollar proyectos de diferentes magnitudes en el campo de la construcción. Las principales particularidades sustentables del proyecto son el uso del agua lluvia, paneles fotovoltaicos, ventilación natural entre otros. Todas estas estrategias ayudan en un 70% de ahorro de agua potable y 55% de ahorro energético además de esto en la fase de construcción del proyecto se reciclaron 92,62% de los residuos en el lugar, a partir de rellenos sanitarios, gracias a la separación y la gestión llevada a cabo por asociaciones de reciclaje de la comunidad. Este estudio de caso tiene la certificación LEED platino lo que significa el más alto rango de distinción que ofrece la USGBC (Holmes, 2014).

Figura 7. Homecenter Cajicá.



Fuente: (Revista Equipar, 2014)

- c) **Incolmotos Yamaha:** Es un edificio que cuenta con 2 módulos conectados por un puente, se encuentra ubicado en la ciudad de Girardota Antioquia a 412.9 km de Bogotá y obtuvo la certificación LEED GOLD el 25 de junio del 2013, este proyecto se encuentra dentro de la categoría de nuevas construcciones. La certificación se hizo efectiva gracias a la eficiencia energética y el confort térmica que maneja la infraestructura además de otras variables como: la iluminación, el consumo de agua potable (69% de reducción) y el uso de materiales regionales (CCCS, 2015).

Figura 8. Edificio Incolmotos Yamaha.



Fuente: (Jose Pereira)

- d) Nueva Sede Isagen:** Cuenta con áreas comunes, siete pisos de oficinas y de servicio (con 45 salas de reuniones y 770 puestos de trabajo) y seis pisos de parqueaderos (281 parqueaderos para automóviles y 53 para bicicletas). se instalaron sistemas hidrosanitarios altamente eficientes y se dispuso de una planta para el tratamiento de aguas lluvias, uso de la luz natural y equilibrarla con la luz artificial, aire acondicionado distribuido en los pisos falsos en las zonas de oficinas, con mallas atenuadoras de rayos solares fabricadas con hilos de acero inoxidable. Recibió la certificación LEED GOLD en la categoría de nueva construcción (Pico, 2013).

Figura 9. Edificio Isagen Medellín.



Fuente: (Pico, 2013)

- e) **Edificio Administrativo Alpina:** Fue el primero en certificarse en LEED GOLD en la categoría de nueva construcción, el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Sopo y se realizó bajo los lineamientos del USGBC y con cualidades importantes como las prioridades regionales, eficiencia en el uso del agua y materiales de construcción entre otras (Empresa Conconcreto, 2014).

Figura 10. Edificio Alpina.



Fuente: (Empresa Conconcreto, 2014)

2.4.15. Normas Internas del Sistema LEED.

La certificación LEED se basa e inserta otras normas bases para que esta sea más completa.

Tabla 3. Recursos y Materiales Para LEED.

Recursos y Materiales Para LEED	
Norma Exigida	Resumen
Forest Stewardship Council's Principles and Criteria (El Consejo de Administración Forestal Principios y Criterios)	Utilización de un determinado porcentaje de madera certificada, o de productos elaborados en base a ella.
ISO-14021. Environmental Labels and Declarations. SelfDeclared Environmental Claims Type II (ISO-14021. Etiquetas Ambientales y Declaraciones. Tipo de Reclamaciones Auto declarado Ambiental II)	Especifica los requisitos para gestionar las auto declaraciones ambientales y también describe una metodología de evaluación y verificación general.
CRI Green Label Testing Program	CRI (Carpet and Rug Institute). Evalúa la calidad de alfombras, tapices y sus adhesivos para ayudar a identificar aquellos productos con pequeñas emisiones de VOCs (volatile organic compounds o compuestos orgánicos volátiles), a través de etiquetas verdes
Etiquetas: USDA Certified Organic	Food Alliance Certified, Protected Harvest Certified, Stewardship Council's Blue Eco-Label
ASHRAE - Nivel 1	Apéndice G: Método de Tasación de la Eficiencia del Edificio (Building Performance Rating Method). "Walkthrough assessment": Evaluación de los costos energéticos del edificio y su eficiencia mediante el análisis de facturas del servicio y de una breve encuesta.
EPA (Environmental Protection Agency) Clean Air Act, Título VI, Regla 608. ASHRAE 2003 - Application Handbook	Establece que las fugas anuales de sustancias que dañan la capa de ozono (Ozone Depleting Substances - ODSs) como es el caso de los refrigerantes CFC, que puedan existir en las instalaciones del sistema sean del 5% o menores.

EPA (Environmental Protection Agency) - ENERGY STAR Portfolio Manager	Rangos de referencia para control y evaluación del consumo de energía y agua de edificios completos o departamentos individuales
ASHRAE / IESMA 90.1-2004: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential NC Apéndice G:	Método de Calificación de la Eficiencia del Edificio (Building Performance Rating Method)

Fuente: (Paola Ayala, 2016).

2.5. REVIT, Software.

Revit es un software de diseño inteligente de modelado BIM para arquitectura e ingeniería, que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo. Lo más característico de este software es que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (familias paramétricas) y obtenidos en 3D sobre la marcha a medida que se va desarrollando el proyecto desde la planta baja hacia las plantas superiores. Con Revit construyes un edificio de manera digital. Se podría comparar con el hacer una maqueta, Revit trabaja con el modelo de tecnología BIM, que significa en inglés Building Information Modeling. Es decir, modelas lo que construyes. La diferencia entre el AutoCAD y este programa es que aquí no dibujas, construyes. No pones una línea, pones una viga o un muro. Por eso quien lo maneje debe saber un mínimo del área de la construcción. Revit funciona con componentes. Es como AutoCAD, pero no es igual. Te da la opción de poner ejes y muros arquitectónicos. A los muros les pones puertas y ventanas, además de asignarles un material. También agregar elementos como muebles, columnas o cortinas, por mencionar solo algunos y otros los puedes descargar en la web.

Implementar la tecnología BIM significa abordar el ciclo de vida completo de un edificio, desde el concepto inicial hasta su edificación. Para hacer esto posible debemos apoyarnos en un software de diseño que integre todas las tareas a realizar.

Revit fue creado de forma exclusiva para trabajo en modelado BIM. Se trata de un programa con un motor de cambios paramétricos con una base de datos relacional que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado del diseño arquitectónico, la construcción, y la ingeniería de un edificio, incluyendo todas las especialidades. Este

programa permite crear diseños basados en objetos inteligentes y tridimensionales, los que están asociados para coordinarse automáticamente ante cualquier cambio introducido.

Además, tienes la opción de ver un plano en 3D para modificar alturas o niveles. Esto es muy práctico para hacer correcciones al cambiar un parámetro por ejemplo la altura de un piso. Hace el cambio con los mismos materiales y sin alterar otros parámetros. En unos instantes de trabajar con tu proyecto arquitectónico puedes tener listas las fachadas, plantas y cortes. Si olvidaste poner el piso al proyecto arquitectónico el programa te da herramientas para hacerlo de forma veloz. Hay una herramienta que te permite delinear la zona del piso con solo hacer clic en los muros ya existentes. También si llegas a tener un error al cruzar mal una intersección el programa lo marca en otro color para advertirte que hay que solucionarlo. Los techos se pueden pensar para dos aguas, para bodegas o muchas más posibilidades y claro con herramientas dinámicas. Entre las demás opciones de Revit existen las escaleras. En esta opción el programa tiene algunos tipos prediseñados que si los utilizas te indica las longitudes reales para hacerla posible y así evitar errores. Revit es sencillo y accesible y da la oportunidad de que en poco tiempo se realicen proyectos arquitectónicos completos. Incluso con Modelos 3D mostrados desde diferentes perspectivas (Autodesk, 2016),

2.5.1. Características Destacadas de Revit

Las funciones de este software cubren las necesidades de modelado de la arquitectura, ingeniería y construcción. Algunas de las más importantes son (Autodesk, 2016):

- a) **Componentes de diseño y construcción:** El programa cuenta con herramientas para diseñar el edificio desde su conceptualización hasta la planimetría de la construcción. Esto abarca detalles en muros, pisos, cielos y cubiertas, incluyendo los muros cortina. Además, permite realizar un estudio volumétrico mediante masas, calcular áreas por pisos y experimentar con texturas, materiales y colores, entre otras aplicaciones.
- b) **Sombras Vectoriales:** Al realizar cualquier cambio en la estructura, orientación y otros detalles que modifiquen la disposición de elementos frente a la luz, las sombras se ajustan inmediatamente, permitiendo visualizar el efecto de los cambios en la iluminación.
- c) **Perspectivas seccionales:** Permite analizar todos los ángulos del edificio desde distintas perspectivas y en distintas secciones, incluyendo vistas con líneas ocultas, sombras y siluetas.
- d) **Modelo de proyecto integrado:** Posee un conjunto de herramientas para coordinar las distintas áreas del proyecto, sus documentos e información relacionada. Produce referencias automáticas de dibujo, estima costos, permite modificar la geometría solo al ingresar números, coordina las versiones para que todos los datos, gráficos, detalles y dibujos estén actualizados en todas partes, entre varias otras funciones orientadas a optimizar los tiempos y mejorar la calidad de las entregas.
- e) **Modelado de terreno y exteriores:** Permite diseñar el edificio tomando en cuenta el contexto exterior, entregando diseños de pisos y patrones. También ofrece una biblioteca con vegetación y otros elementos, como la maquinaria de construcción, para planificar los procesos de construcción de forma adecuada.
- f) **Ambiente de trabajo multidisciplinario:** Los distintos equipos pueden trabajar de forma simultánea en un edificio y el programa coordinará todos los cambios ingresados.

- g) Presentación y visualización:** Cuenta con renderización integrada que incluye puertas, ventanas y tragaluces en sus cálculos para simular las condiciones de luz natural, entre varias otras funciones. También realiza análisis de área para producir esquemas, tiene un patrón integrado y permite exportar a PDF para imprimir o enviar vía email (Hildebrandt Gruppe, 2015).
- h) Aplicación de Revit:** Revit nos permite coordinar en detalle todos los elementos y áreas cubiertas en nuestro trabajo, minimizando el riesgo de errores en la ejecución y mejorando nuestra eficiencia. En términos generales, hay tres procesos principales que se facilitan con este software: Manejo de archivos. Se concentran todos los archivos en un solo lugar, Registro de datos y cumplimiento de tareas: El programa no permite que se ingresen inconsistencias o se dejen tareas de lado, Actualización por cambios: Al cambiar un elemento, se ejecutan automáticamente todas las modificaciones gatilladas por ese cambio, en todas las áreas y secciones.

Apoyar nuestro trabajo en un software que permite este nivel de detalle y precisión hace posible que desarrollemos nuestros proyectos con absoluta claridad y transparencia, demostrando que ofrecemos siempre la mejor calidad posible en arquitectura e ingeniería de alta complejidad (Hildebrandt Gruppe, 2015).

2.5.2. Revit y la Construcción Sostenible y Eco-eficiente.

Autodesk quiere demostrar cómo los usuarios de Revit pueden usar las capacidades de análisis de energía de la herramienta con “Insight”, un complemento para el rendimiento del edificio, para cumplir con los objetivos de sostenibilidad. Para ello señalan 5 maneras en las que Revit apoya la construcción sostenible (Hildebrandt Gruppe, 2015).

- a) Beneficia Proyectos BIM:** como sabemos, se reconoce al BIM como el aumento en diseño, la innovación y la eficiencia en la construcción por lo que los flujos de trabajo integrados de análisis de energía incluidos en Revit hacen que sea más fácil para los diseñadores de edificios simular y mejorar la eficiencia energética del edificio desde el concepto inicial hasta el diseño detallado.

- b) Retroalimentación a Tiempo Real:** A través del plug-in “Insight”, Revit proporciona una guía rápida e intuitiva orientada a los resultados para mejorar el rendimiento energético y ambiental a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiéndole visualizar e interactuar con indicadores clave de rendimiento, puntos de referencia y especificaciones.
- c) Análisis de Luz Natural:** Revit ayuda a optimizar la huella de carbono de un edificio al facultar a los diseñadores e ingenieros para identificar opciones de iluminación más sostenibles.
- d) Reportes de Calefacción y Climatización:** Los informes generados por Revit explican cuánta energía se necesita para calentar y enfriar el edificio y dónde se usa esa energía.
- e) Cálculos de Radiación Solar:** Revit le permite calcular la radiación solar incidente por superficie de construcción, articular el potencial de PV y el período de recuperación de la inversión. Analizar el impacto del sol en un sitio puede ayudar a los diseñadores a aumentar la eficiencia energética, la comodidad y el valor financiero del edificio.

3. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

El aumento de la demanda en el sector de la construcción trae consigo deterioros ambientales y quebrantos en la calidad de vida de las personas, así mismo el crecimiento poblacional y económico hacen que los recursos naturales de los cuales se hace uso se estén agotando a pasos agigantados, esto viene generando un uso más eficiente y la creación de alternativas las cuales no limiten a futuro el uso de los mismos. El agua, el aire y el suelo son vitales para que la calidad de vida de las personas y las futuras generaciones pueda desarrollarse con normalidad, la construcción así mismo, durante la producción de materiales para la generación de recursos necesarios para obtener un confort ideal para vivir, trae consigo la acumulación de residuos y emisiones que afectan y generan un impacto ambiental importante, en lo cual no se está realizando un proceso de regulación para ir de la mano con certificaciones ambientales las cuales creen un sistema que mida y defina el grado de eficiencia y productividad de la construcción verde. También de esta manera, se analice el impacto de la misma en el medio ambiente. La producción, uso y disposición se contrastan con la gran cantidad de viviendas y obras que se están desarrollando a nivel departamental, nacional y mundial, ya que construir siempre va hacer una necesidad para cualquier familia y para la economía de cualquier sociedad.

El sector de la construcción en el país se encuentra en un desarrollo permanente tanto económico como social, debería empezar a contemplar la utilización eficiente de los recursos, es decir, generar más valor utilizando menos materiales y consumiendo de una manera diferente. De este modo reduciría el riesgo de escasez, y los impactos ambientales se mantendrán dentro de los límites que permite el planeta.

Por lo tanto y teniendo conocimiento de lo anterior es de gran importancia saber el uso y el objetivo de certificaciones como LEED, y poner en práctica modelos como el de metabolismo urbano ya que en un lapso corto de tiempo las construcciones futuras van a exigir certificados como este y con el modelo tener la facilidad de aplicarlo a proyectos de estos tipos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General.

- Implementar alternativas eco-eficientes y sostenibles a un proyecto constructivo ubicado en la ciudad de Duitama para obtener la Certificación LEED de Construcción Sostenible.

4.2. Objetivos Específicos.

- Caracterizar y describir un proyecto constructivo tradicional para definir el nivel de sostenibilidad actual.
- El rediseño del proyecto constructivo implementando estrategias sostenibles.
- Comparar proyecto inicial y final con el fin de analizar el nivel de sostenibilidad desde el punto de vista económico, ambiental y social.

5. METODOLOGÍA

5.1. Caracterización del Proyecto Tradicional Para Definir el Nivel de Sostenibilidad.

5.1.1. Localización del Proyecto.

El proyecto constructivo se ubicó en la ciudad de Duitama, ya que la ciudad se encuentra en alto progreso en el sector de la construcción ubicándose entre las 3 ciudades principales en desarrollo de la región, debido al gran impacto que ha traído consigo la inversión nacional y extranjera en proyectos de construcción de vivienda. El edificio se encuentra ubicado en el Barrio Simón Bolívar y actualmente se encuentra habitado.

5.1.2. Modelación del Proyecto Tradicional Mediante el Software Revit.

Se eligió este software para realizar el diseño del proyecto constructivo tradicional ya que este permite modelar al detalle todos los procesos que se realizan en la construcción real, además es un software que trabaja con coordenadas reales lo cual muestra la orientación de la luz natural y también facilita información acerca de las cantidades que se necesitan para la construcción del proyecto.

5.1.3. Modelación del Metabolismo Urbano del Proyecto Tradicional.

Con el fin de evaluar el nivel de sostenibilidad del proyecto constructivo se aplicó el modelo de metabolismo Urbano, el cual indica la cantidad de bienes y servicios que se utilizan y se necesitan para tener un confort de vida ideal. También ayuda a cuantificar la cantidad de materiales y materias primas que se necesitan para vivir de manera normal. Este modelo puede ser definido de la siguiente manera:

La suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que ocurren en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de desechos (Alvarez, 2014).

Esta metodología fue publicada inicialmente por Christian Schwägerl quien es biólogo y ha desarrollado esta metodología no solo para el sector constructivo sino también para diferentes materiales los cuales se usan y generan alto impacto ambiental. Por lo tanto, se realizó la cuantificación de materias primas para el proyecto constructivo mediante el conocimiento de datos reales de consumos por habitante de servicios públicos. Teniendo conocimiento de esto, se realizó el cálculo por familia de consumos básicos de servicios

públicos conociendo así los sectores más críticos a los cuales se le debe prestar más atención de acuerdo a la certificación LEED.

5.1.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Tradicional.

Después de haber desarrollado la metodología anterior, se evaluó el nivel de sostenibilidad y eco-eficiencia en el cual se encuentra el proyecto constructivo tradicional de acuerdo a la Certificación LEED Vigente, la cual presenta unos aspectos y criterios para poder obtener la misma y así saber si el proyecto está ubicado dentro de la certificación o no lo está.

5.1.5. Elaboración del Presupuesto Para el Proyecto Tradicional.

Teniendo conocimiento que el ámbito económico ocupa un lugar muy grande en cuanto a eco-eficiencia y sostenibilidad, y para realizar una comparación del proyecto tradicional y sostenible se elaboró un presupuesto detallado para conocer su valor inicial, el cual sirvió de base para conocer si el ámbito económico del proyecto hace parte también de la certificación LEED.

5.2. Implementación de Alternativas Sostenibles Para el Proyecto Constructivo.

5.2.1. Alternativas Sostenibles.

De acuerdo a las exigencias de la certificación LEED y a los sectores críticos encontrados en el proyecto tradicional se investigó alternativas que minimicen el consumo y el impacto ambiental del proyecto. Las cuales fueron estrategias del recurso energético, recurso hídrico y estrategias denominadas pasivas y activas donde el objetivo de las mismas es el aprovechamiento eficiente de los recursos.

5.2.2. Modelación del Proyecto Rediseñado.

Después de haber conocido las alternativas sostenibles más convenientes para el proyecto constructivo se realizó un rediseño donde se evidencian los diferentes aspectos que cambiaron en el diseño mediante la ayuda del Software Revit.

5.2.3. Modelación del Metabolismo Urbano del Proyecto Sostenible.

Esta metodología se desarrolló nuevamente en el proyecto sostenible en el cual se evidencian los cambios en los diferentes recursos y los cambios en emisiones que el proyecto genera al medio ambiente.

5.2.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Sostenible.

Se evaluó nuevamente el nivel de sostenibilidad y eco-eficiencia en el cual se encuentra el proyecto constructivo rediseñado de acuerdo a la Certificación LEED Vigente, la cual y luego de haber implementado las alternativas sostenibles pretende ubicar el proyecto constructivo rediseñado en un nivel de certificación.

5.2.5. Elaboración del Presupuesto Para el Proyecto Sostenible.

Se elaboró un presupuesto final en el cual se evidencia el cambio económico que sufrió el proyecto constructivo sostenible rediseñado, en el cual presenta el cambio en números que el proyecto tiene después de haber aplicado el proceso de la implementación de alternativas de acuerdo a la certificación LEED vigente.

5.3. Comparación del Proyecto Tradicional y el Proyecto Sostenible.

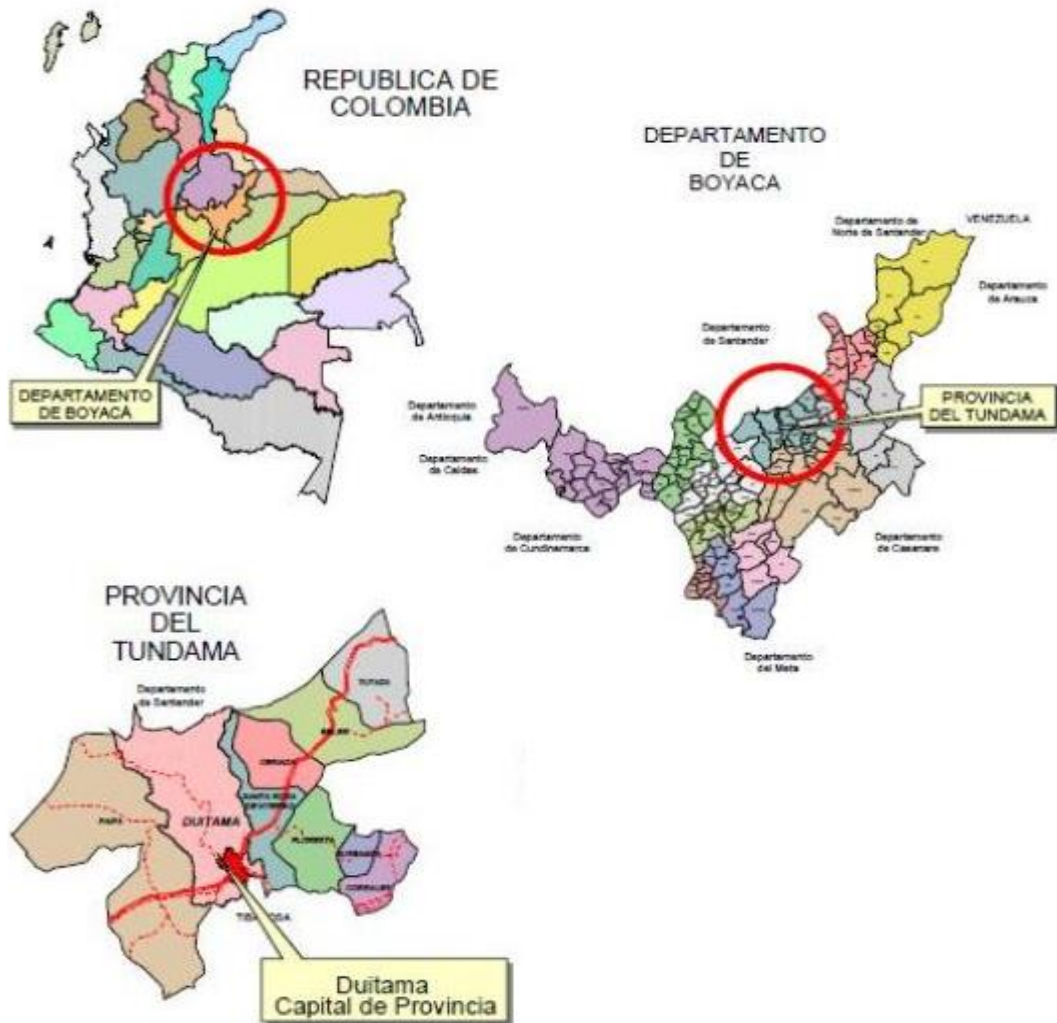
Se realizó un análisis final en el cual se conocen los cambios presentados en cuanto al modelo de metabolismo urbano, la evaluación de sostenibilidad y su valor presupuestal, todo esto con el fin de evidenciar el cambio del sistema tradicional y sostenible desde el punto de vista económico, ambiental y social.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización del Proyecto Constructivo.

6.1.1 Localización del Proyecto.

Figura 11. Ubicación proyecto (Duitama Boyacá)



Fuente: (Martínez, 2015).

Duitama es un municipio colombiano, ubicado en el departamento de Boyacá, situado en el centro-orienté de Colombia, en la región del Alto Chicamocha. Es la capital de la provincia del Tundama. Se le conoce como "La Capital Cívica de Boyacá" y "La perla de Boyacá". Es el puerto transportador terrestre más importante del orienté colombiano al

encontrarse sobre la Troncal Central del Norte, y es un punto estratégico de las relaciones industriales y comerciales de esta región del país. Según el DANE, sólo el 8,99% de la población vive con necesidades básicas insatisfechas, lo que significa para Duitama el sexto lugar a nivel nacional entre los municipios con menores índices de NBI. Su localización geográfica estratégica como cabeza de la provincia del Tundama y parte fundamental del corredor industrial de las cuatro provincias de mayor desarrollo del Departamento de Boyacá (Occidente, provincia del Centro, Tundama y Sugamuxi) así como sus fortalezas en la producción y sus tradiciones históricas, reflejadas principalmente en su patrimonio cultural, histórico, natural y paisajístico y, en la prestación y la tradición de los servicios educativos, le han permitido consolidarse como la ciudad de mayor jerarquía de su provincia y polo de desarrollo regional. Limita por el norte con el departamento de Santander, Municipios de Charalá y Encino; por el sur con los Municipios de Tibasosa y Paipa; por el oriente con los Municipios de Santa Rosa de Viterbo y Belén; y por el occidente con el Municipio de Paipa (Alcaldía Duitama, 2018).

- a) **Posición geográfica:** Se encuentra ubicada a los 5 grados, 49 minutos y 42 segundos latitud norte; 1 grado, 2 minutos y 48 segundos de longitud en relación con el meridiano de Bogotá; y 73 grados, 3 minutos de longitud occidente de Greenwich (Alcaldía Duitama, 2018).
- b) **Límites:** Se encuentra ubicada a los 5 grados, 49 minutos y 42 segundos latitud norte; 1 grado, 2 minutos y 48 segundos de longitud en relación con el meridiano de Bogotá; y 73 grados, 3 minutos de longitud occidente de Greenwich (Alcaldía Duitama, 2018).
- c) **Altitud :** La altitud aproximada es de 2535 m.s.n.m. en la plaza de los Libertadores (Alcaldía Duitama, 2018).
- d) **Extensión:** Según información actualizada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Duitama tiene una extensión total de 267.042 Km², de los cuales el 3,29% (8,861km) corresponden a zona urbana y el 96,6% (258,180) corresponden a zona rural (Alcaldía Duitama, 2018).

- e) **Topografía:** La Ciudad de Duitama se encuentra localizada en el Valle del Alto Chicamocha en la región del Altiplano Cundiboyacense, sobre la Cordillera Oriental de los Andes en el centro del país. En el área urbana se identifican los cerros tutelares de la Milagrosa, La Tolosa y San José (La Alacranera), cerro las lajas y cerros perimetrales como el cerro Las Cruces y el cerro Cargua (Alcaldía Duitama, 2018).

En la Jurisdicción del Municipio de Duitama, se localiza un área de ecosistema páramos conformados por el de Pan de Azúcar y la Rusia. Este ecosistema de páramo del sistema montañoso de Los Andes, da origen a una excepcional estrella hidrográfica, alimentando los ríos que bañan regiones correspondientes a los departamentos de Boyacá y Santander. Duitama cuenta con 12.000 hectáreas de páramo los cuales corresponden al 50% del territorio representado en los páramos de la Rusia y Pan de Azúcar (Alcaldía Duitama, 2018).

- f) **Recursos biológicos:** Dos páramos albergan en su territorio los tres géneros existentes de Frailejón a saber: Espeletia, Espeletiopsis, Paramiflos; con un total de 11 especies referenciadas, alguna de ellas endémicas, entre las 38 identificadas para la cordillera oriental. Se reportan elementos arborescentes como palma (palmitos) y helechos que son muy abundantes. Se incluye una gran diversidad de bromeliáceas, representadas por orquídeas, líquenes y musgos (Alcaldía Duitama, 2018).
- g) **Hidrografía:** Los recursos hídricos de los ríos y quebradas: En una abrupta y quebrada topografía se representan valles profundos disectados por un gran número de drenajes donde tienen origen los ríos chontales, la Rusia, Surba, Chiticuy y numerosas quebradas que alimentan la vertiente seca del río Chicamocha.
- **Lagunas:** Se destaca Cachalu, Agua Clara, Pan de Azúcar y Las Cruces. Se complementan con laguna Corralitos, el Juncal, Aracoba, Peña Negra, Chochal, los Cuadros, Pozo Negro y numerosos humedales.
 - **Los humedales:** Funcionan en el páramo como sistemas ecológicos menores y se constituyen en el ecosistema ecológico más amenazado de la zona por actividades ovinas y ganaderas. Algunos peces y patos de páramo propios de este hábitat han

perdido su espacio, por la competencia de alimento generada a partir de la introducción de la trucha a esto se suma la actividad antrópica (caza, mal uso de agua y suelo) ejercida sobre estos ecosistemas (Alcaldía Duitama, 2018).

- h) Clima:** En el municipio de Duitama la altura barométrica es de dos mil quinientos cincuenta metros (2.550 metros) sobre el nivel del mar y la temperatura promedio es de 14° centígrados. El promedio anual de la distribución de la precipitación está calculado en 1.128 m.m.; los períodos de lluvias corresponden estadísticamente a los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre; la temporada seca principalmente corresponde a los meses de junio a agosto y de diciembre a febrero. La humedad relativa es del 81.4 % promedio; los vientos predominantes proceden del sureste y del sur, la velocidad media es de 2.86 y 3.29 m/s, los vientos son más fuertes en julio y agosto; la insolación o brillo solar corresponde a 5 horas promedio por día y de 1820 horas anuales de sol.

Según diagnóstico biofísico del municipio de Duitama existen tres grandes zonas climáticas:

- Clima frío húmedo: Se ubica entre los 2.500 y 3.000 m.s.n.m, con una temperatura media de 14.2 grados centígrados. Corresponde a las veredas de Tocogua, San Lorenzo de Abajo, San Lorenzo, Higueras, Quebrada de Becerras, San Antonio Sur y Norte, parte de Surba y Bonza.
- Clima muy frío sub páramo seco: Esta unidad se distribuye entre los 3.000 m.s.n.m. y los 3.600 m.s.n.m. con curvas de isoyetas entre los 1.100 y los 1.500 m.s.n.m y con una temperatura promedio de 8 grados centígrados. Corresponde a las veredas de Avendaños, el Carmen, Santa Ana, Siratá, parte de Norte de la vereda Surba y Bonza.
- Clima de páramo seco: Esta unidad se distribuye entre los 3.600 y 3.800 m.s.n.m. que hace parte de las alturas más representativas del municipio, correspondiente a las veredas de Avendaños y parte norte de Santa Ana, vereda Santa Bárbara. La precipitación que se presenta en la zona es la correspondiente a la curva de isoyeta 1.200 m.s.n.m. y 1.560 m.s.n.m.

Según la clasificación de Köppen, Duitama posee un clima de tipo Cfb: oceánico de alta montaña. Al igual que todas las regiones de la Zona Intertropical, el clima está influenciado solamente por la altitud y las corrientes oceánicas que causan leves variaciones de temperatura, la más significativas entre el día y la noche como se puede observar en la siguiente figura (Alcaldía Duitama, 2018).

Figura 12. Parámetros Climáticos Promedios De Duitama.

Medias y extremas: 1999-2011 													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	23.6	23.9	25.2	24.4	22.2	20.9	20.6	21.8	23.4	22.3	22.4	23.8	22.9
Temp. máx. media (°C)	19.0	19.4	19.2	18.4	17.3	16.3	16.0	16.4	17.2	17.8	18.1	18.2	17.8
Temp. media (°C)	12.9	13.3	13.6	13.6	13.2	12.4	11.9	12.1	12.5	13.0	13.2	12.8	12.9
Temp. mín. media (°C)	7.1	7.9	8.9	9.6	9.6	9.0	8.3	8.2	8.1	8.7	8.9	7.7	8.5
Temp. mín. abs. (°C)	0.2	-1.1	2.1	4.4	4.6	2.2	1.8	2.0	1.4	3.2	0.5	-0.3	1.7
Precipitación total (mm)	14.9	26.8	53.9	77.7	84.6	56.4	44.9	43.1	52.0	88.9	69.9	31.5	644.6
Días de lluvias (≥ 1 mm)	5	8	13	17	19	18	18	19	16	17	15	9	174
Humedad relativa (%)	77	75	77	80	82	84	83	82	80	80	80	80	78

Fuente: Instituto de Hidrografía, Meteorología y Medio Ambiente de Colombia ⁸

Fuente: (Alcaldía Duitama, 2018)

6.1.2. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT.

Con el objetivo de implementar alternativas sostenibles y eco-eficientes se tomó un proyecto de vivienda, que está ubicado en la ciudad de Duitama, en una zona urbana estrato 3 de uso residencial para una familia convencional de (3 o 4 personas) por apartamento, cuenta con un primer piso en el cual se desarrolla un local comercial y 4 zonas de parqueo para un área total de 76 m², los cuatro pisos restantes se dividen en 4 apartamentos utilizados por familias de la región (Ver figuras 13, 14 y 15). El proyecto fue construido alrededor del año 2010 su área total de construcción es de 380 m², en su proceso constructivo no se tomaron medidas en la disposición y caracterización de materiales, las diferentes etapas del proyecto desarrollaron un procedimiento normal, sin tener en cuenta ningún tipo de cuidado ambiental, se utilizaron materiales convencionales, no presentaba ningún método para prevenir el desperdicio de agua y finalmente en cuanto a su diseño no cuenta con ninguna alternativa que ayude a mitigar impactos ambientales y que haga que

el proyecto sea eco-eficiente y sostenible con respecto al medio ambiente y al ámbito social. La escogencia de este tipo de proyecto, se da por la gran demanda que se da en el sector por este tipo de viviendas, ya que familias de la región sugieren proyectos de estos tipos por su comodidad y confort para ser usados como sus hogares.

Tabla 4. Descripción General del Proyecto Constructivo.

Apartamento	Unidad	Área	Habitaciones
201	m ²	72	3
301	m ²	72	3
401	m ²	72	3
501	m ²	72	3

Fuente: Autor.

Figura 13. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista frontal).



Fuente: Autoría propia.

Figura 14. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista lateral).



Fuente: Autoría Propia.

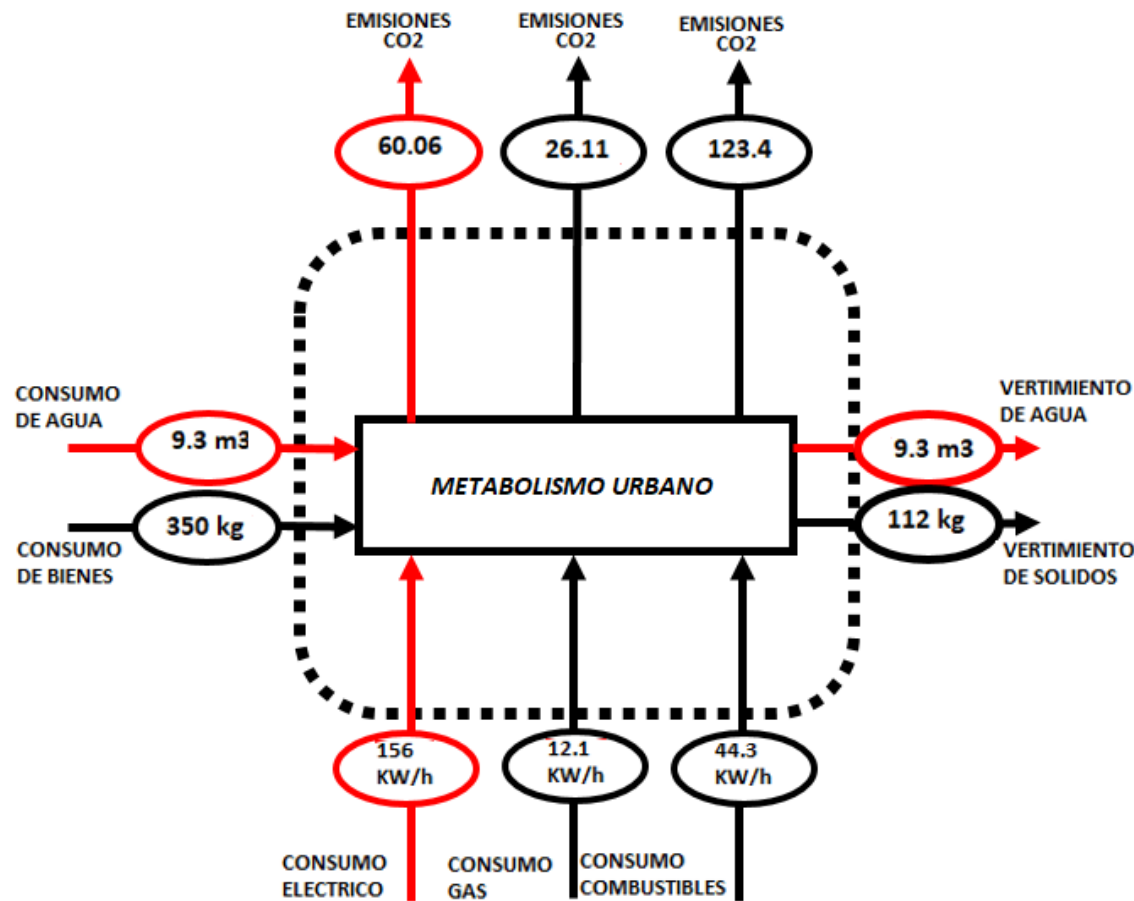
Figura 15. Modelación del Proyecto por Medio del Software REVIT con las Características Iniciales del Proyecto (Vista lateral).



Fuente: Autoría Propia.

6.1.3. Modelo de Metabolismo Urbano por Piso Para el Proyecto Tradicional.

Figura 16. Modelo de Metabolismo Urbano por Unidad de Piso (Secretaria Distrital de Ambiente, 2016)



ITEM	UNIDAD
Agua y Vertimiento	m³
Energía	KW/h
Emisiones	kg
suelo	m²

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 5. Cuantificación de Consumos Para el Modelo de Metabolismo Urbano de un Apartamento del Proyecto.

Un Apto.	Energia Kw/h	Agua m3	Vertimiento m3	Gas m3	Combustible Lts	Bienes Kg	Solidos Kg
Valor	156	9.3	9.3	12.1	44.3	350	112

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 6. Cuantificación de Emisiones Para el Modelo de Metabolismo Urbano de un Apartamento del Proyecto.

Un Apto.	CO2 Kg	N/A	N/A	Nox Kg	MP, CO Kg	N/A	N/A
Valor	60.06	—	—	26.11	123.4	—	—

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 7. Cuantificación de Consumos Para el Modelo de Metabolismo Urbano para Cinco Apartamentos del Proyecto.

Cinco Aptos.	Energia Kw/h	Agua m3	Vertimiento m3	Gas m3	Combustible Lts	Bienes Kg	Solidos Kg
Valor	786	46.5	46.5	60.5	221.5	1750	560

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 8. Cuantificación de Emisiones Para el Modelo de Metabolismo Urbano para Cinco Apartamentos del Proyecto.

Cinco Aptos.	CO2 Kg	N/A	N/A	Nox Kg	MP, CO Kg	N/A	N/A
Valor	302.61	—	—	130.5	617	—	—

Fuente: Autoría Propia.

6.1.4. Evaluación de la Sostenibilidad del Proyecto Constructivo Tradicional.

Aplica a las viviendas unifamiliares, a las multifamiliares de baja altura (uno a tres pisos) o de mediana altura (cuatro a seis pisos). Incluye vivienda unifamiliar y multifamiliar de baja y mediana altura (LEED, 2018).

Tabla 9. Aspectos que Evalúa la Certificación LEED Proyecto Tradicional.

SECTORES EVALUADOS	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE ASIGNADO	PUNTAJE OBTENIDO SISTEMA TRADICIONAL
LOCALIZACION Y TRANSPORTE	LEED para localización en Desarrollo Urbano	16	
	Protección de Suelos Sensibles	1	1
	Parcela de Alta Prioridad	1 a 2	0
	Densidad del Entorno y Usos Diversos	1 a 5	2
	Acceso a Transporte Público de Calidad	1 a 5	4
	Instalaciones Para Bicicletas	1	0
	Huella de Aparcamiento Reducida	1	0
	Vehículos Sostenibles	1	0
PARCELAS SOSTENIBLES	Evaluación de la Parcela	8	
	Desarrollo de la Parcela Proteger o Restaurar el Hábitat	1 a 2	0
	Gestión del Agua Lluvia	2 a 3	2
	Reducción de las Islas de Calor	2	0
	Reducción de la Contaminación Lumínica	1	0
EFICIENCIA EN AGUA	Evaluación de Eficiencia del Recurso Dentro y Fuera de la Organización Además la Implementación de Accesorios y Artefactos Sanitarios de Bajos Consumos.	11	
	Reducción de Consumo de Agua en el Exterior	1 a 2	1
	Reducción de Consumo de Agua en el Interior	1 a 6	1
	Consumo de Agua de las Torres de Refrigeración	1 a 2	1
	Medición del Agua	1	1
ENERGIA Y ATMOSFERA	Evaluación de un Ahorro Energético	33	
	Recepción Mejorada	2 a 6	2
	Optimización de la Eficiencia Energética	1 a 18	1
	Medición Avanzada de Energía	1	1
	Respuesta a la Demanda	1 a 2	1
	Producción de Energía Renovable	1 a 3	1
	Gestión Mejorada de Refrigerantes	1	0
	Energía Verde y Compensaciones de Carbono	1 a 2	1
MATERIALES Y RECURSOS	Describe los Lineamientos por Considerar en el Momento de Elegir los Materiales; que Estos Sean Reciclados, Regionales, Renovables o con Algún Sello Verde es un Plus y Garantiza un Puntaje Más Alto	13	
	Reducción del Impacto del Ciclo de Vida del Edificio	2 a 5	2
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Declaraciones Ambientales de los Productos	1 a 2	1
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Fuentes de Materias Primas	1 a 2	1
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Componentes de los Materiales	1 a 2	1
	Control de Residuos de Construcción y Demolición	1 a 2	1
CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	Se evalúa la ventilación interior adecuada, la comodidad térmica y acústica, control de contaminantes y niveles óptimos de iluminación.	19	
	Estrategias Mejoradas de Calidad de Aire interior	1 a 2	1
	Materiales de Baja Emisión	1 a 3	1
	Plan de Gestión de la Calidad del Aire Durante la Construcción	1	1
	Evaluación de la Calidad del Aire Interior	1 a 2	1
	Confort Interior	1	0
	Iluminación Interior	1 a 2	1
	Luz Natural	2 a 6	2
	Vistas de Calidad	1	0

	Eficiencia Acústica	1	0
	Innovación en el Diseño	6	
INNOVACION	Innovación	1 a 5	1
	Profesional Acreditado LEED	1	0
PRIORIDAD REGIONAL	Prioridad Regional	1 a 4	1
Total Puntos			35

Fuente: (LEED, 2018) y Autoría Propia.

Tabla 10. Tipos de certificación a la que se puede ubicar el proyecto de acuerdo a su puntuación.

 CERTIFICADO 40 - 49 puntos		 PLATA 50 - 59 puntos	 ORO 60 - 79 puntos	 PLATINO 80 - 110 puntos
CERTIFICACION		RANGO		
Platino (LEED Platinum)		80 puntos o más		
Oro (LEED Gold)		60 - 79 puntos		
Plata (LEED Silver)		50 - 59 puntos		
Certificado (LEED Certificate)		40 - 49 puntos		

Fuente: (LEED, 2018) y Autoría Propia.

De acuerdo a la puntuación de la evaluación de sostenibilidad del proyecto constructivo tradicional, Este no clasifica para la obtención de alguna de las anteriores certificaciones.

6.1.5. Presupuesto Elaborado Para el Proyecto Tradicional.

Se elaboró el presupuesto inicial del proyecto de acuerdo a las características iniciales del mismo, se realizó de acuerdo a su construcción totalmente tradicional, los precios utilizados son actualizados a la fecha, se obtuvo ayuda del software utilizado en la

modelación ya que facilita a obtener con precisión las cantidades necesaria de principio a fin del proyecto. (Ver anexo1).

Tabla 11. Presupuesto Proyecto Constructivo Tradicional

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	DESCAPOTE MANUAL Y RETIRO	M2	85,00	\$ 8.034,00	\$ 682.890,00
1.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA ARQUITECTONICA	M2	85,00	\$ 4.132,00	\$ 351.220,00
TOTAL					\$ 1.034.110,00
2	CIMENTACION				
2.1	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 1,2m *2,40*0,4	UND	4	\$ 1.218.033,00	\$ 4.872.132,00
2.2	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 1,4m *0,7*0,4	UND	1	\$ 1.031.000,00	\$ 1.031.000,00
2.3	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 2,0m*2,0*0,4	UND	3	\$ 1.615.126,00	\$ 4.845.378,00
2.4	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 2,5m*2,5*0,4	UND	1	\$ 1.728.016,00	\$ 1.728.016,00
2.5	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN (INCLUYE RETIRO)	M3	10,36	\$ 57.282,00	\$ 593.441,52
2.6	RELLENO CON RECEBO B-400	M3	50,00	\$ 16.150,00	\$ 807.500,00
TOTAL					\$ 13.877.467,52
3	ESTRUCTURA				
3.1	COLUMNA 4000 PSI 15 CM*25CM	M3	0,47	\$ 1.827.494,00	\$ 858.922,18
3.2	COLUMNA 4000 PSI 15 CM*15CM	M3	0,22	\$ 1.827.494,00	\$ 402.048,68
3.3	COLUMNA 4000 PSI 30 CM*20CM	M3	0,75	\$ 1.827.494,00	\$ 1.370.620,50
3.4	COLUMNA 4000 PSI 30 CM*40CM	M3	11,71	\$ 1.827.494,00	\$ 21.399.954,74
3.5	VIGAS 3000 PSI 30 CM*30CM	M3	6,89	\$ 859.969,00	\$ 5.925.186,41
3.6	VIGAS 3000 PSI 40 CM*40CM	M3	19,85	\$ 859.969,00	\$ 17.070.384,65
3.8	LOSAS ENTREPISO ALIGERADA (CONCRETO 3000PSI)	M2	325,6	\$ 277.667,00	\$ 90.408.375,20
3.10	PLACA CONTRAPISO (E=10cm 3000 PSI)	M2	85,00	\$ 95.524,00	\$ 8.119.540,00
3.11	ANDEN PERIMENTRAL (CONCRETO 3000 PSI)	M2	15,00	\$ 73.564,00	\$ 1.103.460,00
3.12	ESCALERA (CONCRETO 3000 PSI)	M3	10,31	\$ 1.131.282,00	\$ 11.663.517,42
TOTAL					\$ 158.322.009,78

Fuente: Autoría Propia (Precios Gobernación, construdata, cotizaciones 2018).

4	CUBIERTA				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION CUBIERTA ETERNIT	M2	15,42	\$ 28.285,00	\$ 436.154,70
4.2	INSTALACION PERFILERIA METALICA, PINTURA, ANCLAJES, ANGULOS, TIRANTES, PERNOS Y SOLDADURA	M2	15,42	\$ 50.000,00	\$ 771.000,00
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION BAJANTES (TUBERIA TRAGANTE ALLA) PVC 3"	ML	15	\$ 20.000,00	\$ 300.000,00
TOTAL					\$ 1.507.154,70
5	HIDROSANITARIO (SUMINISTRO E INSTALACION) Y LLUVIAS				
5.1	REGISTRO 3/4 "	und	1	\$ 78.597,00	\$ 78.597,00
5.2	REGISTRO 1/2 "	und	5	\$ 29.660,00	\$ 148.300,00
5.3	TUBERIA AGUA CALIENTE 1/2"	ML	111,34	\$ 5.000,00	\$ 556.700,00
5.4	TUBERIA AGUA FRIA 1/2"	ML	134,63	\$ 3.000,00	\$ 403.890,00
5.5	PUNTO AF FREGADERO COCINAS	Und	4	\$ 16.950,79	\$ 67.803,16
5.6	PUNTO AC FREGADERO COCINAS	Und	4	\$ 52.031,86	\$ 208.127,46
5.7	FREGADERO COCINA	Und	4	\$ 248.766,57	\$ 995.066,27
5.8	PUNTO AF LLAVE MANGUERA	Und	2	\$ 37.800,62	\$ 75.601,24
5.9	LLAVE MANGUERA	Und	2	\$ 24.604,20	\$ 49.208,40
5.10	PUNTO AF LAVADERO	Und	4	\$ 34.161,86	\$ 136.647,43
5.11	PUNTO AC LAVADORA	Und	4	\$ 83.411,35	\$ 333.645,39
5.12	PUNTO AF LAVADORA	Und	4	\$ 35.264,86	\$ 141.059,45
5.13	LLAVE LAVADORA	Und	4	\$ 74.509,18	\$ 298.036,73
5.14	PUNTO AF INODORO	Und	9	\$ 11.706,45	\$ 105.358,08
5.15	PUNTO AC LAVAMANOS	Und	9	\$ 42.000,00	\$ 378.000,00
5.16	PUNTO AF LAVAMANOS	Und	9	\$ 41.000,00	\$ 369.000,00
5.18	PUNTO AF DUCHA	Und	8	\$ 50.000,00	\$ 400.000,00
5.19	PUNTO AC DUCHA	Und	8	\$ 55.000,00	\$ 440.000,00
5.20	DUCHA	Und	8	\$ 97.820,34	\$ 782.562,73
5.21	LLAVE DE PASO	Und	25	\$ 10.112,03	\$ 252.800,63
5.22	ACOMETIDA	Und	1	\$ 46.770,15	\$ 46.770,15
5.23	CAJA DE REGISTRO	Und	1	\$ 45.517,00	\$ 45.517,00
5.24	MICROMEDIDOR DE AGUA	Und	4	\$ 115.000,00	\$ 460.000,00
5.25	CAJAS INSPECCION ALL. 0,8*0,8	UND	5	\$ 350.000,00	\$ 1.750.000,00
5.31	TUBERIA 3"	ML	159	\$ 10.000,00	\$ 1.590.000,00
5.32	TUBERIA 4"	ML	10	\$ 12.000,00	\$ 120.000,00
5.33	ACCESORIOS CODO DE 1/2	Und	205	\$ 500,00	\$ 102.500,00
5.34	CODOS SANITARIOS	Und	36	\$ 7.000,00	\$ 252.000,00
5.35	T DE 1/2	Und	45	\$ 500,00	\$ 22.500,00
5.36	T SANITARIAS	Und	12	\$ 8.500,00	\$ 102.000,00
5.37	Y SANITARIAS	Und	12	\$ 8.500,00	\$ 102.000,00
5.38	TANQUE ALMACENAMIENTO	Und	1	\$ 270.000,00	\$ 270.000,00
TOTAL					\$ 11.083.691,10

Fuente: Autoría Propia (Precios Gobernación, construdata, cotizaciones 2018).

6	SUMINISTRO DE GAS (SUMINISTRO E INSTALACION)				
6.1	TUBERIA POLIETILENO ALTA DENSIDAD PE80(1/2")	ML	15,00	\$ 3.320,00	\$ 49.800,00
6.2	TUBERIA COBRE TIPO L1/2"	ML	95	\$ 14.874,00	\$ 1.413.030,00
6.3	ACCESORIOS	UND	20,00	\$ 8.435,00	\$ 168.700,00
6.4	SUMINISTROS	UND	4,00	\$ 162.999,00	\$ 651.996,00
6.5	PUNTOS DE CONEXIÓN	UND	4,00	\$ 90.653,00	\$ 362.612,00
TOTAL					\$ 2.646.138,00
7	INSTALACIONES ELECTRICAS Y AFINES (SUMINISTRO E INSTALACION)				
7.1	BALA RECESADA LED 10W *85-265V	UND	96,00	\$ 33.990,00	\$ 3.263.040,00
7.2	PROYECTOR TERRAZA LED 7W MR16	UND	4,00	\$ 44.900,00	\$ 179.600,00
7.3	CAJA CONEXIÓN DE TUBO	UND	258,00	\$ 1.700,00	\$ 438.600,00
7.4	TEMPORIZADOR	UND	6,00	\$ 71.900,00	\$ 431.400,00
7.5	INTERRUPTOR SENCILLO	UND	60,00	\$ 6.400,00	\$ 384.000,00
7.6	INTERRUPTOR DOBLE	UND	45,00	\$ 10.900,00	\$ 490.500,00
7.7	INTERRUPTOR TRIPLE	UND	73,00	\$ 12.900,00	\$ 941.700,00
7.8	TOMAS DOBLES	UND	75,00	\$ 4.800,00	\$ 360.000,00
7.9	SENSOR DE MOVIMIENTO 360°	UND	4,00	\$ 39.900,00	\$ 159.600,00
7.10	TUBERÍA EMT 1/2" POR TECHO, MURO, PLACA.	ML	502,00	\$ 4.633,33	\$ 2.325.933,33
7.11	CURVAS TUBERIA	UND	100,00	\$ 6.100,00	\$ 610.000,00
7.12	UNIONES EMT 1/2"	UND	200,00	\$ 1.450,00	\$ 290.000,00
7.13	TERMINALES EMT 1/2"	UND	550,00	\$ 2.200,00	\$ 1.210.000,00
7.14	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES AMARILLO	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.15	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES BLANCO	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.16	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES VERDE	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.17	CABLE 12 PUNTO DE ILUMINACIÓN-INTERRUPTOR	ML	136,00	\$ 1.169,00	\$ 158.984,00
7.18	TABLERO DE CIRCUITOS DEL USUARIO TCI	UND	5,00	\$ 279.900,00	\$ 1.399.500,00
7.19	TABLERO DE CIRCUITOS DEL USUARIO TGD	UND	1,00	\$ 279.900,00	\$ 279.900,00
7.20	CAJA DE PASO CD2006-EBSA	UND	4,00	\$ 44.900,00	\$ 179.600,00
7.21	CAJA 2400 Y SUPLEMENTO	UND	49,00	\$ 3.750,00	\$ 183.750,00
7.22	VARILLA DE PUESTA A TIERRA 5/8"X2,4M	UND	1,00	\$ 129.900,00	\$ 129.900,00
7.23	SOLDADURA ELECTRICWELD	UND	1,00	\$ 72.800,00	\$ 72.800,00
7.24	CEMENTO CONDUCTIVO RAYOCEM	M³	0,22	\$ 55.000,00	\$ 11.880,00
SUBTOTAL					\$ 15.604.887,33
ACOMETIDA					
7.25	CABLE CU No. 10 AWG	M	66,4	\$ 1.719,00	\$ 114.141,60
7.26	CABLE CU No. 12 AWG	M	33,2	\$ 1.169,00	\$ 38.810,80
7.27	TUBERÍA PVC 3/4"	M	33,2	\$ 1.333,33	\$ 44.266,67
SUBTOTAL					\$ 197.219,07
7.28	TUBERÍA EMT 1"	UND	3	\$ 30.900,00	\$ 92.700,00
7.29	CAJA PARA MEDIDOR TRIFÁSICO	UND	1	\$ 200.000,00	\$ 60.000,00
7.30	CAJA DE INSPECCIÓN 0,3X0,3X0,3M	UND	1	\$ 44.900,00	\$ 44.900,00
7.31	REFLECTOR LED 50W	UND	1	\$ 179.900,00	\$ 179.900,00
SUBTOTAL					\$ 377.500,00
TOTAL					\$ 16.179.606,40

Fuente: Autoría Propia (Precios Gobernación, construdata, cotizaciones 2018).

8	MAMPOSTERIA Y PAÑETE				
8.1	INSTALACION Y SUMINISTRO MUROS APARTAMENTOS Y FACHADA ALTOS Y BAJOS	M2	822	\$ 26.699,64	\$ 21.947.104,08
8.2	PAÑETE MUROS	M2	1010	\$ 15.000,00	\$ 15.150.000,00
8.3	FILOS Y DILATAIONES	ML	300	\$ 5.102,40	\$ 1.530.720,00
	TOTAL				\$ 38.627.824,08
9	ACABADOS				
	PISOS Y ENCHAPES				
9.1	SUMINISTRO E INSTALACION ENCHAPES MUROS (EGEO BLANCO 25 X 35 CM)	M2	56,84	\$ 33.224,85	\$ 1.888.500,47
9.2	ALISTADO PISOS	M2	353	\$ 7.238,20	\$ 2.555.084,60
9.3	ENCHAPES PISO CERÁMICO 28,7 X 57,5 CM PIEDRA FRANCESA CORONA	M2	353	\$ 55.200,00	\$ 19.485.600,00
9.4	SUMINISTRO E INSTALACION GUARDAESCOBAS CERAMICO PISO GALENA BEIGE 10 CM	ML	280	\$ 5.638,60	\$ 1.578.808,00
9.5	SUMINISTRO E INSTALACION BOCEL ALUMINIO	ML	280	\$ 1.666,00	\$ 466.480,00
	SUBTOTAL				\$ 25.974.473,07
	PINTURA				
9.6	ESTUCO VINILO A TRES MANOS	M2	1010	\$ 20.599,96	\$ 20.805.959,60
9.7	SUMINISTRO E INSTALACION DRYWALL	M2	374	\$ 42.254,71	\$ 15.803.261,54
	SUBTOTAL				\$ 36.609.221,14
	SUMINISTRO E INSTALACION CARPINTERÍA METÁLICA				
9.8	VENTANA CORREDIZA EN ALUMINIO VIDRIO 3MM	M2	29,04	\$ 84.912,00	\$ 2.465.844,48
9.9	PUERTA EN LÁMINA COLD ROLLED CAL.16	UN	6	\$ 173.576,20	\$ 1.041.457,20
9.10	DIVISION BAÑO VIDRIO TEMPLADO PUERTA BATIENTE	UN	8	\$ 426.972,50	\$ 3.415.780,00
9.11	PUERTA ELECTRICA CORREDIZA	UN	1,00	\$ 6.050.996,37	\$ 6.050.996,37
9.12	JUEGOS INCRUSTAR	UN	8	\$ 85.577,00	\$ 684.616,00
	SUBTOTAL				\$ 13.658.694,05
	SUMINISTRO E INSTALACION CARPINTERIA DE MADERA				
9.13	CLOSETH TIPO A FORRADO	M2	43,2	\$ 265.789,43	\$ 11.482.103,38
9.14	HOJA PUERTA FLORMORADO 0.80	UN	13	\$ 251.917,60	\$ 3.274.928,80
9.15	MUEBLE COCINA ATURA 0,8 FLORMORADO	ML	12	\$ 450.000,00	\$ 5.400.000,00
9.16	MUEBLE LAVAMANOS TIPO TANTRA OLMO 60 cm VESSEL CORONA	UN	9	\$ 470.169,00	\$ 4.231.521,00
9.17	MÁRMOL NEGRO ABSOLUTO	ML	12	\$ 400.000,00	\$ 4.800.000,00
	SUBTOTAL				\$ 29.188.553,18
	TOTAL				\$ 105.430.941,44
10	APARATOS ESPECIALES				
10.1	CALENTADOR 6LTS	Und	4	\$ 772.270,28	\$ 3.089.081,10
10.2	BOMBA 0,5 HP	Und	1	\$ 426.000,00	\$ 426.000,00
10.3	BOMBA 0,25 HP	Und	1	\$ 989.900,00	\$ 989.900,00
10.4	MEDIDOR DE ENERGÍA 15(60)A TRIFÁSICO	UND	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
10.5	MEDIDOR DE ENERGÍA MONOFASICO	UND	4	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
10.6	LAVADERO	Und	4	\$ 257.318,32	\$ 1.029.273,27
10.7	INODORO	Und	9	\$ 335.015,15	\$ 3.015.136,37
10.8	LAVAMANOS CON GRIFERIA	Und	9	\$ 298.972,04	\$ 2.690.748,33
10.9	MURO CORTINA MATERIALES SUMINISTRO E INSTALACION	M2	17	\$ 600.000,00	\$ 10.200.000,00
10.10	PUERTA VIDRIO TEMPLADO	M2	8	\$ 220.000	\$ 1.760.000
	SUBTOTAL				\$ 23.850.139,07
	TOTAL PRESUPUESTO			\$ 390.089.204,50	

Fuente: Autoría Propia (Precios Gobernación, construdata, cotizaciones 2018)

6.2. Implementación de Alternativas Sostenibles.

Gracias al modelo de metabolismo urbano y a los detalles que proporcionan puntos para obtener la certificación LEED, se decidió rediseñar el proyecto constructivo “edificio de cinco pisos” implementado alternativas eco-eficientes y sostenibles para así obtener una puntuación alta por parte de la Certificación LEED.

- a) **Muros en Ladrillo de Madera –Steko:** Es un sistema de construcción modular lógico basado en la última tecnología que permite la construcción sostenible, cumpliendo con los más altos requisitos respecto a estabilidad, con seguridad contra terremotos, durabilidad, comodidad y flexibilidad de diseño. fue desarrollado, probado y autorizado junto con el Instituto Federal Suizo de Tecnología e Instituto Federal Suizo de Materiales Ciencia & Tecnología con relación a la estabilidad, la ingeniería térmica, la acústica, el fuego, la calificación cualitativa y la resistencia a los terremotos. Además, también está certificada por MINERGIE – la marca suiza para el consumo de energía en edificios y el estándar de energía para construcciones que más se aplica en el mundo. El sistema de construcción modular lógico, es conveniente para edificios residenciales, así como, para edificios comunales, agrícolas, industriales o comerciales de hasta 10 pisos de altura, Entender el equilibrio entre confort y el cuidado del medio ambiente hace que sea la opción más inteligente. Garantiza siempre calidad, solidez y perfección. Ningún módulo sale de la fábrica hasta que haya sido probado meticulosamente. Por lo tanto, usted puede estar seguro que recibirá nada menos que la construcción de perfección (Luchsinger, 2017)

Figura 17. Implementación en Muros Internos y Fachada de Ladrillo de Madera.



Fuente: sitio web

Figura 18. Implementación en Muros Internos y Fachada de Ladrillo de Madera.



Fuente: Autoría Propia.

Los módulos son Sostenibles y reciclables: Los módulos son fabricados utilizando madera de plantaciones de fuente sostenible de los países bálticos. Hace posible cuidar el medio ambiente y tener la casa de estilo, cómoda que usted siempre ha soñado. Es una opción medioambiental inteligente, ya que está hecha de madera maciza. Los árboles crecen con

moderación en bosques cultivados sostenibles. La madera es el único material de construcción, que produce oxígeno y almacena CO₂ durante su vida útil. Por lo tanto, la madera ofrece una valiosa contribución para reducir los gases de efecto invernadero en la atmósfera. La madera es el único material de construcción importante que es renovable y sostenible durante largos períodos de tiempo. En comparación con otros materiales de construcción, la madera requiere muy poca energía en la industria manufacturera y la construcción. Da un paso más allá hacia la creación de sostenibilidad para nuestro futuro utilizando sólo pegamento no tóxico. Esto significa que usted puede tener un nuevo hogar de estilo que durará toda la vida sin comprometer el medio ambiente para las generaciones venideras. Además, una casa construida también puede ser des-construida, adaptada o reutilizada si se desea, lo que significa que es totalmente reciclable (Luchsinger, 2017).

Los módulos son Eficientes energéticamente: Con el costo de la energía en aumento, cada vez más personas están tratando de vivir y construir de manera diferente. Quieren, casas confortables sólidas que duran toda la vida, que tengan el menor impacto ecológico posible. Mientras que los métodos existentes de construcción amigable con el medio ambiente a menudo ponen en riesgo el nivel de calidad y confort esperado, este producto proporciona una calidad incomparable. Cuando se construye con este, se obtiene un buen aislamiento, una casa bien construida que requiere poca calefacción o refrigeración suplementaria. Esta es una gran ventaja ambiental ya que la calefacción y la refrigeración del espacio aéreo en sus cuentas de la casa promedian el 45% del consumo total de energía. En otras palabras, casas mal diseñadas o con aislación insuficiente, pueden ser responsables de un 25-40% del incremento en los sistemas de calefacción o refrigeración, mientras que una casa bien aislada tiene el potencial de reducir su consumo de energía hasta en un 40%.

Debido a su diseño y desarrollo, este material tiene grandes características termo-aislantes, incluso sin el uso de un aislamiento adicional. Cuando se utilizan los productos adicionales de aislamiento, se pueden lograr las propiedades de aislamiento térmico pasivo. Los módulos de pared recubiertos sólidos y entramados tienen cavidades formadoras de

espacio. Dentro de la pared, las cavidades desempeñan una función similar a las ventanas de doble acristalamiento (Luchsinger, 2017).

Este tipo de ladrillo en madera se utilizó en el rediseño al ser implementado del segundo al quinto piso en todos los muros en mampostería, ya que en el primer piso por seguridad se dejó tal como estaba, la favorabilidad es alta ya que se cuenta con varias organizaciones que lo certifican y además son amplios los beneficios que presenta este nuevo elemento de construcción entre los cuales están:

- Más rápido que la construcción regular de edificios, ahorra tiempo, dinero y reduce el costo de mano de obra.
- Garantiza siempre una construcción de alta calidad.
- Diseñada para casas de eficiencia energética y casas ecológicas.
- Las paredes son muros de soporte y generadoras de espacio.
- No necesita pegamento, clavos u otros sujetadores.
- Permite a arquitectos y constructores expresar su propia creatividad.
- Utiliza materiales sostenibles, que no afectan el medio ambiente.

La instalación steko por steko como lego la pared es presionada para que encaje rápida y fácilmente. El umbral STEKO funciona como base y está montado en la parte superior de la cimentación. Los módulos steko encajan uno sobre el otro sin ningún tipo de pegamento, clavos u otros sujetadores. en dos o tres días se construye una casa sólida. la conexión se realiza a través de machos o espigas de haya, que son montados en fábrica. además, los módulos están entrelazados en las esquinas debido a la posición alternada de los módulos. el acabado superior de la pared es el integrador steko. Las aberturas y los acabados verticales se realizan utilizando paneles de mochetas.

Dentro de los módulos se integran instalaciones similares a tubos tal como tuberías eléctricas o sanitarias. Se pueden insertar fácilmente durante o después del montaje de los bloques. Además, se utiliza la cavidad para incluir materiales de relleno tales como el aislamiento o la arena de absorción de sonido. Las paredes exteriores se llenan

generalmente con fibra de aislamiento de celulosa o materiales de aislamiento térmico de perlita (Luchsinger, 2017).

No se requiere ningún adhesivo o sujetador ya que los módulos han sido diseñados para trabarse perfectamente entre sí mediante espigas o machos de madera, los cuales son ensamblados en la fábrica. Con un programa CAD de diseño suizo, cada proyecto contará con un plan de construcción único, detallando la disposición de los módulos, que permitirá lograr una estabilidad óptima. Esto asegura que las esquinas estén entrelazadas y que se mantenga la fuerza alrededor de grandes puertas y ventanas.

La instalación de los conductos de plomería y eléctricos puede llevarse a cabo durante – o después – del montaje de las paredes. El soporte de pared es maximizado mediante la inserción de vigas de madera a intervalos regulares en las cavidades, tomando la altura completa de la pared. También debe insertarse un aislamiento adicional una vez que las cañerías y la electricidad han sido ajustadas. Al mismo tiempo, se podrá iniciar la instalación de las puertas y ventanas. Los módulos que conforman la distancia del marco de la ventana a la cara exterior de la pared prefabricados están firmemente fijados y protegidos para formar el marco de la ventana o de la puerta, proporcionando una superficie plana para que la puerta o ventana del tamaño requerido sea fijada (Luchsinger, 2017).

b) Tanque Subterráneo Para Captación de Agua Lluvia

Para la recolección de aguas lluvias se tuvieron en cuenta varios aspectos como lo son máxima precipitación media mensual en la ciudad de Duitama 88.9mm (mes de octubre), la precipitación media anual que es de 644,6mm y el consumo de agua mensual por apartamento (estrato 3) que es de 9,3 m³. A base de esta información obtenida de entidades del estado se modeló la construcción de un tanque subterráneo con una capacidad de 3000 lts para el ahorro y aprovechamiento del agua lluvia. Con estos datos se halló la cantidad promedio de agua que se va a recoger durante este mes ya que es el más lluvioso del año, la cual fue de 6,6675 m³(octubre, mes más alto). A esta agua recolectada se le va a dar un uso específico puesto que no es apta para el consumo humano, se implementará en el lavado de andenes, parqueaderos y principalmente se le

dará uso para alimentar el sistema de riego de jardines verticales el cual está conectado a un sistema de goteo cada 5 cm con una frecuencia computarizada que va desde 0.16 a 16 litros por hora.

Figura 19. Implementación de Tanques Subterráneos Para Depositar Agua Lluvia.



Fuente: Autoría propia. (Revit)

Se puede evidenciar que el agua captada desde la cubierta es conducida hasta el tanque subterráneo por medio de una bajante de 3 pulgadas superficial.

Figura 20. Implementación de Bajante que Conduce el Agua Lluvia.



Fuente: Autoría propia. (Revit)

c) Jardines Verticales en Fachada.

Los jardines verticales utilizados en el proyecto tienen un área de 35 m², este cuenta con un sistema de riego computarizado que varía el goteo de acuerdo al clima, estos jardines verticales ofrecen numerosos beneficios a nivel económico, ecológico y social. Una fachada vegetal ayuda a purificar el aire, reducir la temperatura ambiente, regular la

temperatura y promueve la biodiversidad en la ciudad. Los muros verdes forman parte de la construcción bioclimática. Y, es más, la gente es más feliz en un entorno verde que en un entorno gris. A continuación, explicamos los beneficios, uno a uno para este proyecto constructivo:

- **Purificación del aire:** Las plantas en un jardín vertical filtran partículas del aire y convierten el CO₂ en oxígeno. 1 m² de fachada vegetal extrae 2,3 kg de CO₂ al año del aire y produce 1,7 kg de oxígeno. Con una fachada vegetal contribuye a la purificación del aire.
- **Reducción del ruido ambiental interior y exterior:** Una fachada vegetal actúa como una barrera de sonido en su edificio. Absorbe un 41 % más de ruido que una fachada tradicional y esto significa un entorno mucho más tranquilo, tanto dentro como fuera de su edificio. Esto se traduce en una reducción de 8 dB, lo que significa que el ruido ambiental se reduce a la mitad (Company Sempergreen, 2018).
- **Ambiente saludable:** El verde promueve un ambiente interior saludable. Disminuyen las quejas, tales como irritación de los ojos, dolores de cabeza, dolores de garganta y cansancio. En las oficinas donde hay mucha vegetación, hay una notable disminución de las bajas por enfermedad.
- **Proporciona una reserva de agua de lluvia:** Un muro vegetal absorbe el agua de lluvia a través de las plantas y su sustrato, actuando como una reserva de agua. Esto retarda la descarga de la lluvia al sistema de alcantarillado, purifica el agua de lluvia y también se evapora a través de las hojas de las plantas. Así que, todo esto, ayuda a estabilizar el nivel de las aguas subterráneas, reduce la carga máxima en el sistema de aguas residuales y disminuye el riesgo de inundaciones (Company Sempergreen, 2018).
- **Aumenta el valor de la propiedad:** El aspecto natural y sostenible, combinado con una reducción en los costes de energía, se traduce en un aumento del valor de la propiedad (Company Sempergreen, 2018).

- Alarga la vida útil de la fachada: Una pared vegetal ofrece protección contra influencias externas, como las fluctuaciones de sol, lluvia, viento y temperatura, y alarga la vida útil de la fachada (Company Sempergreen, 2018).

Figura 21. Implementación De Jardines Verticales En Fachada.



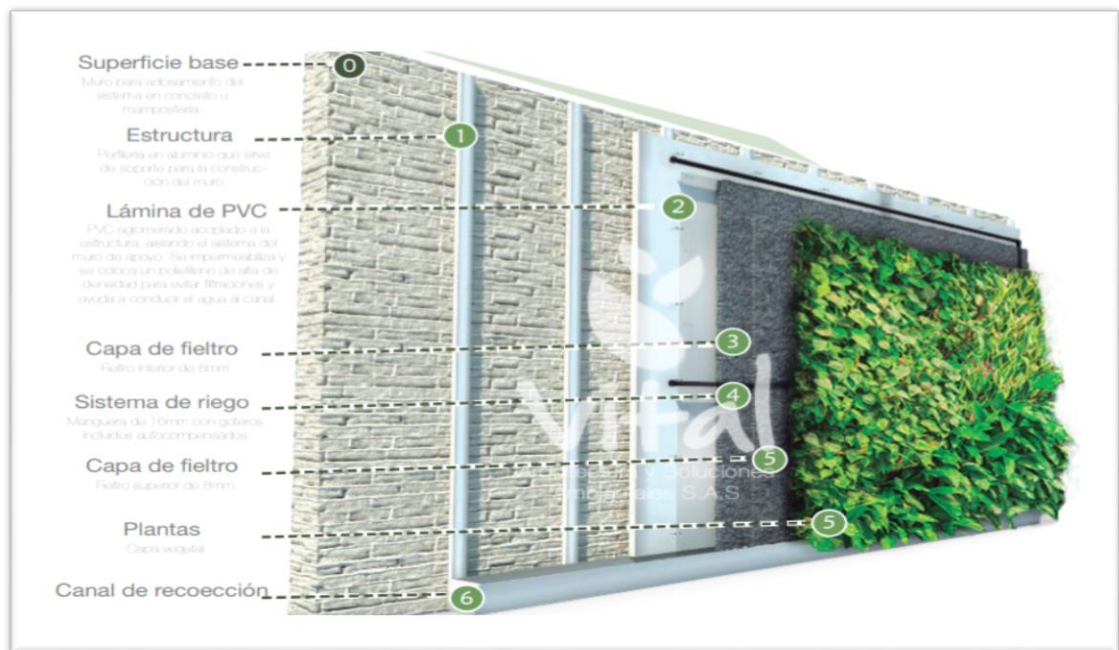
Fuente: Autoría propia.

Figura 22. Composición De Instalación De Jardines Verticales.

COMPOSICIÓN DEL SISTEMA (en mm)		
CAPA 0	PERFILES METÁLICOS	Dimensiones según solicitud de carga a viento y estado del soporte.
CAPA 1	PANEL PVC	Panel PVC VAR 750, Vital Arquitectura, espesor 10mm.
CAPA 2	POLIFIILTRO FITOGENERANTE	Polifieltro fitogenerante ph VAR700, Vital Arquitectura, espesor 3mm.
CAPA 3	COBERTURA VEGETAL	Especies seleccionadas según las características de la fachada.

Fuente: (Vital Arquitectura S. A. S, 2017)

Figura 23. Pasos De Instalación De Jardines Verticales.



Fuente: (Vital Arquitectura S. A. S, 2017)

d) Paneles Solares.

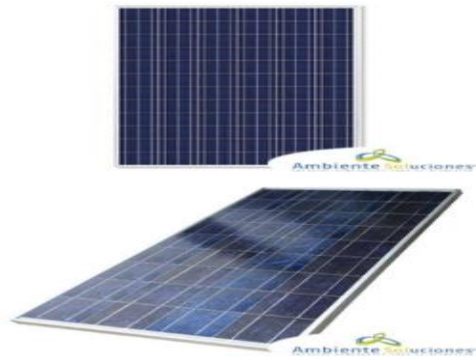
Este proyecto se realizó en una zona urbana estrato 3, en el cual el consumo máximo permitido por mes de energía para una familia convencional (3 o 4 personas) es de 156 KW/mes, es decir que para este proyecto constructivo el consumo máximo permitido es de 780 KW/mes al mes de energía total del proyecto. La energía se utiliza para servicios básicos e indispensables.

La propuesta de sostenibilidad en cuanto al recurso energético de nuestro proyecto está diseñada para la construcción de un panel solar el cual reduce en más de un 35% el consumo de este servicio público, con un área total de paneles de 6.75 m². Implementación de bombillos ahorradores los cuales proporcionan un eficaz ahorro de energía y la no instalación de duchas eléctricas las cuales consumen altas cantidades de energía.

Los paneles solares tienen una larga duración. La vida útil de una planta fotovoltaica, la define la vida útil de sus componentes, principalmente el generador o módulo fotovoltaico, que constituye más del 50% del valor de la instalación. Los módulos tienen una vida esperada de más de 40 años.

Para la adaptación del panel solar se tuvieron en cuenta varios aspectos como lo son la radiación solar promedio de la ciudad de Duitama: 5,045 KW/h/m², el área de la cubierta: 72 m², el consumo de energía mensual del proyecto: 780 KW/mes de acuerdo a todos los componentes que hace parte de una vivienda normal, como lo son: Tv, Pc, Plancha, Lavadora, Licuadora etc... La cantidad de paneles para cumplir con nuestra demanda de energía o por lo menos en un porcentaje, es de: 6 PANELES (Ver Anexo 1) y el tipo de panel que se va a utilizar es el siguiente:

Figura 24. Panel Solar a Utilizar en el Proyecto Constructivo.



Fuente: (Soluciones, 2018).

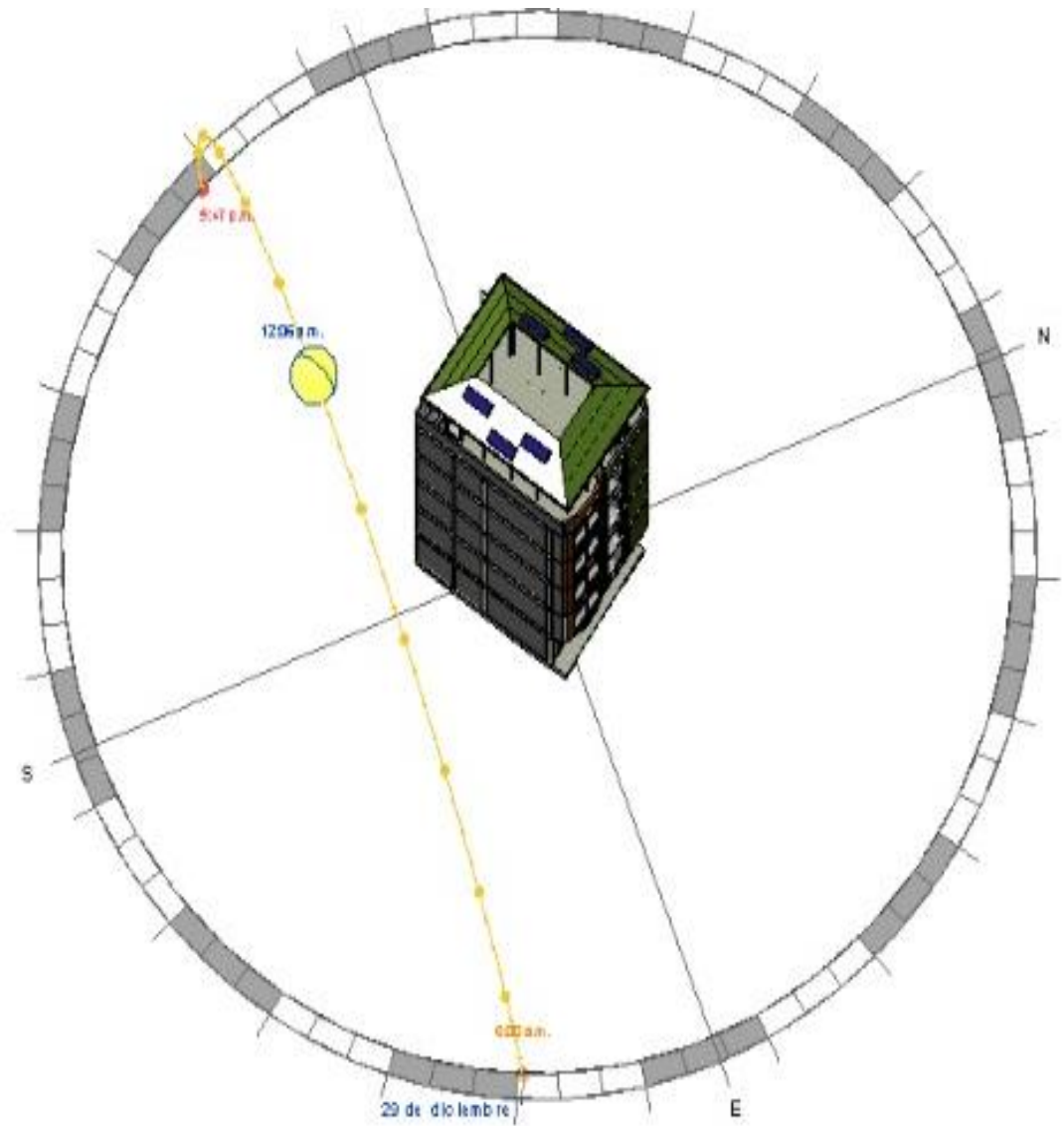
Características paneles solares:

- Potencia máxima P_{max} 195W $\pm 3\%$
- Voltaje a máxima potencia V_{mp} 36.87 V $\pm 5\%$
- Voltaje en circuito abierto V_{oc} 45.15 V $\pm 5\%$
- Corriente a máxima potencia I_{mp} 5.31 A $\pm 5\%$
- Corriente en corto circuito I_{sc} 5.62 A $\pm 5\%$
- Eficiencia del panel $P\%$ 15.3%
- Máximo voltaje DC del sistema 1000 V
- Configuración de las celdas 72 en serie
- Paneles Monocristalinos

Se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad para redes de distribución.

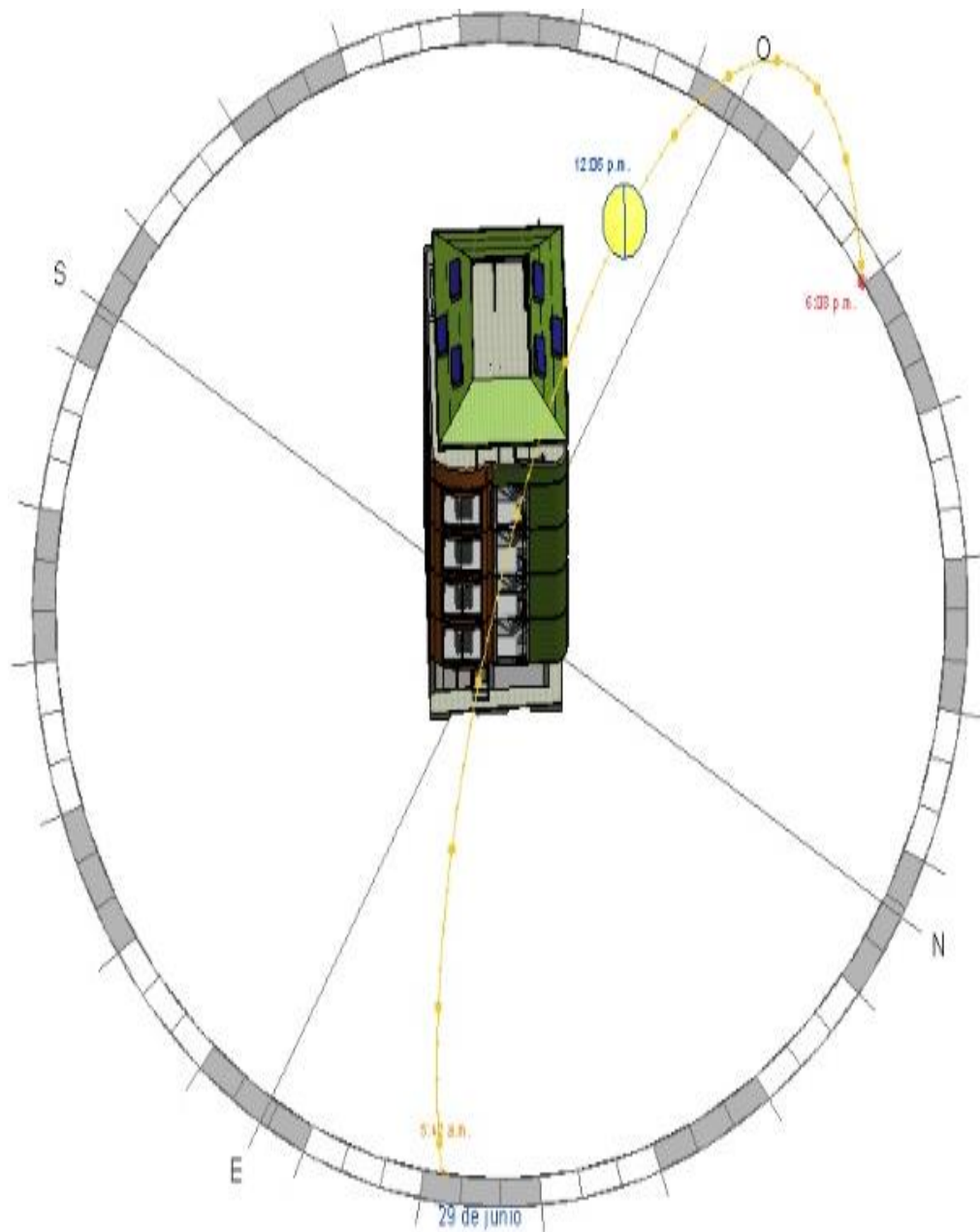
La instalación de paneles solares en este proyecto constructivo resulta bastante beneficiosa ya que el software que utilizamos tiene una herramienta que ayuda a ubicar los paneles en zonas estratégicas de acuerdo a las coordenadas del sitio, aparte de esto, los paneles solares que se utilizaron cuentan con un sistema o sensor que le permiten girar hacia donde el sol se ubique ya que la dirección del sol no es la misma en todas las horas del día.

Figura 25. Ubicación de Paneles Solares en el Proyecto Constructivo Teniendo en Cuenta las Coordenadas del Proyecto.



Fuente: Autoría Propia.

Figura 26. Ubicación de Paneles Solares en el Proyecto Constructivo Teniendo en Cuenta las Coordenadas del Proyecto.



Fuente: Autoría Propia. (Revit)

Este tipo de energía alternativa se está popularizando cada vez más por los beneficios que tiene:

Cuidado del medio ambiente: La energía solar está considerada como una gran tecnología verde porque:

- No contamina el aire, ya que no emite gases tóxicos.
- Funciona de forma silenciosa por lo que no produce contaminación acústica.

Costo de paneles solares y ahorro a largo plazo: El costo del utilizar energía solar se disminuye gracias a que ésta es continua e inagotable. Además, que el costo de instalación de paneles solares es amortizable con el paso del tiempo.

Vida útil: La vida útil de los paneles solares fotovoltaica es, como mínimo, 10 años de funcionamiento garantizado.

Seguridad para el hogar o empresas: El mayor beneficio que tiene instalar paneles solares y tener energía solar en tu hogar o empresa es que no vas a tener problemas de subas o bajas de tensión, lo que disminuye el riesgo de incendios y desperfectos de tus electrodomésticos (ElectroBlog, 2015).

- e) **Medidas de Eficiencia Energética Pasivas:** tienen que ver con los aspectos civiles-arquitectónicos del diseño de edificaciones. Estas características determinan la manera, forma y detalles del cerramiento del edificio que tienen relación directa con su eficiencia energética (Ministerio de vivienda, 2015).
- **Relación Ventana / Pared:** Esta es la relación del área de ventanas u otras áreas de vidrios con el área bruta de pared exterior llamada Relación Ventana/Pared (RVP). Las ventanas generalmente transmiten calor hacia dentro del edificio a una tasa mayor que las paredes. Por tanto, un edificio con RVP mayor ganará más calor que un edificio con un RVP menor.
 - **Sombreamiento - Horizontal:** En los climas tropicales donde la ganancia de calor en el edificio se vuelve una desventaja, las ventanas con sombra ayudan a reducir la ganancia de calor hacia el edificio. Los dispositivos de sombra horizontal (también llamados aleros) son usados arriba de los vanos de las ventanas protegiendo así a las ventanas de la radiación solar directa. Estos son usados en superficies de paredes donde la radiación solar incidente viene en un ángulo alto.

- Sombreamiento - Vertical: Los dispositivos de sombra vertical (también llamados aletas) son usados a los lados de los vanos de las ventanas protegiendo así a las ventanas de la radiación solar directa. Estos son usados en superficies de paredes donde la radiación solar incidente viene en un ángulo bajo.
 - Valor U del Vidrio: El Valor U es la transmisión de calor en unidad de tiempo a través de una unidad de área de un material o construcción y las películas de aire del borde, inducido por la diferencia de temperatura unitaria entre los entornos a cada lado.
 - Coeficiente de ganancia de calor del Vidrio: SHGC es la relación de la ganancia de calor solar que ingresa al recinto a través del área de la ventana. La ganancia de calor solar incluye el calor solar transmitido en forma directa y la radiación solar absorbida, que luego es re-irradiada, conducida o enviada al recinto por convección.
 - Ventilación Natural: El proceso de suministrar y remover aire a través de un recinto interno sin usar sistemas mecánicos.
- f) Medidas de Eficiencia Energética Activa:** Tratan del equipo que está instalado en el edificio con relación al aire acondicionado, iluminación y potencia eléctrica. Las medidas indicadas abajo ayudan a mejorar el desempeño energético del edificio (Ministerio de vivienda, 2015).
- Ampliación de ventanales para aprovechamiento de la luz natural.
 - Iluminación natural - Control fotoeléctrico de la iluminación perimetral: Hay momentos en los que los usuarios de un edificio encienden las luces pese a tener luz día adecuada. Esto resulta en desperdicio de energía. Los controladores fotoeléctricos sienten la disponibilidad de luz día dentro de las edificaciones y apagan o encienden las luces según haga falta. Se sabe que esto aumenta la eficiencia energética de las edificaciones.
 - Controles [sensores de ocupantes, Zonificación]: Los controles de iluminación que perciben la ocupación de un área y en consecuencia encienden/apagan las luces son útiles en las oficinas y otros tipos de edificaciones.
 - Balas ahorradoras de energía.
- g) Medidas Eficiencia – Agua:** tienen que ver con las distintas estrategias para el ahorro y aprovechamiento del agua. Accesorios de ahorro de agua [salidas de bajo flujo,

duchas y WC de doble flujo]: La grifería eficiente resultara en consumos más bajos de agua. Ahora, se dispone de grifería conservadora de agua en el mercado que ofrece la misma funcionalidad de flujo y limpieza con menor uso de agua (Ministerio de vivienda, 2015).

- h) Eficiencia Económica:** Al tener localizado un local en el primer piso del edificio, se implementó en los usuarios del edificio comprar cierta parte cada uno del mismo junto con su respectivo apartamento para así arrendarlo en conjunto y con ese dinero obtenido pagar administración, y arreglos generales del mismo, y así darle una alternativa eficiente en cuanto a la economía.

Figura 27. Propuesta Final del Proyecto Constructivo con Todas las Alternativas Implementadas.



Fuente: Autoría propia.

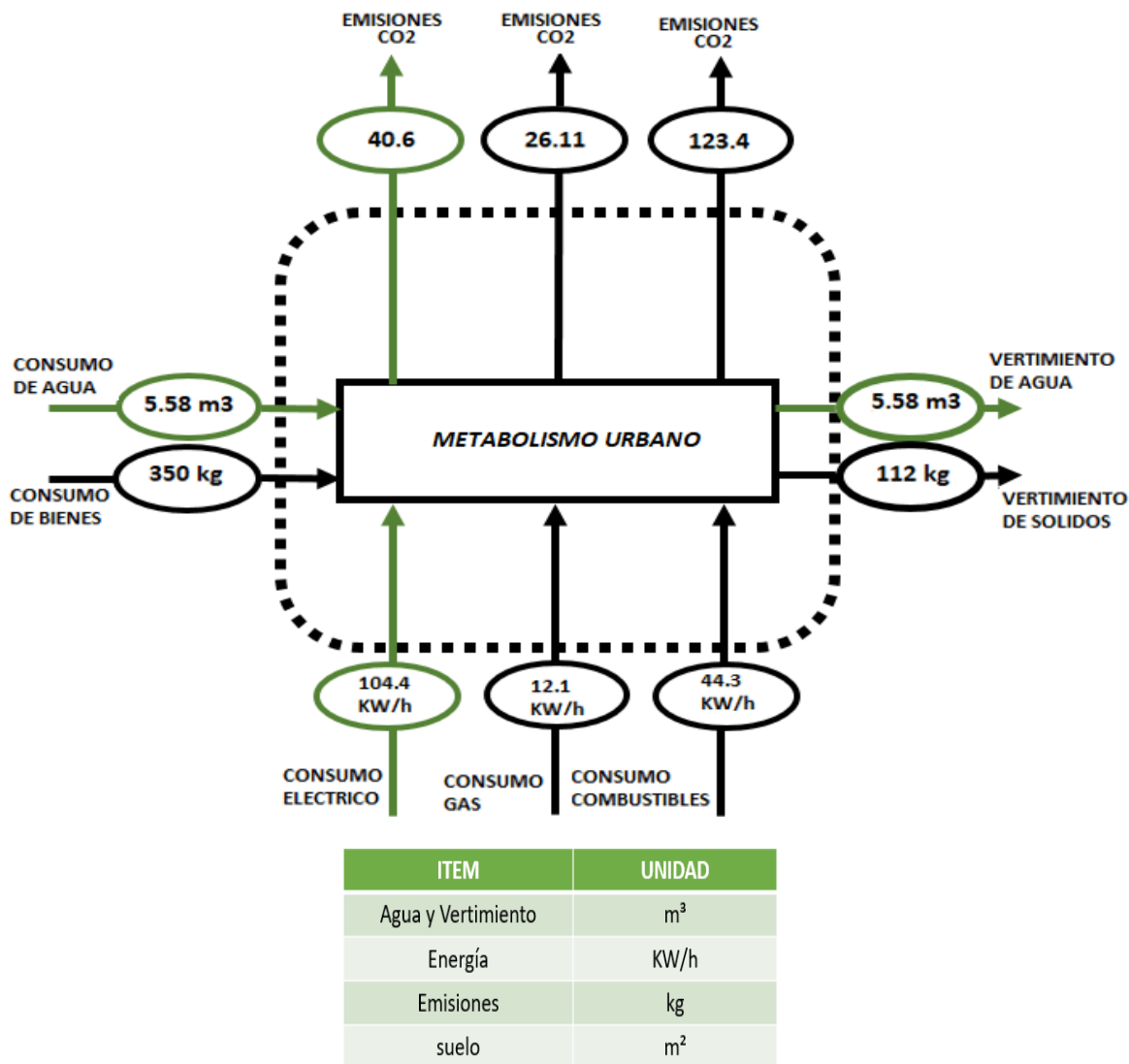
Figura 28. Propuesta final del Proyecto Constructivo con Todas las Alternativas Implementadas.



Fuente: Autoría propia. (Revit)

6.2.3. Modelo de Metabolismo Urbano por Piso Para el Proyecto Sostenible.

Figura 29. Modelo de Metabolismo Urbano por Unidad de Piso Luego de Haber Implementado las Alternativas Sostenibles y Eco-eficientes.



Fuente: Autoría propia.

El cambio que ha tenido la estructura del metabolismo Urbano es significativo en varios sectores, ya que el sector del recurso hídrico tuvo una disminución del 40% en su estructura, también el recurso energético tuvo una disminución en su estructura cercano a un valor del 35 %.

Tabla 12. Cuantificación de Consumos para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para un Piso del Proyecto Constructivo.

Un Apto.	ENERGIA KW/H	AGUA m3	VERTIMIENTO m3	GAS m3	COMBUSTIBLE Lts	BIENES Kg	SOLIDOS Kg
Valor	101.4	5.58	5.58	12.1	44.3	350	112

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 13. Cuantificación de Emisiones para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para un Piso del Proyecto Constructivo.

Un Apto.	CO2 Kg	N/A	N/A	Nox Kg	MP, CO Kg	N/A	N/A
Valor	40.6	_____	_____	26.11	123.4	_____	_____

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 14. Cuantificación de Consumos para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para Cinco Apartamentos del Proyecto Constructivo.

Cinco Aptos.	ENERGIA KW/H	AGUA m3	VERTIMIENTO m3	GAS m3	COMBUSTIBLE Lts	BIENES Kg	SOLIDOS Kg
Valor	506	27.9	27.9	60.5	221.5	1750	560

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 15. Cuantificación de Emisiones para el Modelo de Metabolismo Urbano Luego de la Implementación de las Alternativas para Cinco Apartamentos del Proyecto Constructivo.

Cinco Aptos.	CO2 Kg	N/A	N/A	Nox Kg	MP, CO Kg	N/A	N/A
Valor	203	_____	_____	130.55	617	_____	_____

Fuente: Autoría Propia.

6.2.4. Evaluación de Sostenibilidad del Proyecto Constructivo Sostenible.

El proyecto constructivo se ubicó en la clasificación LEED HOMES, la cual aplica a viviendas unifamiliares o multifamiliares de baja y mediana altura.

Tabla 16. Resultado de la Certificación LEED en el Proyecto Rediseñado con las Alternativas Sostenibles

SECTORES EVALUADOS	DESCRIPCION	PUNTAJE ASIGNADO	PUNTAJE OBTENIDO SISTEMA SOSTENIBLE
LOCALIZACION Y TRASPORTE	LEED para localización en Desarrollo Urbano	16	
	Protección de Suelos Sensibles	1	1
	Parcela de Alta Prioridad	1 a 2	1
	Densidad del Entorno y Usos Diversos	1 a 5	1
	Acceso a Transporte Público de Calidad	1 a 5	4
	Instalaciones Para Bicicletas	1	1
	Huella de Aparcamiento Reducida	1	1
	Vehículos Sostenibles	1	0
PARCELAS SOSTENIBLES	Evaluación de la Parcela	8	
	Desarrollo de la Parcela Proteger o Restaurar el Hábitat	1 a 2	2
	Gestión del Agua Lluvia	2 a 3	3
	Reducción de las Islas de Calor	2	1
	Reducción de la Contaminación Lumínica	1	1
EFICIENCIA EN AGUA	Evaluación de Eficiencia del Recurso Dentro y Fuera de la Organización Además la Implementación de Accesorios y Artefactos Sanitarios de Bajos Consumos.	11	
	Reducción de Consumo de Agua en el Exterior	1 a 2	2
	Reducción de Consumo de Agua en el Interior	1 a 6	3
	Consumo de Agua de las Torres de Refrigeración	1 a 2	1
	Medición del Agua	1	1
ENERGIA Y ATMOSFERA	Evaluación de un Ahorro Energético	33	
	Recepción Mejorada	2 a 6	2
	Optimización de la Eficiencia Energética	1 a 18	10
	Medición Avanzada de Energía	1	1
	Respuesta a la Demanda	1 a 2	1
	Producción de Energía Renovable	1 a 3	1
	Gestión Mejorada de Refrigerantes	1	0
	Energía Verde y Compensaciones de Carbono	1 a 2	1
MATERIALES Y RECURSOS	Describe los Lineamientos por Considerar en el Momento de Elegir los Materiales; que Estos Sean Reciclados, Regionales, Renovables o con Algún Sello Verde es un Plus y Garantiza un Puntaje Más Alto	13	
	Reducción del Impacto del Ciclo de Vida del Edificio	2 a 5	3
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Declaraciones Ambientales de los Productos	1 a 2	1
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Fuentes de Materias Primas	1 a 2	2
	Revelación y Optimización de los Productos del Edificio- Componentes de los Materiales	1 a 2	2
	Control de Residuos de Construcción y Demolición	1 a 2	1
CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	Se evalúa la ventilación interior adecuada, la comodidad térmica y acústica, control de contaminantes y niveles óptimos de iluminación.	19	
	Estrategias Mejoradas de Calidad de Aire interior	1 a 2	2
	Materiales de Baja Emisión	1 a 3	2
	Plan de Gestión de la Calidad del Aire Durante la Construcción	1	1
	Evaluación de la Calidad del Aire Interior	1 a 2	2
	Confort Interior	1	1
	Iluminación Interior	1 a 2	2
	Luz Natural	2 a 6	5
	Vistas de Calidad	1	0
	Eficiencia Acústica	1	0
INNOVACION	Innovación en el Diseño	6	
	Innovación	1 a 5	2
	Profesional Acreditado LEED	1	0

PRIORIDAD REGIONAL	Prioridad Regional	1 a 4	0
Total Puntos			65

Fuente: (LEED, 2018)

Tabla 17. Tipos de Certificación en la que se Puede Ubicar el Proyecto de Acuerdo a su Puntuación.

 CERTIFICADO 40 - 49 puntos  PLATA 50 - 59 puntos  ORO 60 - 79 puntos  PLATINO 80 - 110 puntos	
CERTIFICACION	RANGO
Platino (LEED Platinum)	80 puntos o más
Oro (LEED GOLD)	60 - 79 puntos
Plata (LEED Silver)	50 - 59 puntos
Certificado (LEED Certificate)	40 - 49 puntos

Fuente: (LEED, 2018)

De acuerdo a la puntuación de la evaluación de sostenibilidad del proyecto constructivo tradicional rediseñado al que se le implemento alternativas sostenibles y eco-eficientes, obtuvo la certificación Oro con una puntuación de 65 puntos y ubicándose como una casa sostenible en Colombia superando los 50 puntos.

Figura 30. Valoración Certificación.



Fuente: (LEED, 2018)

6.2.5. Presupuesto Proyecto Sostenible.

Tabla 18. Presupuesto Proyecto Sostenible.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	DESCAPOTE MANUAL Y RETIRO	M2	85,00	\$ 8.034,00	\$ 682.890,00
1.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA ARQUITECTONICA	M2	85,00	\$ 4.132,00	\$ 351.220,00
TOTAL					\$ 1.034.110,00
2	CIMENTACION				
2.1	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 1,2m *2,40*0,4	UND	4	\$ 1.218.033,00	\$ 4.872.132,00
2.2	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 1,4m *0,7*0,4	UND	1	\$ 1.031.000,00	\$ 1.031.000,00
2.3	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 2,0m*2,0*0,4	UND	3	\$ 1.615.126,00	\$ 4.845.378,00
2.4	ZAPATA (CONCRETO 3000 PSI) 2,5m*2,5*0,4	UND	1	\$ 1.728.016,00	\$ 1.728.016,00
2.5	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN (INCLUYE RETIRO)	M3	10,36	\$ 57.282,00	\$ 593.441,52
2.6	RELLENO CON RECEBO B-400	M3	50,00	\$ 16.150,00	\$ 807.500,00
TOTAL					\$ 13.877.467,52
3	ESTRUCTURA				
3.1	COLUMNA 4000 PSI 15 CM*25CM	M3	0,47	\$ 1.827.494,00	\$ 858.922,18
3.2	COLUMNA 4000 PSI 15 CM*15CM	M3	0,22	\$ 1.827.494,00	\$ 402.048,68
3.3	COLUMNA 4000 PSI 30 CM*20CM	M3	0,75	\$ 1.827.494,00	\$ 1.370.620,50
3.4	COLUMNA 4000 PSI 30 CM*40CM	M3	11,71	\$ 1.827.494,00	\$ 21.399.954,74
3.5	VIGAS 3000 PSI 30 CM*30CM	M3	6,89	\$ 859.969,00	\$ 5.925.186,41
3.6	VIGAS 3000 PSI 40 CM*40CM	M3	19,85	\$ 859.969,00	\$ 17.070.384,65
3.8	LOSAS ENTREPISO ALIGERADA (CONCRETO 3000PSI)	M2	325,6	\$ 277.667,00	\$ 90.408.375,20
3.10	PLACA CONTRAPISO (E=10cm 3000 PSI)	M2	85,00	\$ 95.524,00	\$ 8.119.540,00
3.11	ANDEN PERIMENTRAL (CONCRETO 3000 PSI)	M2	15,00	\$ 73.564,00	\$ 1.103.460,00
3.12	ESCALERA (CONCRETO 3000 PSI)	M3	10,31	\$ 1.131.282,00	\$ 11.663.517,42
TOTAL					\$ 158.322.009,78
4	CUBIERTA				
4.1	SUMINISTRO E INSTALACION CUBIERTA ETERNIT	M2	72,816	\$ 28.285,00	\$ 2.059.600,56
4.2	INSTALACION PERFILERIA METALICA, PINTURA, ANCLAJES, ANGULOS, TIRANTES, PERNOS Y SOLDADURA	M2	72,816	\$ 50.000,00	\$ 3.640.800,00
4.3	SUMINISTRO E INSTALACION BAJANTES (TUBERIA TRAGANTE ALLA) PVC 3"	ML	30	\$ 20.000,00	\$ 600.000,00
TOTAL					\$ 6.300.400,56

Fuente: Autoría Propia (Precios 2018)

5	HIDROSANITARIO (SUMINISTRO E INSTALACION) Y LLOVIAS				
5.1	REGISTRO 3/4 "	und	1	\$ 78.597,00	\$ 78.597,00
5.2	REGISTRO 1/2 "	und	5	\$ 29.660,00	\$ 148.300,00
5.3	TUBERIA AGUA CALIENTE 1/2"	ML	111,34	\$ 5.000,00	\$ 556.700,00
5.4	TUBERIA AGUA FRIA 1/2"	ML	134,63	\$ 3.000,00	\$ 403.890,00
5.5	PUNTO AF FREGADERO COCINAS	Und	4	\$ 16.950,79	\$ 67.803,16
5.6	PUNTO AC FREGADERO COCINAS	Und	4	\$ 52.031,86	\$ 208.127,46
5.7	FREGADERO COCINA	Und	4	\$ 248.766,57	\$ 995.066,27
5.8	PUNTO AF LLAVE MANGUERA	Und	2	\$ 37.800,62	\$ 75.601,24
5.9	LLAVE MANGUERA	Und	2	\$ 24.604,20	\$ 49.208,40
5.10	PUNTO AF LAVADERO	Und	4	\$ 34.161,86	\$ 136.647,43
5.11	PUNTO AC LAVADORA	Und	4	\$ 83.411,35	\$ 333.645,39
5.12	PUNTO AF LAVADORA	Und	4	\$ 35.264,86	\$ 141.059,45
5.13	LLAVE LAVADORA	Und	4	\$ 74.509,18	\$ 298.036,73
5.14	PUNTO AF INODORO	Und	9	\$ 11.706,45	\$ 105.358,08
5.15	PUNTO AC LAVAMANOS	Und	9	\$ 61.080,02	\$ 549.720,22
5.16	PUNTO AF LAVAMANOS	Und	9	\$ 18.270,66	\$ 164.435,93
5.18	PUNTO AF DUCHA	Und	8	\$ 207.132,81	\$ 1.657.062,50
5.19	PUNTO AC DUCHA	Und	8	\$ 49.636,88	\$ 397.095,06
5.20	DUCHA	Und	8	\$ 97.820,34	\$ 782.562,73
5.21	LLAVE DE PASO	Und	25	\$ 10.112,03	\$ 252.800,63
5.22	ACOMETIDA	Und	1	\$ 46.770,15	\$ 46.770,15
5.23	CAJA DE REGISTRO	Und	1	\$ 45.517,00	\$ 45.517,00
5.24	MICROMEDIDOR DE AGUA	Und	4	\$ 115.000,00	\$ 460.000,00
5.25	CAJAS INSPECCION ALL. 0,8*0,8	UND	5	\$ 813.699,40	\$ 4.068.497,00
5.31	TUBERIA 3"	ML	159	\$ 10.000,00	\$ 1.590.000,00
5.32	TUBERIA 4"	ML	10	\$ 12.000,00	\$ 120.000,00
5.33	ACCESORIOS CODO DE 1/2	Und	205	\$ 500,00	\$ 102.500,00
5.34	CODOS SANITARIOS	Und	36	\$ 7.000,00	\$ 252.000,00
5.35	T DE 1/2	Und	45	\$ 500,00	\$ 22.500,00
5.36	T SANITARIAS	Und	12	\$ 8.500,00	\$ 102.000,00
5.37	Y SANITARIAS	Und	12	\$ 8.500,00	\$ 102.000,00
5.38	TANQUE ALMACENAMIENTO	Und	1	\$ 270.000,00	\$ 270.000,00
TOTAL					\$ 14.583.501,81

6	SUMINISTRO DE GAS (SUMINISTRO E INSTALACION)				
6.1	TUBERIA POLIETILENO ALTA DENSIDAD PE80(1/2")	ML	15,00	\$ 3.320,00	\$ 49.800,00
6.2	TUBERIA COBRE TIPO L1/2"	ML	95	\$ 14.874,00	\$ 1.413.030,00
6.3	ACCESORIOS	UND	20,00	\$ 8.435,00	\$ 168.700,00
6.4	SUMINISTROS	UND	4,00	\$ 162.999,00	\$ 651.996,00
6.5	PUNTOS DE CONEXIÓN	UND	4,00	\$ 90.653,00	\$ 362.612,00
TOTAL					\$ 2.646.138,00

Fuente: Autoría Propia (Precios 2018)

7	INSTALACIONES ELECTRICAS Y AFINES (SUMINISTRO E INSTALACION)				
7.1	BALA RECESADA LED 10W *85-265V AHORRADORAS	UND	96,00	\$ 45.000,00	\$ 4.320.000,00
7.2	PROYECTOR TERRAZA LED 7W MR16	UND	4,00	\$ 44.900,00	\$ 179.600,00
7.3	CAJA CONEXIÓN DE TUBO	UND	258,00	\$ 1.700,00	\$ 438.600,00
7.4	TEMPORIZADOR	UND	6,00	\$ 71.900,00	\$ 431.400,00
7.5	INTERRUPTOR SENCILLO	UND	60,00	\$ 6.400,00	\$ 384.000,00
7.6	INTERRUPTOR DOBLE	UND	45,00	\$ 10.900,00	\$ 490.500,00
7.7	INTERRUPTOR TRIPLE	UND	73,00	\$ 12.900,00	\$ 941.700,00
7.8	TOMAS DOBLES	UND	75,00	\$ 4.800,00	\$ 360.000,00
7.9	SENSOR DE MOVIMIENTO 360°	UND	4,00	\$ 39.900,00	\$ 159.600,00
7.10	TUBERÍA EMT 1/2" POR TECHO, MURO, PLACA.	ML	502,00	\$ 4.633,33	\$ 2.325.933,33
7.11	CURVAS TUBERIA	UND	100,00	\$ 6.100,00	\$ 610.000,00
7.12	UNIONES EMT 1/2"	UND	200,00	\$ 1.450,00	\$ 290.000,00
7.13	TERMINALES EMT 1/2"	UND	550,00	\$ 2.200,00	\$ 1.210.000,00
7.14	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES AMARILLO	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.15	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES BLANCO	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.16	CABLE 12 AWG CENTELSA PROCABLES VERDE	ML	600,00	\$ 1.169,00	\$ 701.400,00
7.17	CABLE 12 PUNTO DE ILUMINACIÓN-INTERRUPTOR	ML	136,00	\$ 1.169,00	\$ 158.984,00
7.18	TABLERO DE CIRCUITOS DEL USUARIO TCI	UND	5,00	\$ 279.900,00	\$ 1.399.500,00
7.19	TABLERO DE CIRCUITOS DEL USUARIO TGD	UND	1,00	\$ 279.900,00	\$ 279.900,00
7.20	CAJA DE PASO CD2006-EBSA	UND	4,00	\$ 44.900,00	\$ 179.600,00
7.21	CAJA 2400 Y SUPLEMENTO	UND	49,00	\$ 3.750,00	\$ 183.750,00
7.22	VARILLA DE PUESTA A TIERRA 5/8"X2,4M	UND	1,00	\$ 129.900,00	\$ 129.900,00
7.23	SOLDADURA ELECTRICWELD	UND	1,00	\$ 72.800,00	\$ 72.800,00
7.24	CEMENTO CONDUCTIVO RAYOCEM	M³	0,22	\$ 55.000,00	\$ 11.880,00
	SUBTOTAL				\$ 16.661.847,33
	ACOMETIDA				
7.25	CABLE CU No. 10 AWG	M	66,4	\$ 1.719,00	\$ 114.141,60
7.26	CABLE CU No. 12 AWG	M	33,2	\$ 1.169,00	\$ 38.810,80
7.27	TUBERÍA PVC 3/4"	M	33,2	\$ 1.333,33	\$ 44.266,67
	SUBTOTAL				\$ 197.219,07
7.28	TUBERÍA EMT 1"	UND	3	\$ 30.900,00	\$ 92.700,00
7.29	CAJA PARA MEDIDOR TRIFÁSICO	UND	1	\$ 200.000,00	\$ 60.000,00
7.30	CAJA DE INSPECCIÓN 0,3X0,3X0,3M	UND	1	\$ 44.900,00	\$ 44.900,00
7.31	REFLECTOR LED 50W	UND	1	\$ 179.900,00	\$ 179.900,00
	SUBTOTAL				\$ 377.500,00
	TOTAL				\$ 17.236.566,40
8	MAMPOSTERIA Y PAÑETE				
8.1	INSTALACION Y SUMINISTRO MUROS APARTAMENTOS Y FACHADA ALTOS Y BAJOS	M2	201	\$ 26.699,64	\$ 5.366.627,64
8.2	PAÑETE MUROS	M2	140	\$ 15.000,00	\$ 2.100.000,00
8.3	FILOS Y DILATACIONES	ML	45	\$ 5.102,40	\$ 229.608,00
	TOTAL				\$ 7.696.235,64

Fuente: Autoría Propia (Precios 2018)

9	ACABADOS				
PISOS Y ENCHAPES					
9.1	SUMINISTRO E INSTALACION ENCHAPES MUROS (EGEO BLANCO 25 X 35 CM)	M2	56,84	\$ 33.224,85	\$ 1.888.500,47
9.2	ALISTADO PISOS	M2	353	\$ 7.238,20	\$ 2.555.084,60
9.3	ENCHAPES PISO CERÁMICO 28,7 X 57,5 CM PIEDRA FRANCESA CORONA	M2	353	\$ 55.200,00	\$ 19.485.600,00
9.4	SUMINISTRO E INSTALACION GUARDAESCOBAS CERAMICO PISO GALENA BEIGE 10 CM	ML	280	\$ 5.638,60	\$ 1.578.808,00
9.5	SUMINISTRO E INSTALACION BOCEL ALUMINIO	ML	280	\$ 1.666,00	\$ 466.480,00
	SUBTOTAL				\$ 25.974.473,07
PINTURA					
9.6	ESTUCO VINILO A TRES MANOS	M2	201	\$ 20.599,96	\$ 4.140.591,96
9.7	SUMINISTRO E INSTALACION DRYWALL	M2	374	\$ 42.254,71	\$ 15.803.261,54
	SUBTOTAL				\$ 19.943.853,50
SUMINISTRO E INSTALACION CARPINTERÍA METÁLICA					
9.8	VENTANA CORREDIZA EN ALUMINIO VIDRIO 3MM	M2	29,04	\$ 84.912,00	\$ 2.465.844,48
9.9	PUERTA EN LÁMINA COLD ROLLED CAL.16	UN	6	\$ 173.576,20	\$ 1.041.457,20
9.10	DIVISION BAÑO VIDRIO TEMPLADO PUERTA BATIENTE	UN	8	\$ 426.972,50	\$ 3.415.780,00
9.11	PUERTA ELECTRICA CORREDIZA	UN	1,00	\$ 6.050.996,37	\$ 6.050.996,37
9.12	JUEGOS INCRUSTAR	UN	8	\$ 85.577,00	\$ 684.616,00
	SUBTOTAL				\$ 13.658.694,05
SUMINISTRO E INSTALACION CARPINTERIA DE MADERA					
9.13	CLOSETH TIPO A FORRADO	M2	43,2	\$ 265.789,43	\$ 11.482.103,38
9.14	HOJA PUERTA FLORMORADO 0.80	UN	13	\$ 251.917,60	\$ 3.274.928,80
9.15	MUEBLE COCINA ATURA 0,8 FLORMORADO	ML	12	\$ 450.000,00	\$ 5.400.000,00
9.16	MUEBLE LAVAMANOS TIPO TANTRA OLMO 60 cm VESSEL CORONA	UN	9	\$ 470.169,00	\$ 4.231.521,00
9.17	MÁRMOL NEGRO ABSOLUTO	ML	12	\$ 400.000,00	\$ 4.800.000,00
	SUBTOTAL				\$ 29.188.553,18
APARATOS ESPECIALES					
9.18	CALENTADOR 6LTS	Und	4	\$ 772.270,28	\$ 3.089.081,10
9.19	BOMBA 0,5 HP	Und	1	\$ 426.000,00	\$ 426.000,00
9.20	BOMBA 0,25 HP	Und	1	\$ 989.900,00	\$ 989.900,00
9.21	MEDIDOR DE ENERGÍA 15(60)A TRIFÁSICO	UND	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
9.22	MEDIDOR DE ENERGÍA MONOFASICO	UND	4	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
9.23	LAVADERO	Und	4	\$ 257.318,32	\$ 1.029.273,27
9.24	INODORO	Und	9	\$ 335.015,15	\$ 3.015.136,37
9.25	LAVAMANOS CON GRIFERIA	Und	9	\$ 298.972,04	\$ 2.690.748,33
9.26	MURO CORTINA MATERIALES SUMINISTRO E INSTALACION	M2	17	\$ 600.000,00	\$ 10.200.000,00
9.27	PUERTA VIDRIO TEMPLADO	M2	8	\$ 220.000	\$ 1.760.000
	SUBTOTAL				\$ 23.850.139,07
	TOTAL				\$ 57.452.686,62
10	IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES				
10.1	MUROS STEKO, FACHADAS Y MUROS INTERNOS 2 A 5 PISO	m2	621	\$ 110.000	\$ 68.310.000
10.2	PANELES SOLARES (6) BATERIAS (3), INVERSOR, REGULADOR, SUMINISTRO E INSTALACION	Und	1	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000
10.3	JARDINERIA VERTICAL FACHADA SUMINISTRO E INSTALACION	m2	35,735	\$ 180.000	\$ 6.432.300
10.4	JARDINERIA CUBIERTA SUMINISTRO E INSTALACION	m2	72,816	\$ 200.000	\$ 14.563.200
10.5	SUMINISTRO Y CONSTRUCCION DE TANQUE SUBTERRANEO 2X2	m3	3	\$ 750.000	\$ 2.250.000
	TOTAL				\$ 101.055.500

Fuente: Autoría Propia (Precios 2018)

6.3. Comparación del Proyecto Tradicional y el Proyecto Sostenible:

Figura 31. Comparación del Modelo Tradicional y el Modelo Sostenible.



Fuente: Autoría Propia.

Se puede evidenciar el cambio que soporta el proyecto constructivo luego de haber implementado las alternativas sostenibles. En el siguiente capítulo se realiza un análisis más al detalle para conocer el cambio que presenta en cuanto a sus recursos, en cuanto al modelo de metabolismo urbano, en cuanto a los posibles contaminantes, y en cuanto al presupuestal que el proyecto tradicional y el proyecto sostenible puede llegar a generar ya que estos ámbitos son algunos a los que la certificación LEED apunta.

7. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Caracterización Proyecto Tradicional y Proyecto Sostenible.

7.1.1. Proyecto Tradicional.

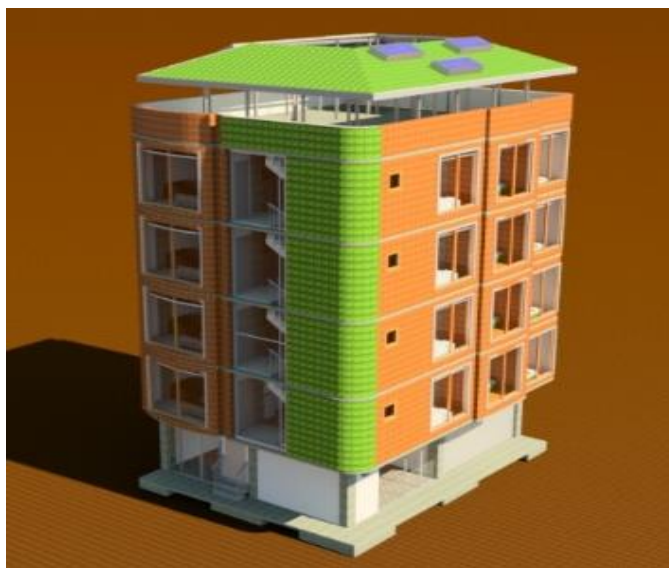
Figura 32. Modelo Tradicional.



Fuente: Autoría Propia.

7.1.2. Proyecto Sostenible.

Figura 33. Modelo Sostenible.



Fuente: Autoría Propia.

El rediseño del proyecto se realizó con base a parámetros y aspectos que la certificación leed exige para poder obtener un distintivo el cual certifique que el proyecto cuenta con un alto nivel de sostenibilidad y eco-eficiencia, para resumir, la certificación Leed exige lo siguiente: Sitios sostenibles, Ahorro de agua, Energía y atmosfera, Materiales y recursos, Calidad ambiental interior y prioridad regional. Por lo tanto y con base a esto, se realizaron las siguientes implementaciones al proyecto constructivo:

Muros en ladrillo de madera –Steko: Sistema de construcción modular, basado en la última tecnología que permite la construcción sostenible, cumpliendo con los más altos requisitos respecto a estabilidad, con seguridad contra terremotos, durabilidad, comodidad y flexibilidad de diseño.

Tanque subterráneo para captación de agua lluvia: El cual funcionara como depósito de agua lluvia captada desde la cubierta la cual va a tener uso en lavado de parqueadero, andenes y riego de jardines.

Jardines verticales en fachada y cubierta: Los jardines verticales utilizados en el proyecto constructivo ofrecen numerosos beneficios a nivel económico, ecológico y social. Esta fachada vegetal ayuda a purificar el aire, reducir la temperatura ambiente, regular la temperatura y promueve la biodiversidad en la ciudad.

Implementación de paneles solares: La propuesta de sostenibilidad en cuanto al recurso energético de nuestro proyecto está diseñada para la construcción de un panel solar el cual reduce el consumo de este servicio público, como también la implementación de bombillos ahorradores

Ampliación de ventanales: Se desarrolló para un mejor aprovechamiento de la luz natural.

Accesorios Ahorradores de Agua: La grifería eficiente resultara en consumos más bajos de agua. Ahora, se dispone de grifería conservadora de agua en el mercado que ofrece la misma funcionalidad de flujo y limpieza con menor uso de agua.

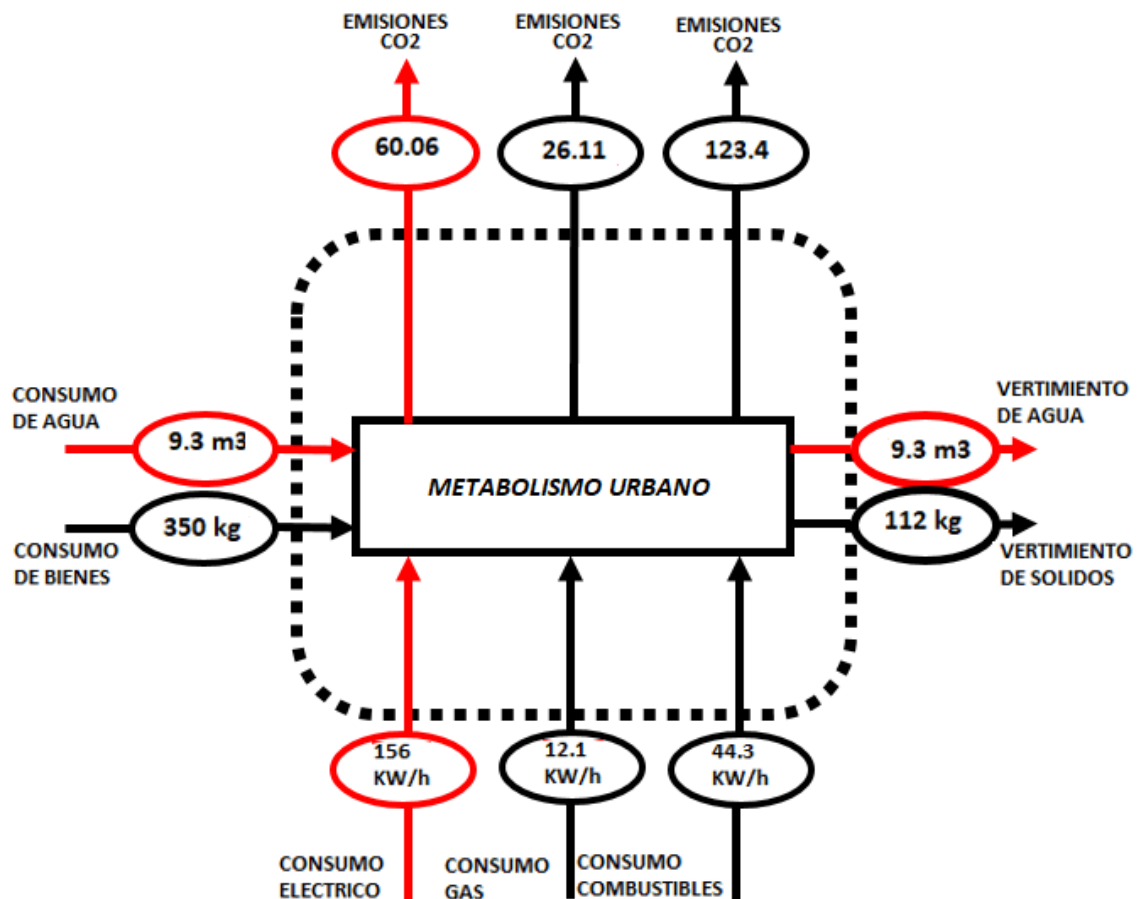
Compra de local comercial: Los habitantes el proyecto al adquirir su apartamento deberán comprar un porcentaje del local comercial, el cual será arrendado y ese dinero será

utilizado para cuidado del edificio, limpieza de zonas comunes y daños generales del mismo.

7.2. Modelo de Metabolismo Urbano.

7.2.1. Proyecto Tradicional

Figura 34. Modelo Metabolismo Urbano Tradicional.



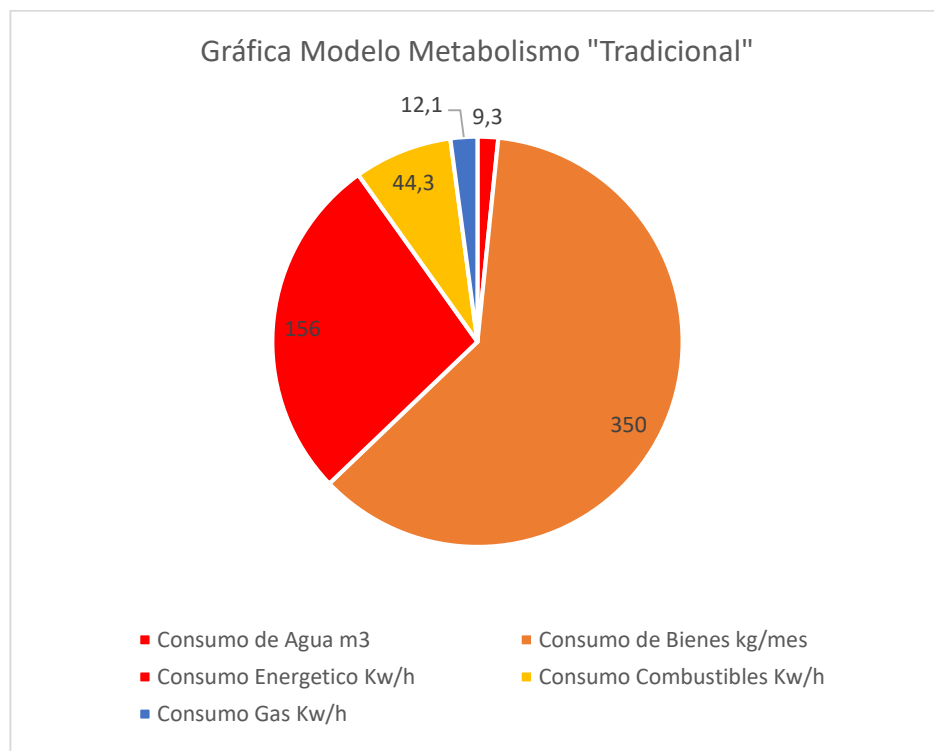
Fuente: Autoría Propia.

Se realizó el modelo de metabolismo urbano de acuerdo a consumos reales consultados para una persona que hace parte de una vivienda convencional estrato 3 por mes, de igual manera se consultó detalladamente la cantidad de agua consumida y vertimientos de un apartamento el cual fue de 9.3 m3/mes, el consumo de bienes que fue de 350kg/mes, la cantidad de energía que fue de 156kW/mes la cantidad de residuos que puede generar que es de 112kg, la cantidad de combustible que fue de 44.3kw/h y la cantidad de gas que se

necesita que fue de 12.1 kW/h que usa una familia de estas condiciones generalmente, todo esto se multiplicó por la cantidad de personas por núcleo familiar el cual son 4, y luego al tener el valor por apartamento, se realizó la multiplicación por la cantidad de unidades de apartamentos del proyecto. Los resultados se pueden evidenciar en el modelo anterior por unidad de apartamento, y se evidencia que el recurso hídrico y el recurso energético son los sectores más críticos y a los cuales se puede llegar a reducir su consumo, ya que los diferentes consumos que se evaluaron tienen cierta complejidad para desarrollar.

Las flechas rojas en el modelo, representan la entrada y salida de los recursos más críticos y su potencial emisión hacia el medio ambiente.

Figura 35. Gráfica Modelo Metabolismo Urbano.



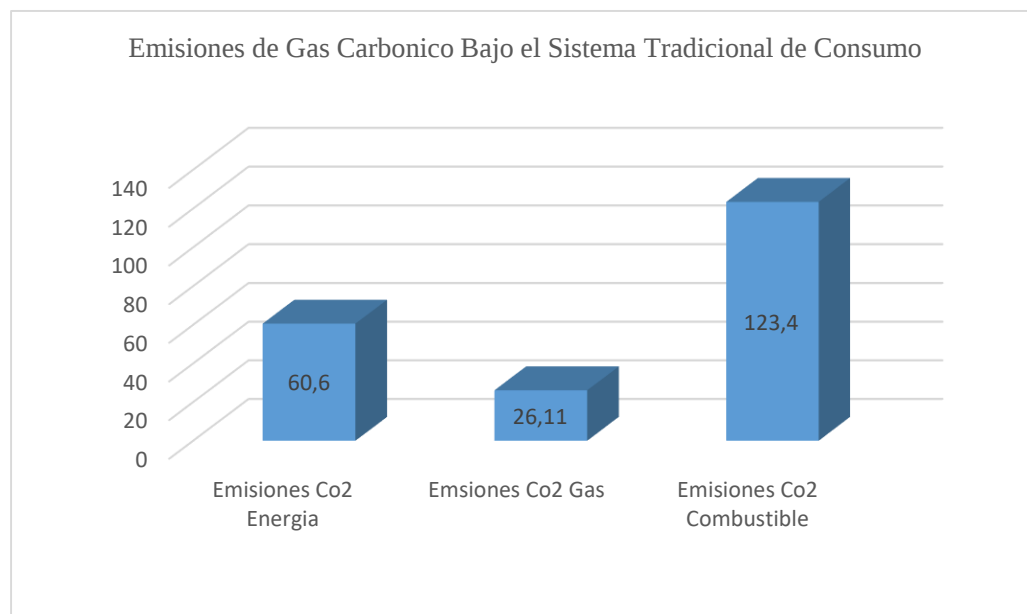
Fuente: Autoría Propia.

El gráfico anterior representa los consumos totales que puede generar una familia promedio, el consumo de bienes representa la mayor parte del proyecto por unidad de apartamento con un valor de 350kg/mes ya que entre ellos se encuentran, los bienes

duraderos: los cuales su uso se alarga en el tiempo, tardando bastante en agotarse. Entre ellos se encuentran la maquinaria, utensilios, electrodomésticos, etc. Los bienes no duraderos: los cuales su principal característica es que se acaban o agoten en un plazo de tiempo muy corto, como puede ser la pasta de dientes. También están los bienes perecederos entre los cuales se encuentran, por ejemplo, los alimentos. También se podrían incluir entre los no duraderos al resultar útiles muy poco tiempo. El recurso hídrico arrojó un valor por apartamento de 9.3m³ de agua consumida por unidad de apartamento, la energía que se utiliza por unidad de apartamento es de 156kW/h, el consumo de combustibles arrojó un valor por apartamento de 44.3kW/h los cuales son utilizados para movilizar vehículos, motos etc. El consumo de gas utilizado por apartamento arrojó un valor por apartamento de 12.1kW/h los cuales son utilizados para la preparación de alimentos etc.

Las emisiones que generan estos consumos son las siguientes:

Figura 36. Diagrama de Emisiones.



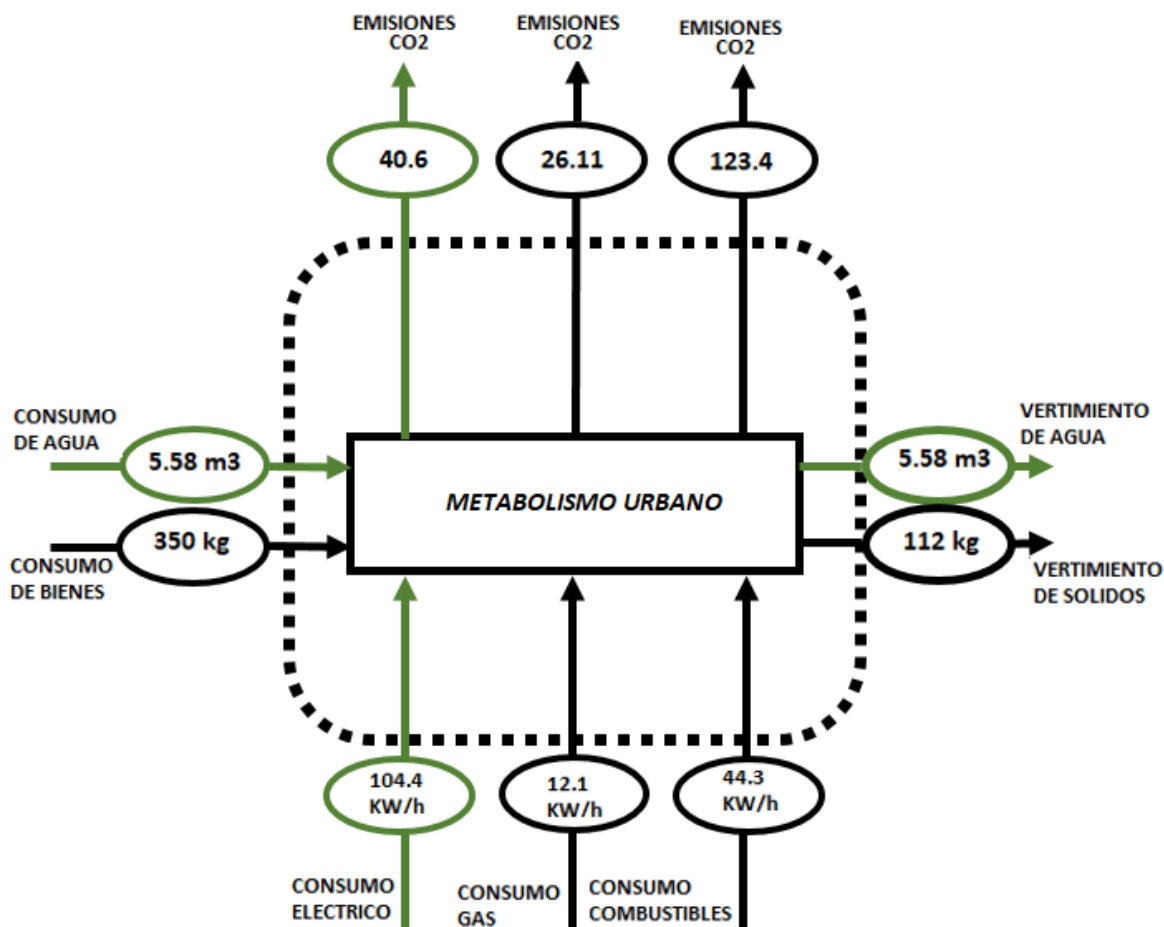
Fuente: Autoría Propia.

Los consumos que contenían emisiones negativas como lo son el dióxido de carbono para el medio ambiente fueron el recurso energético con un valor de 60.6 kW/h, el uso de gas que arrojó un valor de 26.11 kW/h, y arrojando un valor muy alto, están los combustibles

que también presentan emisiones negativas con un valor de 123.4 kW/h para el medio ambiente, las cuales se evidencian en la gráfica anterior de una forma más detallada.

7.2.2. Proyecto Sostenible.

Figura 37. Modelo Metabolismo Urbano Proyecto Sostenible.



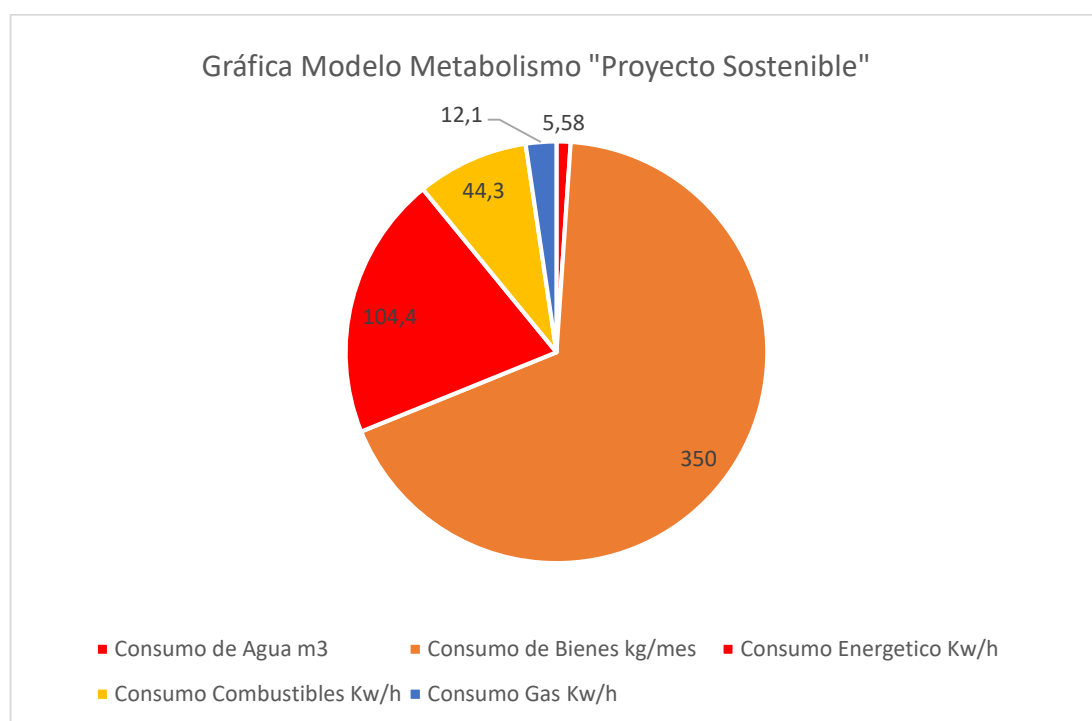
Fuente: Autoría Propia.

Luego de conocer los consumos y de tener conocimiento de lo que necesita una vivienda convencional estrato tres en cuanto a bienes, combustibles, servicios públicos etc. Con ocupación de cuatro habitantes para poder tener un confort ideal para vivir, se realizó la implementación estratégica de alternativas sostenibles y eco-eficientes teniendo en cuenta su facilidad de implementación, su costo, su favorabilidad para el proyecto y por sobre todo su impacto medioambiental, todo esto de la mano de la certificación LEED la cual es

el punto de partida para la implementación eficaz de estos aspectos sostenibles, consiguiendo reducir lo máximo posible los sectores más críticos del proyecto constructivo. Como los sectores más críticos y más relevantes en el proyecto internamente fueron el sector del recurso hídrico y el recurso energético se buscó enfocarse más en ellos como punto de partida ya que el proyecto presenta los valores más bajos y deficientes en estos puntos, también se quiere lograr conseguir un uso de los recursos más eficiente y conveniente más allá de realizar alguna implementación con otro sentido.

Las flechas verdes en el modelo representan los cambios relevantes que presentaron los recursos más críticos, a continuación, se dará a conocer de una manera más detallada:

Figura 38. Gráfica Modelo de Metabolismo Urbano Sostenible.



Fuente: Autoría Propia.

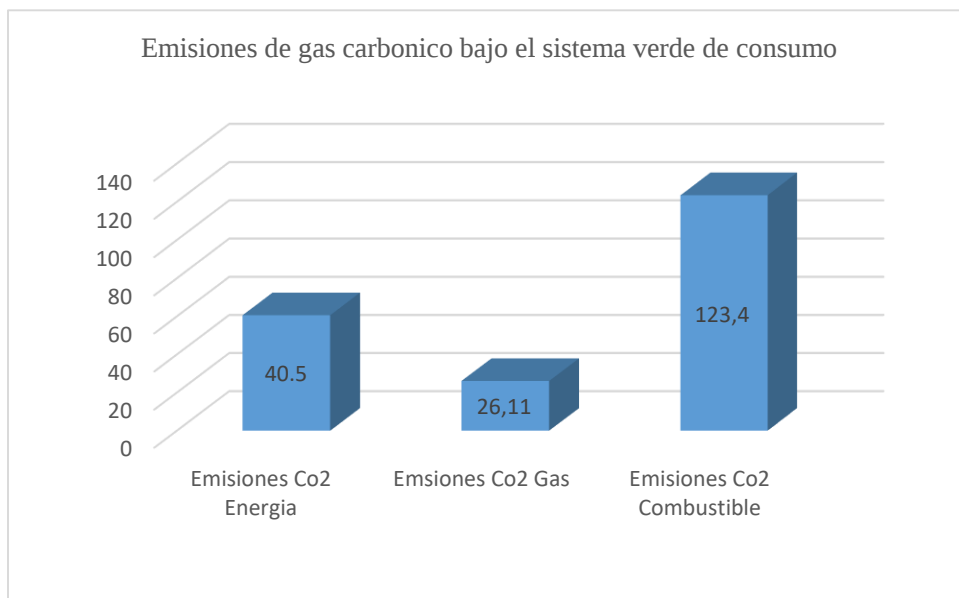
Se puede evidenciar en el gráfico anterior que de nuestros sectores más críticos para este proyecto que fueron el recurso hídrico y el recurso energético, el cambio minimizado por unidad de apartamento del recurso energético fue de alrededor del 35% bajando el valor de 156kw/mes a 104.4kw/mes y el recurso hídrico obtuvo un cambio por unidad de

apartamento alrededor del 40% Bajando el valor de 9.3m³ a 5.58m³ de agua, esto debido a las diferentes implementaciones de alternativas que fueron realizadas en varios aspectos del proyecto, entre ellas están la captación de agua lluvia desde la cubierta y el deposito en el tanque de almacenamiento subterráneo que se realizó, ya que esto genera un aprovechamiento del agua lluvia y limita bastante el uso del agua potable dejándola casi únicamente para el consumo humano, la implementación de accesorios ahorradores como la grifería fue importante ya que reduce el desperdicio y hace más eficiente el uso el recurso.

Para lograr conseguir ese porcentaje de reducción en el recurso energético se contó con estrategias relevantes las cuales no son costosas y benefician bastante el proyecto. Principalmente la implementación de paneles solares como energía alternativa fue bastante útil, la ampliación de los ventanales para el aprovechamiento de la luz natural, el uso de bombillos ahorradores o luces led en todo el proyecto redujo bastante y genero un mejor aprovechamiento del recurso energético.

Las emisiones que generan estos consumos son las siguientes:

Figura 39. Diagrama de Emisiones Proyecto Sostenible.



Fuente: Autoría Propia.

Después de haber implementado las alternativas sostenibles y eco-eficientes se logró reducir únicamente las emisiones del recurso energético de 60.6 a 40.05, es decir alrededor de un 20%, las demás emisiones tuvieron cierta complejidad ya que estos tipos de combustibles son los que se utilizan para movilizar vehículos y para la preparación de alimentos, existen metodologías desarrolladas para minimizar el impacto ambiental que generan los combustibles que arrojaron un valor de 123.4 como lo son los biocombustibles, pero en la región no se cuenta con el desarrollo permanente de estos productos de los cuales tampoco se sabe con certeza si son eficientes para los motores de vehículos o demás que los necesitan, es de recalcar que con esta gráfica se puede evidenciar que la mayor parte de las emisiones se encuentran por fuera el proyecto es decir, los vehículos son los principales culpables del deterioro ambiental, por lo que se decidió reducir en lo posible las emisiones que genera el proyecto constructivo internamente. Las emisiones que genera el gas las cuales arrojaron un valor de 26.11, que generalmente es utilizado para la preparación de alimentos son de dicha forma pequeñas, y recordando un poco esta alternativa se desarrolló para controlar la contaminación que estaban generando los cilindros utilizados anteriormente. Por lo tanto, el gas resulta muy eficiente para vivir de manera óptima, y en el combustible se debe empezar a trabajar de manera más excesiva ya que es uno de los factores principales para que el medio ambiente se esté deteriorando. Lo cual indica que al modificar algo relacionado a estos sectores se reduciría el confort de vida de las personas que habitan este proyecto residencial.

7.3. Presupuesto Tradicional y Sostenible.

7.3.1. Presupuesto Tradicional y Sostenible Generado.

El presupuesto inicial del proyecto tradicional se realizó detalladamente y con ayuda del software Revit, ya que este programa permitió modelar el edificio desde su proceso inicial hasta su proceso final, realizando cada procedimiento detallado con el fin de al final obtener las cantidades reales y detalladas del proyecto constructivo. Después de haber implementado las alternativas eco-eficientes y sostenibles realizamos el presupuesto para conocer en cuanto se incremento el valor del proyecto total, realizamos la implementación de un capítulo más, denominado implementación de alternativas sostenibles en el cual

realizamos los cambios pertinentes al presupuesto y los resultados de los capítulos y valores totales fueron los siguientes:

Tabla 19. Ítems y Valores de Presupuesto Tradicional y Sostenible.

Item Tradicional	Valor Tradicional	Item Sostenible	Valor Sostenible
Preliminares	\$1.034.110,00	Preliminares	\$1.034.110,00
Cimentación	\$ 13.877.467,52	Cimentación	\$ 13.877.467,52
Estructura	\$ 158.322.009,78	Estructura	\$ 158.322.009,78
Cubierta	\$ 1.507.154,70	Cubierta	\$ 6.300.400,56
Hidrosanitario	\$ 14.583.501,81	Hidrosanitario	\$ 14.583.501,81
Suministro de Gas	\$ 2.646.138,00	Suministro de Gas	\$ 2.646.138,00
Instalaciones Eléctricas	\$ 15.604.887,33	Instalaciones Eléctricas	\$ 16.661.847,33
Mampostería y Pañete	\$ 38.627.824,08	Mampostería y Pañete	\$ 7.696.235,64
Pisos y Enchapes	\$ 25.974.473,07	Pisos y Enchapes	\$ 25.974.473,07
Pintura	\$ 36.609.221,14	Pintura	\$ 19.964.453,46
Carpintería Metálica	\$ 13.658.694,05	Carpintería Metálica	\$ 13.658.694,05
Carpintería de Madera	\$ 29.188.553,18	Carpintería de Madera	\$ 29.188.553,18
Aparatos Especiales	\$ 23.850.139,07	Aparatos Especiales	\$ 23.850.139,07
		Implementación Alternativas Sostenibles.	\$ 101.055.500
Total	\$390.089.204,50	Total	\$450.454.914,28

Como se evidencia en la comparación del tradicional y el Sostenible, el aumento de un total a otro fue de alrededor de \$60.365.710 evidenciando el cambio en la implementación de las alternativas y los cambios en pintura, cubierta y mampostería y pañete. Lo cual nos indica que, si se quiere ayudar con el medio ambiente y vivir en un sitio con alternativas sostenibles tendrá un costo un poco mayor, pero de seguro con el tiempo la inversión se recuperará con los ahorros que se hacen en cuanto a lo que se consume y lo que se gasta

7.4. Certificación Tradicional y Certificación Sostenible.

7.4.1. Certificación Tradicional.

Después de haber revisado los parámetros y aspectos que exige la certificación LEED para obtener algún distintivo, el proyecto constructivo arrojó una valoración de 35, es decir no obtuvo ningún distintivo en Colombia por parte del Consejo de Construcción Sostenible de Colombia.

7.4.2. Certificación Sostenible.

Luego del anterior procedimiento de evaluar, implementar y comparar el proyecto constructivo en cuanto a su antes y después del rediseño, se continuó con la evaluación de la certificación LEED para saber si con los aspectos implementados se llegó a obtener algún distintivo dentro de la certificación. De acuerdo a la puntuación de la evaluación de sostenibilidad del proyecto constructivo tradicional y el rediseñado elaborado con alternativas sostenibles y eco-eficientes, y de acuerdo a los parámetros establecidos y exigidos en la certificación se obtuvo la certificación oro con una puntuación de 65 puntos estando muy cerca a la próxima certificación que es platino y ubicándose como una casa sostenible en Colombia por parte del Consejo de Construcción Sostenible de Colombia. superando los 60 puntos.

Figura 40. Rango Certificación.



Fuente: (LEED, 2018)

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realizó la modelación de un proyecto constructivo ya elaborado y se implementaron alternativas sostenibles y eco-eficientes logrando conseguir la certificación LEED, tipo Oro lo cual indica que el proyecto es sostenible y favorable con el medio ambiente. Cabe recalcar que este procedimiento realizado no solo se puede efectuar en edificaciones ya construidas, sino principalmente en proyectos nuevos los cuales mitiguen considerablemente el impacto ambiental y aseguren un futuro mejor para las nuevas generaciones.
- Gracias al modelo de metabolismo urbano se evidencia que las emisiones potenciales contaminantes de un proyecto de esta magnitud se encuentran más afuera del proyecto constructivo que adentro del mismo, ya que los combustibles fósiles necesarios para vehículos automotores tienen un impacto ambiental desfavorable, lo cual nos permite entender que de nada sirve minimizar las emisiones dentro de los proyectos constructivos sino se actúa afuera de estos. Este modelo también se puede usar para materiales y diferentes procesos con lo cual se evidencia la afectación que tienen con el medio ambiente y sus posibles alternativas.
- Los presupuestos generados para el proyecto constructivo tradicional y sostenible, nos dan a conocer que se puede incrementar económicamente los proyectos con implementaciones de estos tipos, pero haciendo un análisis de todo el proceso, con el tiempo y con los ahorros que estas alternativas traen se recupera la inversión y seguramente será provechoso y beneficioso con el medio ambiente.
- Gracias al proyecto constructivo se estudió en detalle el contenido y objetivo que tiene la certificación LEED, el cual es proteger los recursos naturales del presente sin comprometer los de las futuras generaciones, e incentivar a los constructores a implementar alternativas y materiales favorables con el medio ambiente, además se

conoció que en los próximos años será obligatorio la implementación de la misma en los proyectos constructivos.

- Se recomienda hacer uso de otras certificaciones de las cuales hay presencia en el mundo, ya que ofrece los mismos y otros tipos de beneficios a proyectos constructivos como el desarrollado en este proyecto.
- Se recomienda aplicar esta certificación a otro tipo de proyectos como lo son centros comerciales, colegios, etc. Ya que es importante conocer el comportamiento económico, social y ambiental que a estos le brindaría.

9. GLOSARIO

LEED: (sigla de Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council).

Certificación: Documento o escrito en el que se certifica o da por verdadera una cosa.

Sostenibilidad: Se refiere a las características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.

Recursos Naturales: son aquellos bienes que pueden obtenerse de la naturaleza sin mediar la intervención de la mano del hombre. Estos tienen una influencia positiva en la economía al ayudar a su desarrollo y satisfacer necesidades de la población.

Cuantificación: Cuantificar es un verbo que se refiere a la acción de enunciar una cantidad. Lo cuantitativo, por lo tanto, consiste en la expresión de una magnitud a través de números.

Innovación: Innovación es una acción de cambio que supone una novedad. La innovación se acostumbra a asociar con la idea de progreso y búsqueda de nuevos métodos, partiendo de los conocimientos que le anteceden, a fin de mejorar algo que ya existe, dar solución a un problema o facilitar una actividad.

Metabolismo Urbano: Conjunto de los cambios químicos y biológicos que se producen continuamente en las células vivas de un organismo.

Alternativas: Es la opción existente entre dos o más cosas. Una alternativa, por lo tanto, es cada una de las cosas entre las cuales se elige.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo, V. R. (2012). Sustainability: Actuality and necessity in the construction sector in colombia. Obtenido de <http://www.revistas.unal.edu.co>
- Alcaldia Duitama, M. (2018). Informacion General-Nuestro Municipio. Obtenido de <http://www.duitama-boyaca.gov.co>
- Alvarez, C. (2014). Metabolismo Urbano: Una Herramienta Para la Sustentabilidad de las Ciudades. Obtenido de <http://revistas.unam.mx>
- Araujo, M. (2013). Diez pasos para la construcción sostenible. Obtenido de <http://atelieroreilly.com>
- Autodesk. (2016). Revit Autodesk. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com>
- Avella, S. S. (2015). Boyacá en cifras. Obtenido de <http://boyaca.gov.co>
- Banco Mundial, B. (2008). Sostenibilidad Ambiental. Obtenido de <https://siteresources.worldbank.org>
- Bedoya, C. (2016). Cinco tendencias Sostenibles Para el Ejercicio de la Construcción. Obtenido de <http://grandesrealidades.argos.co>
- Bruntland. (2013). Origen del concepto de Sostenibilidad. Obtenido de <http://www.oei.es/>
- Cardenas, M. (2018). La Banca y la Construcción Impulsaran el PIB a 2.7% en 2018 Según el Gobierno. Obtenido de <https://www.larepublica.co>
- CCCS. (2015). Incolmos Yamaha recibe certificación LEED. Obtenido de <https://www.cccs.org.co>
- Certification Leed, G. B. (2015). LEED Green Building Certification System. Obtenido de <https://www.usgbc.org>
- Company Sempergreen, C. (2018). Beneficios de los Jardines Verticales. Obtenido de <https://www.sempergreen.com>
- Dominguez, A. (2010). La construcción Sostenible, el estado de la cuestión. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es>

ElectroBlog. (2015). Beneficios de Tener Paneles Solares en Casa. Obtenido de <https://www.electromisiones.com.ar>

Empresa Concreto, C. (2014). Edificio administrativo de alpina. Obtenido de <http://www.concreto.com>

Empresa Saint-Gobain, E. (2015). Sostenibilidad Medioambiental. Obtenido de <https://www.saint-gobain.es>

Esquivel, M. (2015). Ciudades Sostenibles. Obtenido de <https://blogs.iadb.org>

Estévez, R. (2015). ¿En que consiste las eco-eficiencia? Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com>

Garcia, P. (2016). La Importancia de la Orientación en la Construcción Sostenible. Obtenido de <https://www.construction21.org>

Hildebrandt Gruppe, H. (2015). ¿Que es y para que sirve el modelado BIM? Obtenido de <http://www.hildebrandt.cl>

Holmes, S. (2014). Top 10 Countries For LEED. Obtenido de <https://www.usgbc.org>

Isaza, J. (2015). Ruta N, Un Complejo de Edificios de Tecnologia e Innovacion en Medellin, tras la Certificación LEED. Obtenido de <http://vidamasverde.com>

Jose Pereira, C. d. (s.f.). Visita Incolmotos Yamaha. Obtenido de <http://www.moto125.cc>

Leed Consejo Colombiano, C. (2016). Tendencias Globales de Contrucción Sostenible. Obtenido de <https://www.cccs.org.co>

Leed, C. C. (2018). Certificacion LEED. Obtenido de <https://www.cccs.org.co>

Lobo, T. (2006). ¿Porque es importante el desarrollo sostenible? Obtenido de <http://cincodias.elpais.com>

Long, M. (2018). Green Business Certification Inc. Continues its Expansion. Obtenido de <https://www.usgbc.org/articles/green-business-certification-inc-continues-its-expansion-china>

- Luchsinger, D. (2017). Especificaciones Tecnicas y Ventajas de la Construcción Modular. Obtenido de <http://www.steko-latinoamerica.com/es/>
- Martínez, A. G. (2015). Toda Colombia: La Cara Amable de Colombia. Obtenido de <https://www.todacolombia.com>
- Martinez, C. (2012). Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://es.slideshare.net>
- Meehan, M. (2015). Importancia de Reportes de Sostenibilidad. Obtenido de <http://www.cecodes.org.co>
- Ministerio de vivienda, V. (2015). Guia de Construcción Sostenible Para el Ahorro de Agua y Energia en Edificaciones. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co>
- Morales, I. (2009). Importancia del desarrollo sostenible. Obtenido de <https://economyaydesarrollo.wordpress.com>
- Murcia. (2003). La importancia de la gestion ambiental en la empresa. Obtenido de <http://www.murciaenclaveambiental.es>
- Paola Ayala, M. P. (2016). Análisis de la inclusión del sistema de liderzgo en diseño energetico y ambiental. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co>
- Pico, L. (2013). Sede Recibio Certificacion GOLD LEED. Obtenido de <https://www.isagen.com.co>
- Portafolio, R. (2015). Construcción Sostenible y ecológica necesaria en el mundo. Obtenido de <http://www.portafolio.co>
- Ramirez, L. (2015). Evaluacion de la Ecoeficiencia Constructiva en Prototipo de Vivienda Bioclimatica Desarrollada Para el Clima Tropical Calido y Humedo en Venezuela. Obtenido de <http://www.conama9.conama.org>
- Revista Equipar, R. (2014). Tiendas Homecenter. Obtenido de <http://www.revistaequipar.com>
- Revista Portafolio, P. (2017). En el 2018 el sector de la construcción crecerá. Obtenido de <http://www.portafolio.co>

- Roman, F. (2015). Desarrollo Sostenible y Conservacion Hacia Una Economia de la Tierra. Obtenido de <https://es.slideshare.net>
- Roumeliotis, G. (2011). Crecimiento Construcccion Mundial Superará al PIB Esta Década: PwC. Obtenido de <https://lta.reuters.com>
- Salcedo, S. (2015). ¿Que se puede esperar edificador durante el 2015? Obtenido de <https://www.camacol.co>
- Secretaria Distrital de Ambiente, S. D. (2016). Consumo Residencial de Servicios Públicos por Habitante. Obtenido de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=979&v=1>
- Soluciones, Ambientales. (2018). Paneles Solares. Obtenido de https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=5150
- Umacon S.A, U. (2016). La Importancia de la Construcccion Sostenible. Obtenido de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/la-importancia-de-la-construcccion-sostenible/424>
- Unipymes. (2015). Alpina. Obtenido de <https://www.unipymes.com/utilidad-neta-de-alpina-registra-un-crecimiento-de-50-7-al-cierre-de-2014/8-alpina/>
- Vital Arquitectura S. A. S, V. (2017). muros verdes y huertos urbanos. Obtenido de http://www.vitalarquitectura.com.co/pdf/brochure_muros.pdf
- Wandemberg, B. (2017). Importancia de la sostenibilidad. *Linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com>

11. ANEXOS

11.1 ANEXO1. Cálculo de paneles solares.

CALCULO DE PANALES SOLARES					
Elementos					
Paneles					
Regulador					
Inversor					
Bateria					
1.Energia por día del proyecto (Watts)			26000		
2.Tensión (V)			24		
3.Coeficiente de pérdidas			0,8		
Acumulador					
Autodescarga					
Perdidas Convertidor					
Perdidas Globales etc					
4. Dias de Autonomia			2		
5,Profundidad de descarga 50%			0,5		
6. Zona III			1,15		
CALCULO DE BATERIAS					
Factor de rendimiento de la instalación			0,8		
Energia Ponderada			32500		
Capacidad de baterias			130000	Wh	
Capacidad Total Bateria			5417	Wh	
CALCULO DE PANELES					
Potencia Paneles	195	w			
Factor de ponderación paneles solares			164		
Numero de Paneles solares para 100% consumo			47,15		
Numero de Paneles para Cubrir cerca del 20% consumo			6		

