

**Análisis del ciclo de vida (ACV) como herramienta para la competitividad en la
construcción sostenible en Bogotá**

Miguel Ángel Gómez Alvarado

Directora

Sandra Yamile Rodríguez Castañeda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2024

Dedicatoria

Este logro no hubiera sido posible sin el inquebrantable apoyo, comprensión y amor de mi amada esposa y el incondicional apoyo de mis padres. Cada página de este documento trae la profunda gratitud que siento por cada uno de Ustedes, quienes han sido mi fuente de inspiración y fortaleza durante este camino. Gracias por estar siempre a mi lado y celebrar conmigo cada triunfo. Este logro es también de ustedes; su presencia en mi vida es mi mayor motivación.

Agradecimientos

Agradezco sinceramente a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto. En primer lugar, a mi amada esposa y a mi familia, por su constante apoyo, paciencia y comprensión a lo largo de este camino académico.

Expreso mi agradecimiento a los respetados docentes y a la directora de proyecto, Ing. Sandra Rodríguez, por su guía y valiosos comentarios y extendiendo mi gratitud a la escuela ECAPMA y a toda la universidad en general, por su compromiso con la excelencia académica y por fomentar un entorno de aprendizaje enriquecedor.

A los ingenieros líderes y compañeros de trabajo que compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo, les agradezco sinceramente por sus enseñanzas, que fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

Todo su apoyo ha sido invaluable y siempre estaré agradecido por haber formado parte de este viaje académico y profesional. Muchas gracias.

Resumen

En Colombia, el sector de la construcción es el responsable del 7% de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), de acuerdo con el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), esta es una de las razones por la que se resalta la relevancia de herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida y la Circularidad para la elección de materiales de bajo impacto ambiental desde la extracción hasta la disposición final. El objetivo de este proyecto está enfocado en estudiar la implementación de del ACV como una herramienta que brinda importantes insumos para procesos de toma de decisiones estratégicos, alineados con las prácticas sostenibles del sector de la construcción en Bogotá. Para el trabajo de grado se realiza revisión de literatura y bibliografía asociada propuesta por algunas de las entidades y empresas del sector con el fin de conocer las prácticas que actualmente implementan, sus objetivos o metas y las posibles barreras. El estudio se abordó desde el análisis de datos cuantitativos y cualitativos de los avances de las entidades y empresas del sector con el fin de evidenciar el impacto del ACV como una herramienta que incentiva la competitividad del sector de construcción sostenible en Bogotá y que busque migrar a prácticas más sostenibles, priorizando el cumplimiento de ODS.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), construcción sostenible, competitividad

Abstract

In Colombia, the construction industry is accountable for 7% of all Greenhouse Gas (GHG) emissions, according to the Colombian Council for Sustainable Construction (CCCS). This is a key reason for highlighting the relevance Life Cycle Assessment and Circularity as tools for the choice of materials with low environmental impact from extraction to final disposal. This project focuses on studying the implementation of LCA as a tool that provides important input for strategic decision-making processes, aligned with sustainable practices in the construction industry in Bogota. A review of literature and associated bibliography was carried out in order to know the practices being currently implemented, their objectives, goals and possible obstacles. The study was approached from the analysis of quantitative and qualitative data related to the progress of entities and companies in the sector to demonstrate the impact of LCA as a tool that promotes the competitiveness of the sustainable construction industry in Bogota and seeks to migrate to more sustainable practices, prioritizing the achievement of the SDGs.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), sustainable construction, competitiveness

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema	14
Justificación	17
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Marco Teórico	20
Contexto Mundial	22
Consejo Mundial de Construcción Sostenible “World Green Building Council”	23
Acuerdo de París 2015	24
EEBGUIDE - ACV en Edificios Ecológicos	24
Contexto Colombia	25
Colombia en el Acuerdo de París	25
Ministerio de Ambiente.....	25
Consejo Colombiano de Construcción sostenible (CCCS).....	26
Hoja de Ruta Nacional de edificaciones Neto Carbono Cero. Junio 2022	27
Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES)	30
CONPES 3919 de 2018. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles	30
Sistemas de Certificación Sostenible	31
<i>Sistema de Certificación LEED</i>	32

<i>Sistema de Certificación CASA Colombia</i>	35
Etiquetas Ambientales.....	38
Marco Legal y Normativo	40
NTC-ISO 14044:2006.....	41
Decreto 582 de 2023	41
Descripción del Área de Influencia.	42
Efecto de la Aplicación del ACV en la Identificación y Reducción de Impactos Ambientales en Proyectos de Construcción Sostenible en Bogotá.	43
Fases del ACV e Impactos Ambientales.....	44
Emisiones de Edificaciones.....	45
Emisiones Asociadas a Materiales de construcción (Concreto).....	48
Consumo Energético de las Edificaciones	50
Consumo de Agua de las Edificaciones	50
Consumo de Agua de los Materiales de Construcción	52
Comparación de Indicadores Ambientales en Proyectos de Construcción Sostenible ..	53
ACV en la Optimización de Recursos, Costos y Procesos en el Ámbito de la Construcción Sostenible - Caso de Estudio.	56
Sobre el Proyecto	57
Materiales	58
Gestión de Residuos	58

Energía	58
Finanzas	59
Competitividad y Crecimiento del Sector de la Construcción Sostenible	60
Resultado.....	61
Matriz de Identificación de Aportes al Sector de la Construcción Sostenible en Bogotá	.63
Aspectos Críticos	66
Obstáculos en la Racionalización del Uso de Recursos Naturales y la Sustitución por Alternativas	66
Falta de Información Pública y Homologación de Datos	67
Dificultades en la Aplicación del ACV en Todas las Fases del Ciclo de Vida.....	67
Dificultades Prácticas para la Reducción de Impactos y Consumos.....	68
Incentivos Económicos y Barreras Culturales	69
Conclusiones	70
Recomendaciones	72
Referencias Bibliográficas	74

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de conceptos del Análisis del ciclo de vida</i>	21
Tabla 2 <i>Composición de las categorías de acción de la hoja de ruta</i>	28
Tabla 3 <i>Criterios de sostenibilidad que incluyen las certificaciones</i>	32
Tabla 4 <i>Aplicación a sistemas de certificación sostenible</i>	34
Tabla 5 <i>Edificaciones con sedes del Gobierno nacional con certificación LEED</i>	35
Tabla 6 <i>Edificaciones con certificación CASA o en proceso de certificación en Bogotá</i>	37
Tabla 7 <i>Tipos de etiqueta ambiental y porcentaje de participación</i>	39
Tabla 8 <i>Comparación de Concreto estructural A1-A3</i>	48
Tabla 9 <i>Comparación de Indicadores ambientales en proyectos de Bogotá</i>	53

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Acciones de primer nivel</i>	29
Figura 2 <i>Los principales impactos de la certificación LEED</i>	33
Figura 3 <i>Cantidad de proyectos certificados y en proceso</i>	36
Figura 4 <i>Presencia de proyectos registrados en los departamentos</i>	38
Figura 5 <i>Normatividad de la construcción sostenible en Colombia</i>	40
Figura 6 <i>Ciclo de vida en productos de construcción</i>	44
Figura 7 <i>Avances y Metas relacionadas con ACV en descarbonización en construcción sostenible</i>	45
Figura 8 <i>Histórico de Emisiones Totales en Colombia y Bogotá desde 2019 hasta 2022</i>	46
Figura 9 <i>Proporción de Emisiones de Edificaciones entre 2019 y 2022</i>	47
Figura 10 <i>Reducción de Emisiones de Edificaciones en Bogotá entre 2019 y 2022</i>	47
Figura 11 <i>Comparación de emisiones de Concretos Estructurales</i>	49
Figura 12 <i>Porcentajes de participación de consumos de agua en Colombia</i>	51
Figura 13 <i>Porcentajes de participación de consumos de agua en Bogotá</i>	52
Figura 14 <i>CTIC: Centro de Tratamiento e Investigación sobre Cáncer - Bogotá</i>	57
Figura 15 <i>Participación del ACV en Certificación Sostenible LEED</i>	61
Figura 16 <i>Matriz de identificación de aportes a la construcción sostenible</i>	64
Figura 17 <i>Aporte a la competitividad en el sector de la construcción sostenible en Bogotá, con aspectos que brinda un ACV (Con base en Matriz)</i>	65

Introducción

Desde una perspectiva global, ha venido incrementando la preocupación por los impactos ambientales derivados de la construcción, lo que creó la necesidad de adquirir un enfoque en prácticas sostenibles y eficientes en el uso de recursos. Colombia, al igual que otros países, enfrenta desafíos y retos significativos en este sector, en donde la construcción, además de consumir gran cantidad de recursos naturales no renovables, también contribuye de manera notable a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), las edificaciones representan aproximadamente el 7% de las emisiones totales de GEI en el país.

En pro de hacer frente a estos desafíos, han sido desarrolladas un conjunto de normativas y herramientas que promueven prácticas de construcción más sostenibles; entre ellas, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que surge como una herramienta fundamental para evaluar y gestionar los impactos ambientales de los materiales y procesos utilizados en la construcción y en las edificaciones. El ACV permite no solo medir las emisiones de GEI, sino que también tienen en cuenta otros indicadores ambientales como el consumo de recursos naturales y la generación de residuos, lo que brinda información integral para la toma de decisiones informadas en la fase de diseño y construcción de proyectos.

En diciembre de 2023, la ciudad de Bogotá estableció el Decreto 582, que regula las disposiciones de Ecurbanismo y Construcción Sostenible, haciendo obligatorio el uso del ACV para ciertos materiales de construcción. Esta iniciativa no solo busca reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia energética en las edificaciones, sino que también posiciona a Bogotá como un líder en prácticas de construcción sostenible a nivel nacional e internacional.

El presente proyecto tiene como objetivo analizar el impacto de la implementación del ACV como herramienta en la construcción sostenible en Bogotá, demostrando por qué contribuye a fortalecer los incentivos, impulsar el crecimiento y mejorar la competitividad del sector. A través de la evaluación de casos de estudio y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, se buscará demostrar cómo el ACV facilita la optimización de recursos, costos y procesos, promoviendo así prácticas más sostenibles y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En este documento se explora la relevancia del ACV y los beneficios que trae consigo, en el contexto específico de Bogotá, mostrando su importante papel en la transición hacia una industria de la construcción sostenible y resiliente por medio de cinco partes que abordan diferentes aspectos fundamentales relacionados con el ACV en el contexto de la construcción sostenible.

Iniciando con una revisión de la aplicación del ACV en la construcción sostenible a nivel internacional, se analizan los principales enfoques, metodologías y prácticas adoptadas en diferentes países para evaluar y gestionar los impactos ambientales de las construcciones. Luego, se examina específicamente la situación del ACV en el contexto colombiano mediante el análisis de particularidades, desafíos y avances en su implementación en Colombia, considerando factores de desarrollo, normativos y económicos.

Posteriormente, el documento se centra en la aplicación del ACV como herramienta para identificar y mitigar los impactos ambientales específicamente en proyectos de construcción sostenible en Bogotá. Se detallan estudios de caso y prácticas locales para gestionar de manera efectiva los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de las construcciones y que

muestran cómo el ACV contribuye a la optimización de recursos, la reducción de costos y la mejora de procesos en proyectos específicos de construcción sostenible en Bogotá.

En la última parte, se examina el papel del ACV en la mejora de la competitividad de los proyectos de construcción sostenible. Se discuten los beneficios ambientales, económicos y estratégicos de la implementación del ACV, así como las oportunidades para mejorar la posición competitiva de los actores involucrados en el sector de la construcción sostenible en Bogotá.

Planteamiento del Problema

A nivel global, existe una importante problemática ambiental relacionada a la emisión de Gases de Efecto Invernadero GEI, a causa de las actividades de explotación de materias primas y producción de materiales para la construcción de vivienda. De acuerdo con la información del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS (2023), en Colombia, el sector de la construcción consume el 60% de los recursos naturales no renovables, y las edificaciones representan el 7% de las emisiones de GEI nacionales, ante esta situación, entidades públicas y privadas han respondido con la creación de diferentes modelos, normas y herramientas.

En Colombia, siguiendo la tendencia a nivel mundial, se da lugar a la creación de normativas ajustadas y herramientas para lograr los objetivos de construcción sostenible, tanto nacionales como locales y, por este mismo camino, se empiezan a establecer organismos y políticas de ecourbanismo, dirigido al desarrollo de los actuales procesos de la industria de la construcción.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que brinda un estado actual del impacto ambiental que genera un proceso y/o producto, permitiendo el nacimiento de alternativas de mejora en el campo ambiental, el ACV es considerado como “un insumo para procesos de toma de decisiones estratégicos, que promuevan los patrones de producción y consumo sostenibles” (UNEP, 2012b), Convirtiéndose el ACV en una estrategia necesaria y con gran valor para generar una competitividad al en la industria y el sector de la construcción

Según el CCCS (2023):

Las prácticas de sostenibilidad conllevan no solo un consumo responsable de los recursos naturales, también se están evidenciando aportes relacionados con la equidad social, la salud y el bienestar de la población, así como la calidad del aire. El ACV, la circularidad,

el manejo de residuos y la resiliencia cobran cada vez mayor importancia. Estos efectos están profundamente alineados con las exigencias de los inversionistas y los usuarios finales que jalonan el sector. (2023. p. 125)

Por su parte, en la ciudad de Bogotá, en diciembre 6 de 2023 se expide el Decreto 582 de 2023 – Ecurbanismo y Construcción Sostenible: "Por el cual se reglamentan las disposiciones de Ecurbanismo y Construcción Sostenible del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones." Secretaría Distrital de Planeación. (2023). En donde se establece que los Materiales de construcción deben contar con Análisis de Ciclo de Vida, al menos con alcance Cuna a Puerta de acuerdo con la ISO 14044) (Secretaría Distrital de Planeación. (s.f. 2023)); como una disposición mínima obligatoria. Además, se establece en el documento que “Será de obligatorio cumplimiento que el veinte por ciento (20%) del presupuesto de materiales (sin incluir mano de obra y equipos), cumpla con uno o varios de los atributos dispuestos” y que “La participación de los aceros estructurales y concretos, en el porcentaje requerido del presupuesto, solo podrá ser efectiva si estos productos cuentan con Declaraciones Ambientales de Producto conforme a la norma ISO14025.” (Secretaría Distrital de Planeación. (s.f.), 2023).

Es así como diferentes entidades públicas y privadas tales como el Ministerio de Ambiente de Colombia, y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), han evidenciado que, el ACV es una herramienta que puede ayudar a identificar las oportunidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la construcción sostenible desde la extracción, fabricación, transporte, operación, reúso y/o disposición, así como reducir el uso y mejorar la elección de materiales con bajo impacto ambiental.

Entendiendo la competitividad y la mejora continua de los procesos empresariales como uno de los principales objetivos del clúster constructor en Bogotá, la herramienta del ACV se ha convertido en la base para optimizar el uso de materiales con bajo impacto ambiental, desde la extracción, fabricación, transporte, operación, reúso y/o disposición. Esta optimización del uso de materiales es parte integral de cualquier proceso de acreditaciones profesionales en construcción sostenible en el país, dichas acreditaciones, según el documento Estado de la Construcción Sostenible en COLOMBIA del MinAmbiente 2021, están motivadas principalmente por tres factores: Primero, trabajar activamente en proyectos sostenibles (78%), segundo, ampliar el conocimiento (63%) y tercero, aumentar la competitividad (45%).

En ese contexto, se hace necesario analizar ¿Por qué la implementación de la herramienta ACV favorece los incentivos, el crecimiento y la competitividad de la construcción sostenible en Bogotá?

Justificación

La importancia de entender como incorporar herramientas como el ACV en el sector de la Construcción Sostenible, es relevante para cualquier actor de la cadena de valor del sector, el enfoque en la implementación de un ACV llevará a un panorama con mayores beneficios para los actores involucrados en el proceso de la fabricación de materiales para la construcción, diseñadores, constructores, entidades públicas, entidades financieras y consumidores finales.

Estos beneficios son relevantes en la reducción de impactos ambientales, en la eficiencia y el rendimiento de los procesos y productos del sector constructor a nivel nacional y distrital, lo que lleva al cumplimiento de objetivos globales como los ODS, a las metas locales frente al crecimiento verde y mejora continua en procesos de sostenibilidad internos de cada empresa del sector, sumando a los beneficios sociales asociados a la calidad de vida de la población en la región, así como al desarrollo de productos más atractivos para los inversionistas y consumidores finales. Generando finalmente que se impulse la competitividad frente a la Construcción Sostenible en la ciudad.

El estudio de la implementación de herramientas como el ACV en el sector de la Construcción Sostenible de Bogotá y su impacto en la competitividad del sector, pretende sumarse a los esfuerzos realizados por las diferentes entidades y actores de la cadena de valor del sector constructor por caminar hacia un futuro más sostenible, que se proponga disminuir el impacto ambiental derivado de sus procesos, sus productos y su operación.

Se espera que este proyecto aporte igualmente al fin académico, dado que permite analizar el contexto actual del sector de la construcción sostenible, y la implementación de herramientas como ACV y sus aportes en la cadena de valor del sector, y finalmente los aportes a los consumidores finales, la equidad social, la salud y el bienestar de la población, entre otros.

Este estudio, espera exponer la aplicabilidad de estos enfoques de sostenibilidad, y su relevancia en las propuestas de mínimos obligatorios, para los proyectos de vivienda en la región, como el ACV y las EPD's¹ para los materiales de construcción. Así mismo, el proyecto evidencia la necesidad de migrar a prácticas más sostenibles, priorizando el cumplimiento de ODS y el impulso de la competitividad del sector.

¹ Environmental Product Declaration

Objetivos

Objetivo General

Analizar el impacto de la implementación del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como herramienta en la construcción sostenible y demostrar por qué contribuye a fortalecer los incentivos, impulsar el crecimiento y mejorar la competitividad en Bogotá.

Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de la aplicación del ACV en la identificación y reducción de impactos ambientales en proyectos de construcción sostenible en Bogotá, mediante indicadores cuantificables y comparables.

Determinar por qué la utilización del ACV influye en la optimización de recursos, costos y procesos en el ámbito de la construcción sostenible en Bogotá, a través de un análisis de caso de estudio.

Proponer una matriz que permita la identificación de los aportes del ACV en el sector de la construcción sostenible en Bogotá.

Marco Teórico

Análisis de Ciclo de Vida (ACV): es una herramienta que permite evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (Gómez, J. 2012).

Construcción sostenible: es la que busca reducir la carga ambiental del edificio durante todo su ciclo de vida (Superintendencia de Industria y Comercio., 2022).

Competitividad: es la capacidad de las organizaciones para generar, mejorar o mantener su crecimiento y desarrollo dentro de un determinado marco socioeconómico. (Universidad Europea. 2023).

Tabla 1*Matriz de conceptos del Análisis del ciclo de vida*

Término Relacionado	Concepto	Descripción
Principios del ACV	Enfoque ambiental	Es en donde el ACV considera los aspectos e impactos ambientales de un sistema de producto, sin contar con los aspectos e impactos económicos ni sociales.
	Enfoque relativo	Hace referencia a una estructura bajo una unidad funcional, la cual define lo que se está estudiando. Todas las entradas y salidas, tanto en el ICV, como en el EICV, están relacionadas con la unidad funcional.
	Integridad	Un ACV involucra todos los aspectos naturales, de salud humana y de recursos, por lo que es un análisis integral que permite identificar y evaluar las posibles compensaciones.
Definición del objeto y alcance	Objetivo del ACV	El objetivo de un ACV debe establecer la aplicación prevista, las razones para realizarlo y el público objetivo.
	Alcance	Debe estar suficientemente definido e incluir el sistema del producto a analizar, las funciones del sistema del producto, la unidad funcional y los límites del sistema, procedimientos y categorías de impacto a utilizar, los requisitos relativos a los datos, las suposiciones y limitaciones y el tipo de revisión y formato de informe requerido.
	Límites del sistema	Son los criterios utilizados para limitar el grado de confianza en los resultados y en la posibilidad de alcanzar su objetivo.
	Requisitos de calidad de datos	Son los que determinan la característica de los datos que se necesitan en el estudio en pro de la fiabilidad de los resultados.
Análisis del inventario de ciclo de vida (ICV)	Recopilación	La recopilación de datos debe estar alineada con el alcance y las limitaciones, debido a que puede agotar diferentes recursos. Puede ser clasificados entradas de energía y materia, productos y residuos, emisiones y vertimientos y otros aspectos ambientales.
	Cálculos	Es el proceso necesario para obtener los resultados del inventario, luego de la recopilación de datos. Incluye la validación, relación con procesos unitarios y con la unidad funcional.
	Asignación de flujos y de emisiones y vertidos	Hace referencia a aquellos procesos o sistemas que incluyen más de un producto y a la necesidad de asignar flujos para el manejo de los productos o residuos de productos intermedios para ser incluidos en el ACV.
Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)	Limitaciones	La EICV no es una evaluación completa de todos los asuntos ambientales, dado que solo evalúa los que se especifican en el objetivo y alcance del estudio. No siempre puede demostrar diferencias significativas por varias razones.

Elementos obligatorios	Se encuentran elementos obligatorios como la selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización; asignación de resultados del ICV y el cálculo de resultados.
Elementos operativos	Son elementos operativos la cuantificación de los resultados del indicador de categoría con respecto a la información de referencia.

Nota. Esta tabla muestra los conceptos relevantes y términos relacionados con el ACV. *Fuente.*

Autor

Contexto Mundial

La industria de la construcción es uno de los mayores explotadores de recursos naturales, tanto renovables como no renovables y es inevitable que asumiera dentro de sus preocupaciones el reto de reducir el impacto ambiental al mismo tiempo que potencializa la producción y competitividad. Es así como el ACV se ha convertido en una estrategia y herramienta que da respuesta a la necesidad de establecer al desarrollo sostenible como centro y prioridad en el actuar de las constructoras.

El Análisis del Ciclo De Vida (ACV) o Life Cycle Assessment (LCA) es hoy considerado una de las herramientas más eficientes por las empresas que asumen la responsabilidad de medir y reducir el impacto ambiental de sus productos y servicios. De acuerdo con Aranda, Zabalza & Martínez (2006), en su libro “El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial”, el ACV es una herramienta de gestión que ayuda a proponer una estrategia ambiental acorde con cada línea de negocio con la finalidad de generar valor para la empresa disminuyendo los costos asociados a los consumos energéticos y de materiales, incrementando el grado de competitividad de las empresas, al disminuir sus costos de producción y operación.

El sector de la construcción es uno de principales sectores que actualmente implementan el ACV como herramienta y marco metodológico para mejorar sus productos y procesos, ya que, según los datos de la Comisión Europea (2020), en su publicación “In focus: Energy efficiency in buildings”, los edificios son responsables del 40% del consumo energético en el mundo y del 36% de las emisiones de GEI.

En España actualmente se mantiene vigente la norma UNE-EN 15978, “*Sostenibilidad en la Construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de Cálculo*” (2012). Esta norma europea especifica el método de cálculo, basado en el ACV y otra información ambiental cuantificada, lo cual permite evaluar el comportamiento ambiental de un edificio e indica cómo elaborar un informe y comunicar los resultados de la evaluación. Esta norma es aplicable tanto a edificios nuevos como existentes, así como a proyectos de rehabilitación.

La existencia de normas sobre el método de cálculo ACV para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios permite ver la creciente responsabilidad ambiental que deben asumir las empresas de la industria de la construcción en la ejecución de sus proyectos a corto, mediano y largo plazo, en donde se tendrían en cuenta los impactos ambientales y humanos, así como la generación de estrategias alternativas para su mitigación; esto marca la ruta de las empresas con alta responsabilidad ambiental de la construcción de edificios que usan este marco normativo para definir sus propios impactos y soluciones.

Consejo Mundial de Construcción Sostenible “World Green Building Council”

Por su parte el Consejo Mundial de Construcción sostenible (WGBC), indica que existe una gran variedad de enfoques de la construcción sostenible a nivel mundial, sin embargo, existe un

listado de principios estandarizados de mejores prácticas de sostenibilidad en el sector de la construcción en todas las geografías. Para el enfoque se destaca:

“Net zero whole life carbon. Working to eliminate carbon emissions across the lifecycle of all buildings and mainstream the utilisation of renewable energy sources” (**“What is a Sustainable Built Environment? - World Green Building Council”**). En español, el principio de Emisiones netas de carbono a lo largo de toda la vida útil de los edificios y utilización generalizada de fuentes de energía renovables es uno de los más importantes a nivel mundial, pues considera exigencias concretas y reconoce que se debe buscar el carbono neto cero, para lo cual un enfoque de análisis de ciclo de vida completo es fundamental.

Acuerdo de París 2015

"El Acuerdo de París es un tratado internacional adoptado en el 2015 durante la COP21 de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) que busca reforzar el compromiso de los distintos gobiernos frente al cambio climático." (“glosario ambiental | WWF”) y presenta puntos como principales la Mitigación o reducción de emisiones de CO₂, la Transparencia y balance global y la Adaptación de los gobiernos.

EEBGUIDE - ACV en Edificios Ecológicos

Es una iniciativa de la Comisión Europea que ha creado algunas pautas operativas para la ejecución de ACV en edificios eficientes en materia de energía. En Europa, los estudios de análisis del ciclo de vida son utilizados tanto para las declaraciones ambientales de producto (EPD) y para lograr certificaciones sostenibles en edificaciones, pero también se ha venido convirtiendo en una herramienta que soporta la toma de decisiones en proyectos de construcción. Aquí surge esta metodología, acompañada de un conjunto de normas «Operational Guidance for

performing Life Cycle Assessment Studies of the Energy efficient Buildings Initiative» (EEBGUIDE), con el objetivo de volver más fiables los estudios de ACV y hacer más fácil la comparación de resultados. Esta iniciativa está cofinanciada por el Séptimo Programa de Trabajo de Investigación y Desarrollo de la Comisión Europea y forma parte de la iniciativa europea de «Edificios energéticamente eficientes». Los involucrados en el proyecto se basaron en las normas referentes como la ISO 14040, ISO 14044, EN 15978, EN 15804 y el manual del Sistema Internacional de Referencia de Datos del Ciclo de Vida (ILCD) se centraron especialmente en ejemplos de casos prácticos, experiencias operativas y orientaciones proporcionadas por expertos y profesionales del ACV para su aplicación práctica y así “proporcionar instrucciones y definiciones exhaustivas de las aplicaciones pertinentes y las soluciones recomendadas en relación con los edificios energéticamente eficientes” y “ofrecer ejemplos claros, materiales de formación y apoyo adicional para desplegar la guía”. Comisión Europea (2024).

Contexto Colombia

Colombia en el Acuerdo de París

Durante este acuerdo el estado colombiano se compromete a la reducción del 20 % de sus Gases Efecto Invernadero (GEI) al 2030 para cada sector, en relación con la línea base de emisiones proyectada para ese mismo año. MinAmbiente (2020).

Ministerio de Ambiente

El Ministerio de Ambiente (MinAmbiente), en su línea de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, identifica a la Construcción Sostenible dentro de su Gestión Ambiental Urbana. En el marco del desarrollo de su gestión publicó el documento: «Criterios ambientales

para el diseño y construcción de vivienda urbana» (2021), el cual, de acuerdo con su descripción, se enfoca en tres objetivos específicos: Racionalizar el uso los recursos naturales renovables, sustituir con sistemas o recursos alternativos y manejar el impacto ambiental producido. En el mismo documento MinAmbiente desarrolla implicaciones relacionadas a cuatro ejes temáticos: Agua, suelo, energía y materiales. Dichas disposiciones del documento son de carácter voluntario. Así mismo, la entidad ha participado en la elaboración de otras publicaciones y normas técnicas que se exponen a lo largo de este documento.

Consejo Colombiano de Construcción sostenible (CCCS)

De acuerdo con su información pública, el CCCS “es la organización que reúne a toda la cadena de valor de la construcción, para liderar la transformación del entorno construido nuevo y existente hacia la sostenibilidad, soportados en una red de miembros líderes y un equipo especializado” (2009). Actualmente, cuenta con más de 170 miembros activos en el país, los cuales iniciaron sus operaciones en el año 2009 y sus principales objetivos son:

Consolidar ciudades sostenibles, resilientes y equitativas.

Lograr una gestión circular de los recursos, entre ellos el agua, la energía y los materiales.

Lograr la carbono-neutralidad en toda la cadena de valor del sector con materiales con muy bajo carbono embebido.

Su trabajo se enfoca en seis dimensiones: Mitigación y adaptación al cambio climático, Recursos y circularidad, Ciudades sostenibles, Finanzas climáticas, Salud y Bienestar y Equidad social.

Nota: Información obtenida de página web del CCCS - ¿Quiénes Somos?

En su enfoque de Recursos y Circularidad, destacan el uso del ACV y la economía circular como herramientas con las cuales las edificaciones pueden optimizar el uso y la elección de materiales con bajo impacto ambiental.

El CCCS igualmente en su camino a la mitigación y adaptación al cambio climático, desarrolla importantes proyectos de impulso de política pública para la construcción sostenible y la implementación de estándares que permitan lograr los compromisos internacionales en cuanto a sostenibilidad como la Carbono Neutralidad, para lo cual publica en 2022 la Hoja de Ruta Nacional de edificaciones Neto Carbono Cero.

Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Carbono Cero. Junio 2022

Es un documento público de construcción colectiva, para el cual se realizaron nueve talleres antes de su lanzamiento, en el que participaron diversas entidades involucradas en los procesos de construcción sostenible del país como: El CCCS, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, El Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, el Ministerio de Minas y Energía, y el Departamento Nacional de Planeación.

Se lanza oficialmente en junio de 2022, de acuerdo con la dirección del CCCS con el objetivo de convertirlo en política pública, y establecer un marco sobre cómo lograr la descarbonización de edificaciones nuevas a 2030 y todas las edificaciones a 2050.

De acuerdo con el CCCS (2022):

“Esta hoja de ruta se estructura en 6 categorías de acción: Prácticas corporativas, planeación urbana, materiales, edificaciones nuevas, edificaciones existentes y asentamientos informales. Estas categorías integran las fases del ciclo de vida de la

edificación según fueron definidas en la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles”. (2022. P, 26).

Para ampliar la estructura de la hoja de ruta, se presenta la Tabla 2:

Tabla 2

Composición de las Categorías de Acción de la Hoja de Ruta

Categorías de acción	Fases del ciclo de vida (CONPES 3919)	Actividad hoja de ruta Global ABC
Prácticas corporativas	N/A	N/A
Planeación urbana	Interacción con el entorno	Planeación urbana Resiliencia
Materiales	Aprovechamiento y provisión de materiales	Materiales y energías limpias
Edificaciones nuevas	Planeación y diseño Construcción	Edificaciones nuevas Sistemas de las edificaciones Energías limpias Resiliencia
Edificaciones existentes	Uso y mantenimiento Deconstrucción	Edificaciones existentes Operación de edificaciones Sistemas de las edificaciones Energías limpias
Asentamientos informales	N/A	N/A

Fuente. Autoría propia con datos de la Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono, (2022).

Como se evidencia en la Tabla 2, estas categorías contienen a su vez subcategorías de acuerdo con las fases del ciclo de vida establecidas por el CONPES 3919 de 2018. Esta subdivisión permitió agrupar las metas de acuerdo con las emisiones asociadas y a las “acciones transformadoras” que se deben ejecutar para cada una de las metas. (CCCS, 2022. P, 26).

El documento señala que se propusieron 12 acciones transformadoras de primer nivel o grandes temas de trabajo, de las cuales se desprenden 163 acciones específicas. La primera acción de primer nivel o también definida como gran tema de trabajo es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que luego se deriva en acciones transformadoras como “Incluir requerimientos desde la política pública para que los proyectos de construcción desarrollen ACV de sus productos y materiales” e “Incluir requerimientos desde la política pública para que los fabricantes de materiales desarrollen ACV en las etapas de sus productos y materiales” (Ospina, 2023, p. 12).

Estas son las Acciones de Primer Nivel y es aquí en donde se incluye de manera clara y específica el ACV como una de las principales para lograr los metas:

Figura 1

Acciones de primer nivel

Acciones de primer nivel		
 Análisis de Ciclo de Vida	 Estándares voluntarios verificados por un tercero	 Resiliencia y servicios ecosistémicos
 Eficiencia energética	 Prácticas de sostenibilidad en las empresas	 Formalización de la construcción
 Etiquetado	 Gestión de la información	 Acciones transversales
 Promoción y demanda de materiales y sistemas sostenibles	 Planeación urbana integrada	

Fuente. Rakes, Kayla. Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero carbono. (2022).

Además, el documento propone el ACV entre las acciones y metas de política con los siguientes actores involucrados como MinVivienda, MinAmbiente, empresas constructoras, desarrolladores y diseñadores, Camacol y CCCS, presentándolo en tres grandes frentes:

Que sea exigible en las etapas de planeación, diseño y construcción. Tanto para los demandantes de materia prima, como para los fabricantes de materiales.

Tecnología: Para materias primas y elección de materiales en edificaciones nuevas. Facilitando el acceso a software que realice ACV, análisis de huella de carbono y análisis de costos en el ciclo de vida de materiales y proyectos.

Metas de selección y uso de materiales: Para el 2030: 100% de los proyectos públicos nuevos y grandes remodelaciones realizan ACV de por lo menos la estructura y envolvente. Y para el 2040 El 100% de los proyectos nuevos de edificaciones y grandes remodelaciones realizan ACV de manera obligatoria.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES)

“Son instrumentos de política pública que generan un marco de referencia para las diferentes políticas, iniciativas y regulaciones que se dan en el país. Hoy en día, existen ocho documentos CONPES que son de alta relevancia en el desarrollo de la sostenibilidad en el sector de la construcción”. (Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono, 2022)

CONPES 3919 de 2018. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles

El documento CONPES 3919 de 2018 es especialmente importante para el sector de la construcción sostenible, pues además de definir lineamientos, también evidenció oportunidades de mejora y resaltó la importancia de plantear mejores políticas públicas encaminadas a los

incentivos para el crecimiento del sector y la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, como se evidencia en la Hoja de Ruta Nacional de edificaciones Neto Carbono Cero 2022.

El documento relaciona un diagnóstico en el que se identifica una débil gestión e implementación de criterios de sostenibilidad para todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones y carencia de incentivos para la construcción sostenible. Además, plantea objetivos generales y específicos enfocados en los aspectos mencionados en el diagnóstico.

El alcance del CONPES 3919 de 2018 tiene inicialmente un horizonte de acción hasta el año 2025.

Sistemas de Certificación Sostenible

Existen varios sistemas de certificaciones para edificaciones sostenibles, sin embargo, en Colombia y a nivel local en Bogotá existen 3 principales: LEED, EDGE y CASA Colombia. Tanto LEED como CASA involucran criterios de sostenibilidad para sus certificaciones en relación con la eficiencia energética y el uso de energías renovables en la reducción de emisiones, en donde el ACV es parte fundamental y un requisito mínimo para la selección de materiales, tal como se muestra a continuación:

Tabla 3

Criterios de sostenibilidad que incluyen las certificaciones relacionadas con emisiones

LEED	EDGE	CASA Colombia
Manejo de refrigerantes	Energía embebida de materiales	Fuentes renovables
Ahorro emisiones de CO ₂	Fuentes renovables	Selección de materiales con información de ciclo de vida
Fuentes renovables		Priorización medidas pasivas
Selección de materiales con información del ciclo de vida		Desarrollo integrado
Transporte alternativo		

Fuente. Autoría propia con datos del CCCS. Estado de la Construcción Sostenible. (2021, p. 85)

Sistema de Certificación LEED

Es el sistema de certificación de construcción sostenible más usado en Colombia y en el mundo, desarrollado por US Green Building Council (Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos). De acuerdo con el CCCS, principal impulsor de la certificación en Colombia, “Los proyectos certificados LEED ahorran dinero, mejoran la eficiencia, reducen las emisiones de carbono y crean lugares más saludables para las personas.” (CCCS, 2022)

La certificación LEED se estructura a través de un sistema de puntos, los cuales son ganados por el proyecto si cumple con los prerequisites y las estrategias de reducción carbono, eficiencia en agua, energía, residuos, transporte, materiales, salud y calidad del ambiente interior.

Figura 2

Los principales impactos de la certificación LEED, de acuerdo con el CCCS



Fuente. CCCS, 2021

Así mismo, se menciona la relación de beneficios de la certificación LEED entre los que se encuentra la Ventaja competitiva; mayor visibilidad comercial, mayor desempeño y menos riesgo de activos. En promedio la inversión adicional en los proyectos para lograr la certificación LEED es de apenas 1,42%. El 42% de los proyectos indican un período de retorno inferior a 1 año. En promedio, el total de proyectos espera ahorros del 28% de consumo en energía y del 52% en consumo de agua potable. (CCCS, 2022)

Por su parte, de acuerdo con la Guía LEED v4.1 BD+C guide de los requerimientos oficiales para la certificación, definen el ACV o LCA por sus siglas en Ingles, como uno de los requerimientos para implementar la certificación de los proyectos, algunos enfocados en los materiales y, como se evidencia en la Tabla 4, relacionado a construcciones nuevas, en la categoría de materiales y recursos, la asignación de crédito por ACV y por Declaraciones

Ambientales de Producto DAP, para las cuales el requerimiento es el ACV de los productos, con sus respectivas características.

Tabla 4

Aplicación a sistemas de certificación sostenible

Sistema de certificación aplicable	LEED BD+C v4 y v4.1
Categoría	Materiales y recursos
Crédito	<p>Transparencia y optimización – Declaraciones Ambientales de Producto (DAP)</p> <p>Opción 1: Productos que cumplan con uno de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Declaración específica de producto: Productos con ACV disponible según la ISO 14044 con alcance de al menos A1-A3. Aplica ¼ en LEED v4 o 1 producto en LEED v4.1 - DAP que cumplen con ISO 14025, 14040, 14044 y EN 15804 o ISO 21930 con alcance de al menos A1-A3 (puede ser DAP de la industria o DAP del producto específico)
Requerimiento	<p>Opción 2: Productos certificados de tercera parte, deben demostrar una reducción de impacto en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencial de calentamiento global, en CO₂eq. - Agotamiento de la capa de ozono estratosférico, en kg CFC-11 - Acidificación de la tierra y fuentes de agua, en moles de H⁺ o en kg de SO₂ <ul style="list-style-type: none"> - Eutrofización, en kg de nitrógeno o fosfato - Formación de ozono troposférico en kg de NO_x, O₃ o etano - Agotamiento de recursos de energía no renovable, en MJ
Documentación por parte del material	ACV o DAP sin verificar, o DAP específico verificado

Fuente. Autoría propia con datos del CCCS, (2021).

Es importante resaltar que el sistema de certificación LEED tiene diferentes clasificaciones y diferentes versiones que se actualizan de acuerdo con demandas del sector y avances en las políticas y metas de sostenibilidad.

En Colombia se empezaron a certificar proyectos desde el año 2008 y, solo en Bogotá, existen diversos proyectos con certificación LEED, en diferentes categorías. La Tabla 5, con

información del documento CONPES 3919 de 2018, muestra algunos proyectos de edificaciones del Gobierno nacional con certificación LEED:

Tabla 5

Edificaciones con sedes del Gobierno nacional con certificación LEED

Edificio	Fecha de Certificación	Ciudad	Tipo de Certificación	Nivel de Certificación	Entidades
Paralelo 26	Octubre 2015	Bogotá	Core and Shell	Platinum	Contraloría General de la Nación
T7 – T8 Ciudad empresarial Sarmiento Angulo	Febrero 2017	Bogotá	Core and Shell	Gold	Colciencias
Conecta – Módulos G 3, 4 y 5	Abril 2015	Bogotá	Core and Shell	Gold	UNGRD – DIAN
World Business Center	Octubre 2013	Bogotá	Core and Shell	Gold	ANM
Edificio Cámara Colombiana de la Infraestructura	Abril 2013	Bogotá	Commercial Interiors	Certified	Supersalud
Edificio Positiva	Marzo 2013	Bogotá	Commercial Interiors	Gold	Positiva SA

Fuente. Autoría propia con datos de CONPES 3919, 2018.

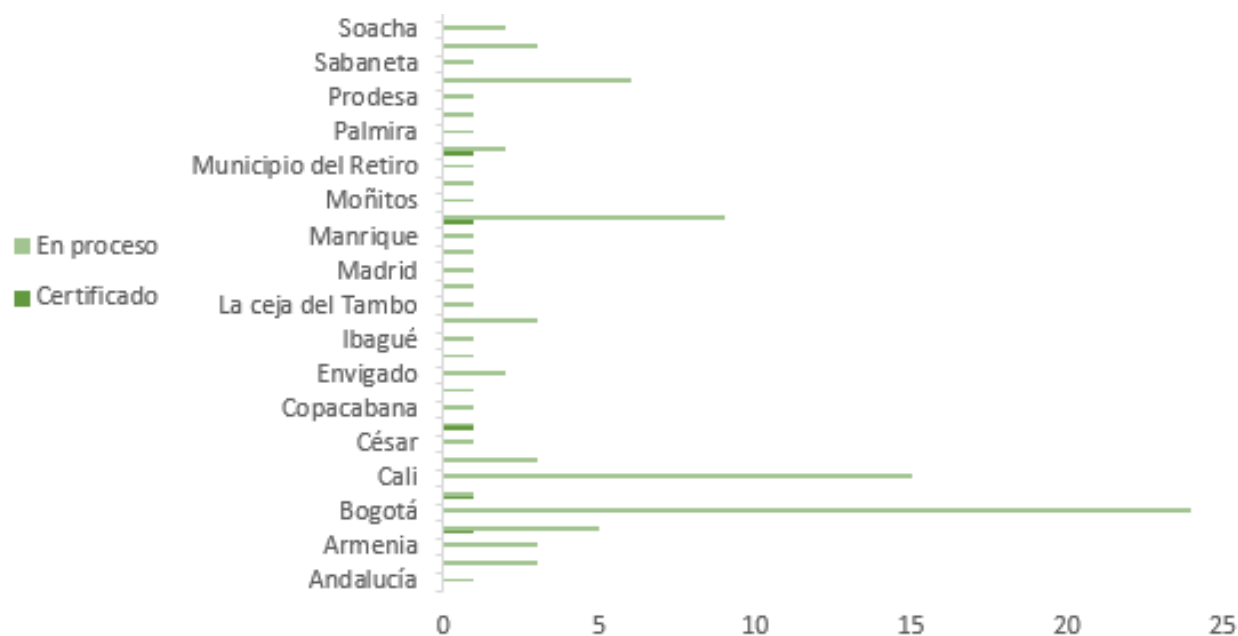
Sistema de Certificación CASA Colombia

Este sistema de certificación surge de una iniciativa del CCCS, la cual, tiene como uno de sus principales objetivos la promoción de construcción sostenible en Colombia. CASA logra adoptar y adaptar la mayoría de los estándares internacionales como LEED, logrando un sistema con características y condiciones específicas del contexto colombiano, teniendo en cuenta todos los aspectos sociales, económicos, ambientales, de clima y normativos del país. CASA involucra los principios del ACV y lo relaciona bajo estos mismos aspectos.

Actualmente, en Colombia existen 111 proyectos certificados o en proceso de certificación y, en Bogotá, existen 24 proyectos con certificación o en proceso de. (CASA Colombia. Directorio de proyectos Certificación CASA Colombia, 2024).

Figura 3

Cantidad de proyectos certificados y en proceso en Colombia



Fuente. Autoría propia con datos de CASA Colombia. Proyectos CASA, 2024.

Tabla 6

Algunas edificaciones con certificación CASA o en proceso de certificación en Bogotá

Edificio	Fecha de Certificación	Ciudad	Tipo de Certificación	Área (m ²)
Unidad Residencial La Isla	Julio 2021	Bogotá	Certificación en Diseño	49238
Senderos de Modelia	Julio 2021	Bogotá	Certificación en Diseño	64880
Unique Tempo	Marzo 2022	Bogotá	Certificación en Diseño	12198
Well 100	Marzo 2022	Bogotá	Precertificado	9628
Attico 123	Enero 2022	Bogotá	Certificación en Diseño	8664
Torres de Saira	-	Bogotá	Precertificado	26118
Burdeos	-	Bogotá	Precertificado	85184

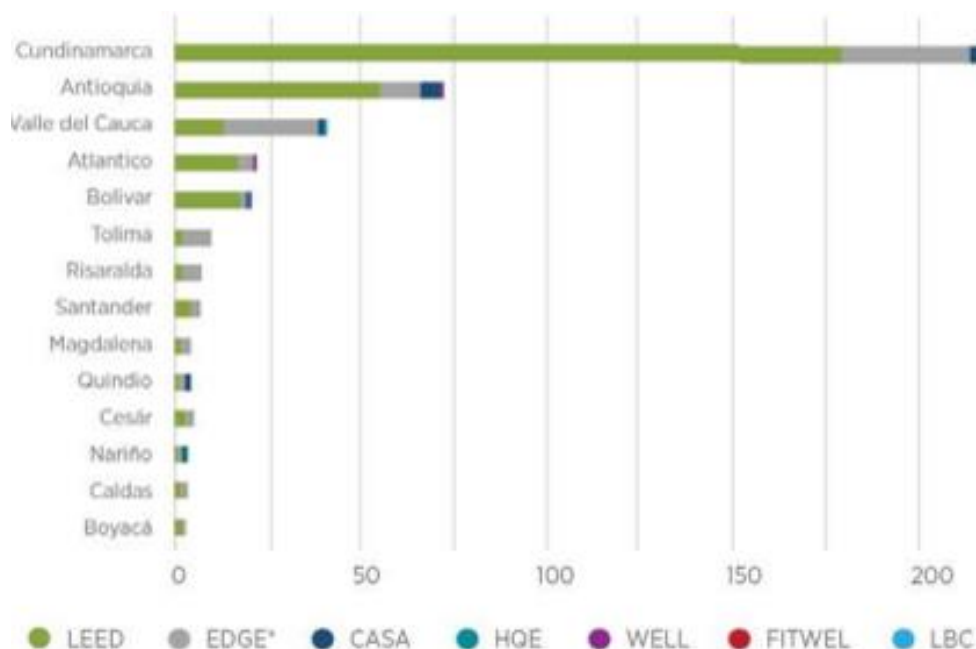
Fuente. Autoría propia con datos de CASA Colombia. Proyectos CASA, 2024.

En el sistema de certificación de CASA, al incentivar el uso eficiente de recursos naturales, la reducción de emisiones de carbono, y la gestión responsable de residuos durante la construcción y operación de las edificaciones, también promueve una integración y adopción del ACV el cual proporciona una gran oportunidad de crecimiento a las empresas del sector.

A continuación, se muestra la presencia de proyectos registrados en cada departamento.

Figura 4

Presencia de proyectos registrados en los departamentos



Fuente. Estado Actual de la Construcción Sostenible en Colombia (2021, p. 47 – 56).

Como se puede observar, el CCCS (2021) confirma que el número de proyectos registrados ha tenido un notorio y constante incremento desde el año 2008 y, si bien hay proyectos registrados en 23 departamentos, en su mayoría, se encuentran en Cundinamarca, que incluye a Bogotá.

Etiquetas Ambientales

Las etiquetas ambientales son una identificación usada en los productos que cuentan con características sostenibles con enfoque ambiental. Bajo la serie de normas ISO14020, se describen y definen los tipos de etiqueta y, gracias a la encuesta realizada por el CCCS (2021, p. 102) en el estado de la construcción Sostenible, se logra tener una visión del porcentaje de empresas que cuentan con algún tipo de etiqueta, tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7*Tipos de etiqueta ambiental y porcentaje de participación*

Nombre	Tipo	Norma ISO asociada	Empresas que cuentan con alguna (%)
Etiqueta Ambiental	Tipo I	14024	18%
Autodeclaración	Tipo II	14021	8%
Declaración Ambiental de Producto DAP	Tipo III	14025	21%
Empresas que no cuentan con ningún tipo de etiqueta	-	-	53%

Fuente. Autoría propia con datos de CCCS (2021, p. 102).

En los tres tipos de etiquetas se tiene un claro objetivo, además de comunicar los atributos ambientales, y es tratar de identificar cuáles son los impactos ambientales del producto, por lo que estas etiquetas tienen como base fundamental una metodología de ACV, variando entre las categorías de cada producto y las fases de su ciclo de vida, por ello, señala el CCCS (2021) que hay empresas que toman el camino de hacer un ACV internamente y hay otras que han preferido ir más allá y obtener alguna etiqueta.

Marco Legal y Normativo

Figura 5

Normatividad de la construcción sostenible en Colombia



Fuente. Autoría propia

Centrándose en el análisis del Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta que impacta en la competitividad en el clúster de la construcción sostenible en Bogotá, a nivel general la normativa NTC-ISO 14040:2006 establece los principios y marcos de referencia para llevar a cabo un ACV de manera estandarizada y consistente. Esta norma establece los principios y el marco conceptual que guían un protocolo de ACV los cuales están compuestos por las fases de definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación de los resultados. En cada una de ellas se establecen sus propios requisitos y directrices, lo cual, garantiza la integridad y calidad del análisis. La aplicación de esta norma proporciona

consistencia y comparabilidad en los resultados del ACV, lo que es crucial para la toma de decisiones informadas. (ISO 14040, 2006)

NTC-ISO 14044:2006

Tiene como enfoque principal la implementación práctica del ACV, en donde se especifica el paso a paso detallado de cada una de las fases, desde la recopilación de datos, hasta la evaluación de impacto ambiental y la interpretación de resultados. Esta norma brinda las herramientas necesarias para garantizar la rigurosidad y la objetividad del análisis.

Este marco normativo establece las bases conceptuales necesarias para abordar el problema planteado, incluyendo las prácticas y metodologías actuales sobre construcción sostenible, políticas de ecourbanismo, y las normativas locales. La implementación de las normativas NTC-ISO 14040 y NTC-ISO 14044 asegura un enfoque estandarizado y confiable, crucial para la toma de decisiones estratégicas en el sector de la construcción sostenible.

Decreto 582 de 2023

En la misma línea de evolución de la construcción sostenible en Bogotá, el Decreto 582 en 2023 establece los porcentajes que deben cumplir con un ACV, respecto a los materiales de construcción. Ligado a esto, el manual de Ecourbanismo y Construcción Sostenible de 2023 que menciona la validez de aceros estructurales y concretos solo si cuentan con Declaraciones Ambientales de Producto DAP conforme a la norma ISO14025. (Secretaría Distrital de Ambiente. Manual de Ecourbanismo y Construcción Sostenible. 2023).

Descripción del Área de Influencia

El área de influencia seleccionada para este proyecto es la ciudad de Bogotá, la capital de Colombia, situada en el centro del país a 2.640 metros sobre el nivel del mar. Bogotá es el centro económico, cultural, político y administrativo del país. Cuenta con una extensión aproximada de 1.775 km² y está dividida en 20 localidades, con diversos barrios urbanos y rurales. Las localidades que tiene mayor importancia por su alto nivel de desarrollo residencial y económico son, entre otras, Usaquén, Chapinero, Teusaquillo, Suba y Engativá.

Bogotá es la ciudad más poblada de Colombia; según el DANE (2018), con más de 7 millones de habitantes², y el gran crecimiento urbano y demográfico ha llevado el desarrollo de aproximadamente 1.6 millones de edificaciones, incluidas viviendas, oficinas y edificios comerciales, entre otras. En los últimos años, la sostenibilidad ha tomado un papel relevante en el sector de la construcción de Bogotá llevándola a contar con más de 600 proyectos de edificaciones sostenibles que cuentan o están en proceso de certificación con LEED, CASA Colombia o EDGE.

La construcción de edificaciones en Bogotá, de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme se enmarca en el CIU 4100 y, si bien no existe un código específico para la construcción sostenible, se puede vincular este sector al mismo código.

² Total habitantes: 7.181.469 en último censo realizado por el DANE en 2018

Efecto de la Aplicación del ACV en la Identificación y Reducción de Impactos Ambientales en Proyectos de Construcción Sostenible en Bogotá

Dentro del documento “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana”, por el MinAmbiente (2021), se hace un enfoque que integra varias propuestas sobre el uso de recursos renovables por medio de tres objetivos básicos de sostenibilidad:

Racionalizar el uso los recursos naturales renovables.

Sustituir con sistemas o recursos alternativos.

Manejar el impacto ambiental producido que se pueden aplicar a los “Ejes temáticos” de agua, suelo, energía y materiales.

En ese contexto, se establecen criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles. Esta referencia es pertinente en la aplicabilidad de criterios sostenibles dentro del ciclo de vida de las edificaciones, en donde el análisis de aplicación de estos criterios será lo que identifique los impactos ambientales asociados a cualquier fase del proceso (ACV) para así proponer y abordar las alternativas de solución de manera específica para lograr la reducción. El ACV permite obtener una visión integral de los impactos asociados a cada una de las fases mediante indicadores.

Fases del ACV e Impactos Ambientales

Figura 6

Ciclo de vida y sus fases en productos de construcción



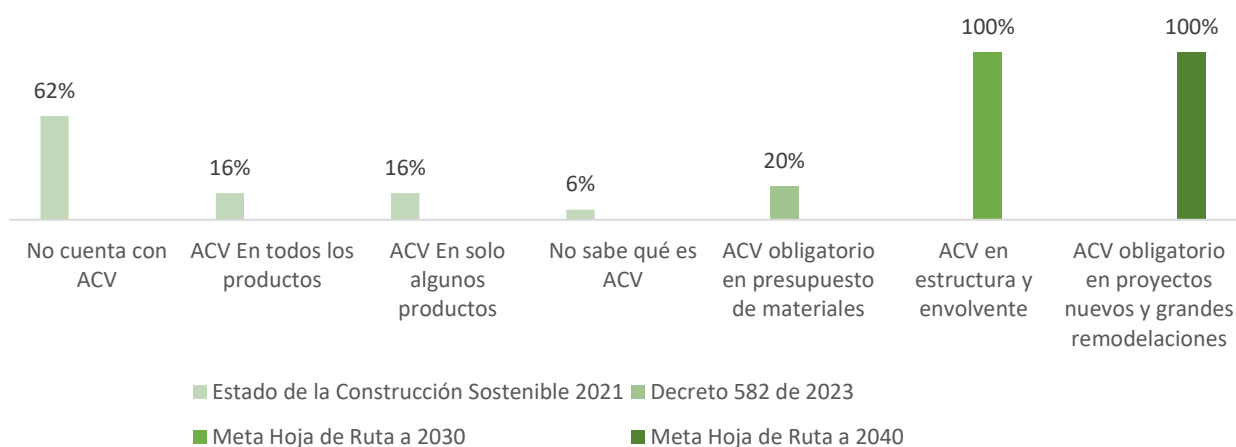
Fuente. Autoría propia

El Análisis de Ciclo de Vida es la forma en que se puede medir los impactos ambientales, presentando resultados de indicadores por separado, pero resultando en un valor total en unidades de CO₂ Eq. llamado Potencial de Calentamiento Global o Global Warming Potential, en inglés, (GWP) que representa los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida, tanto del producto, como de las edificaciones. De esta forma, el ACV puede identificar cuáles son los impactos ambientales que contribuyen potencialmente al calentamiento global y, además, el identificar otros impactos ambientales clave como el Consumo de energía (renovable y no renovable), el Consumo de agua y la Generación de residuos (materiales reciclables o no reciclables).

El CCCS llevó a cabo una encuesta, en donde lograron conocer la cantidad, en porcentaje, de fabricantes y proveedores de materiales que han realizado ACV en sus productos. Como resultado, se evidencia que el solo el 16% de los fabricantes y proveedores de materiales estaba realizando un análisis de huella de carbono o de carbono embebido para todos sus productos y otro 16% lo estaba haciendo para solo algunos de sus productos. (CCCS. Estado de la construcción sostenible. 2021)

Figura 7

Avances y Metas relacionadas con ACV en descarbonización en construcción sostenible



Fuente. Autoría propia con datos de CCCS (2021, p. 103).

Emisiones de Edificaciones

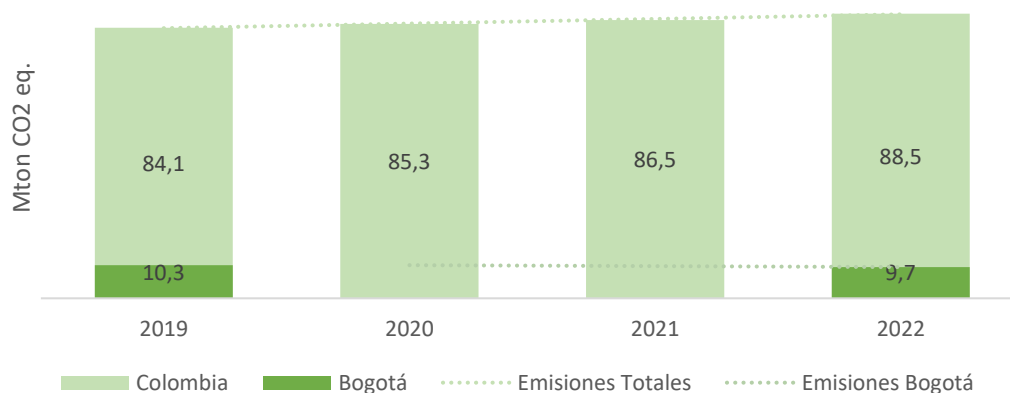
En la actualidad, no hay información disponible acerca de los impactos ambientales específicos, sin embargo, dentro de la identificación de los principales impactos ambientales se realizó el cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI (CO₂ equivalente) tomando información disponible de fuentes confiables como el IDEAM, el CCCS y MinAmbiente Bogotá. El cálculo se realizó tomando el total de emisiones en Mton CO₂ Eq. de Colombia en un histórico anual desde el año 2010 hasta el año 2022 y en Bogotá para los años 2019 y 2022.

Luego, considerando que, según el CCCS, cerca al 7% de las emisiones GEI totales en Colombia corresponde a las edificaciones, se realizó la proporción para conocer el dato aproximado en unidades de CO₂ Eq.

En la Figura 8 se puede observar que las emisiones totales en Colombia han venido en un constante incremento durante los últimos años y, la variación entre los años 2019 y 2022 es de más del 5%, sin embargo, en Bogotá, entre los mismos años 2019 y 2022, hubo una reducción del 19.8%; siendo 10.3 Mton CO₂ Eq. en 2019 y 9.7 Mton CO₂ Eq. en 2022.

Figura 8

Histórico de Emisiones Totales en Colombia y Bogotá desde 2019 hasta 2022

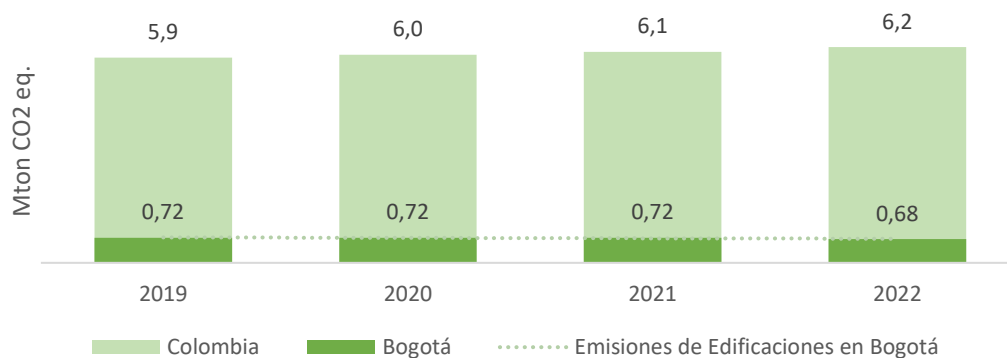


Fuente. Autoría propia (Datos de CCCS, IDEAM y MinAmbiente Bogotá).

En la Figura 9 se observa que las emisiones de edificaciones en Bogotá, para el año 2022 disminuyen con respecto a años anteriores, siendo 0.68 Mton CO₂ Eq. en 2022

Figura 9

Proporción de Emisiones de Edificaciones entre 2019 y 2022



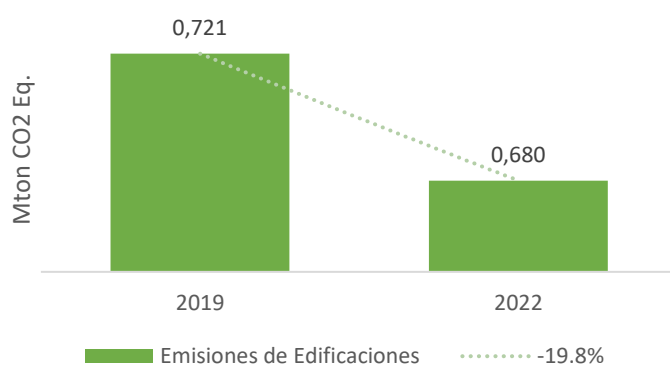
Nota. Los valores de los años 2020 y 2021 se mantienen iguales al 2019 por falta de datos.

Fuente. Autoría propia (Datos de CCCS, IDEAM y MinAmbiente Bogotá).

En la Figura 10 se amplía gráficamente la reducción que presenta Bogotá entre los años 2019 y 2022 en las emisiones de edificaciones.

Figura 10

Reducción de Emisiones de Edificaciones en Bogotá entre 2019 y 2022



Fuente. Autoría propia (Datos de CCCS, IDEAM y MinAmbiente Bogotá).

Emisiones Asociadas a Materiales de construcción (Concreto)

La primera etapa del ciclo de vida de las edificaciones es la relacionada con los materiales y se realiza dentro de las fases A1-A3. Estas fases se refieren a la extracción de materias primas y la fabricación, incluyendo los transportes (ver [Figura 6](#)).

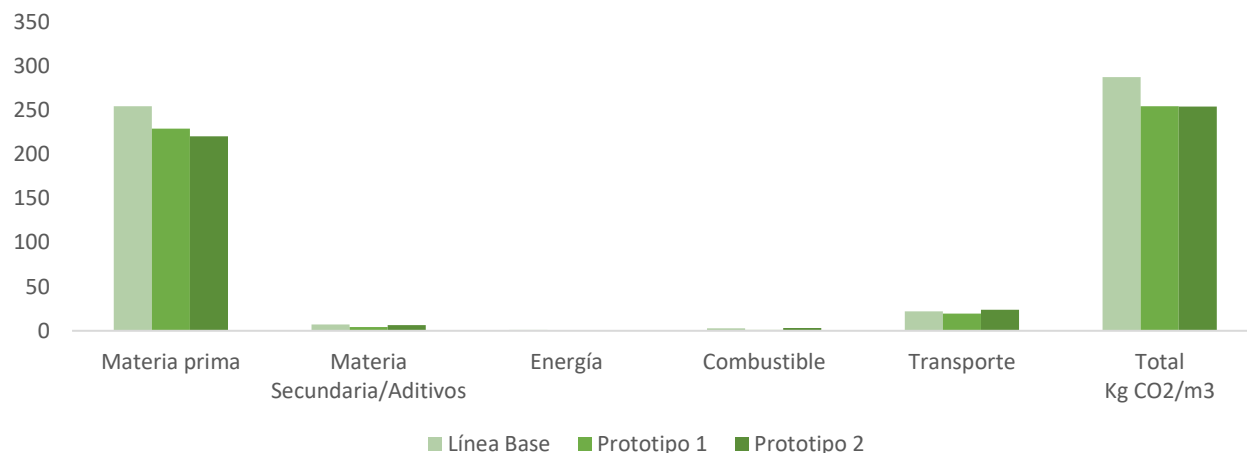
Considerando el concreto como el material de construcción de mayor uso y con mayor impacto en su etapa de fabricación, se muestra a continuación, en la Tabla 8, un cálculo de emisiones GEI en unidades de CO₂ Eq. para las fases A1 - A3 de este material. La Figura 11 muestra una comparación entre una Línea Base y dos Prototipos del material con respecto a las emisiones de GEI por cada parte que se requiere en esta fase de su ACV. Se debe tener en cuenta que, tanto la línea base como los prototipos, se estimaron de acuerdo con datos obtenidos de estudios y documentos previos, tales como Autodeclaraciones y Declaraciones Ambientales de Producto (DAP o EPD) e información de proveedores de materiales de construcción.

Tabla 8

Comparación de Concreto estructural A1-A3

Concreto Estructural (0 - 15 MPa en 28d) A1 – A3						
	Materia prima	Materia Secundaria/Adds	Energía	Combustible	Transporte	Total Kg CO ₂ /m ³
Línea Base	254,8	7,1	0,9	2,7	22,2	287,7
Prototipo 1	229,4	4,2	0,6	1,1	19,6	254,9
Prototipo 2	220,6	6,3	0,8	3,1	23,7	254,5

Fuente. Autoría propia

Figura 11*Comparación de Concreto estructural A1-A3*

Fuente. Autoría propia

Con el ACV como herramienta, las edificaciones pueden hacer un menor uso y una mejor elección de materiales con bajo impacto ambiental, considerando sus procesos en la extracción de materias primas, fabricación, construcción en sitio, uso y mantenimiento, demolición, y reciclaje, disposición y/o eliminación y, además, en las etapas posteriores a la construcción, como la etapa de Uso/Operación y el fin de su vida, inclusive. Es así como diferentes entidades públicas y privadas tales como el Ministerio de Ambiente de Colombia, y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), han evidenciado que, el ACV es una herramienta que puede ayudar a identificar las oportunidades para reducir las emisiones GEI en la construcción sostenible desde la extracción, fabricación, transporte, operación, reúso y/o disposición, así como reducir el uso y mejorar la elección de materiales con bajo impacto ambiental.

Consumo Energético de las Edificaciones

Actualmente no hay información pública sobre los consumos energéticos de las edificaciones en Bogotá, sin embargo, en el Estado de la Construcción Sostenible en Colombia (2022) se evidencia un aumento desde el año 2015 en los proyectos registrados usando energías renovables como eólica, solar y biomasa y, en el mismo sentido, menor cantidad de proyectos con uso de plantas térmicas.

Según la Secretaría Distrital de Ambiente (s.f.), hay una potencial mitigación de emisiones GEI provenientes del consumo de energía, debido a la actualización de tecnologías de eficiencia energética en la mayoría de las edificaciones existentes en la ciudad y, considerando el enfoque en el desarrollo sostenible, se está trabajando en normas hacia la construcción que permitan a las edificaciones nuevas disminuir la demanda energética durante su ciclo de vida y que implementen tecnologías de eficiencia energética desde el diseño, infraestructura, espacios equipos, entre otros.

Consumo de Agua de las Edificaciones

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua ENA (2018) el uso de agua para el sector de la construcción fue de 435,800,000 m³ y, de acuerdo con los registros del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) la huella hídrica azul³ fue de 143,800,000m³.

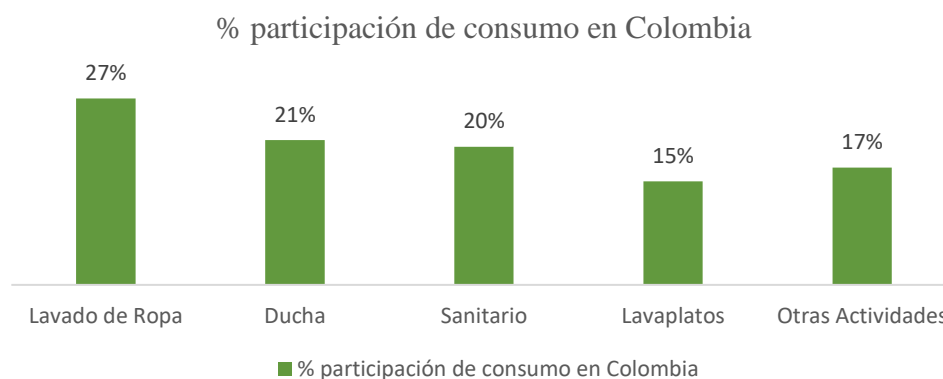
Para las edificaciones, el Estado de la Construcción Sostenible (2022) afirma que, para las edificaciones de vivienda en Colombia, los mayores consumos provienen del lavado de ropa y la ducha, siendo 27% y 21%, respectivamente, seguidos de el sanitario con un 20% y el

³ Hace referencia a la apropiación de agua proveniente de acuíferos, ríos y/o lagos que no retorna a la cuenca de origen.

lavaplatos con el 15% y, el 17% que resta se relaciona a otras actividades como lavamanos, aseo de vivienda, lavado de vehículos, riego de plantas y jardines, según estudio realizado por la Comisión de Regulación de Agua (CRA) en el 2015. (Secretaría Distrital de Ambiente. 2022)

Figura 12

Participación de consumo de agua en Colombia



Fuente. Autoría propia con datos de Estado de la Construcción Sostenible (2022, p. 89)

En Bogotá, las duchas, con un promedio de 52% sobre el consumo total por unidad habitacionales, son lo que mayor consumo de agua representa para las edificaciones residenciales y para las edificaciones no residenciales, como oficinas, centros comerciales y colegios, el mayor consumo está en los lavamanos y sanitarios con un 85% del consumo total.

Figura 13

Participación de consumo de agua en Colombia



Fuente. Autoría propia con datos de Estado de la Construcción Sostenible (2022, p. 90)

Consumo de Agua de los Materiales de Construcción

Actualmente, no se cuenta con información de solo Bogotá, sin embargo, es un hecho que los materiales de construcción desempeñan un papel clave en el consumo de agua a nivel nacional, por lo que ya empresas han venido adoptando estrategias para optimizar el uso del agua en sus procesos productivos. Según el CCCS (2022), mediante una encuesta realizada para el Estado de la Construcción Sostenible, el 49% de las empresas encuestadas ha implementado algún tipo de estrategia para aumentar la eficiencia en el consumo de agua, siendo el tratamiento y reúso de agua la más común entre todas.

Además, el 16% de estos productores realizan análisis de la huella hídrica, lo que les permite medir el agua utilizada en las diferentes etapas del ciclo de vida de sus productos. Este análisis es una herramienta valiosa para la toma de decisiones, permitiendo identificar oportunidades de mejora en los procesos productivos y comunicar a los clientes los impactos ambientales generados.

Comparación de Indicadores Ambientales en Proyectos de Construcción Sostenible

A continuación, la Tabla 9 muestra una comparación de los indicadores ambientales de tres proyectos sostenibles en Bogotá: el Edificio Terpel, el Midtown Corporate Center y el Hogar Gerontológico. En esta tabla se observan indicadores de Emisiones de CO₂ Eq, consumos y reducciones porcentuales de Energía y Agua. Además, indicadores de Iluminación natural, Energía limpia y Ventilación natural como indicadores adicionales que ayudan a destacar cómo cada uno de estos proyectos ha implementado diferentes estrategias de sostenibilidad, lo que nos permite entender mejor su impacto ambiental y los beneficios derivados de la construcción sostenible.

Tabla 9

Comparación de indicadores ambientales en proyectos sostenibles de Bogotá

	Edificio Terpel	Midtown Corporate Center	Hogar Gerontológico
Materiales Sostenibles o Certificados	Si	Si	No
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ eq/m ² /año)	60	70	Sin información
Consumo Energía (kWh/m ² /año)	160	Sin información	Sin información
Iluminación Natural / Autogeneración de Energía limpia (%)	80	No se mide, pero cuentan con tecnologías de eficiencia energética	50
Reducción de Energía (%)	25	Sin información	Sin información
Reducción de Agua (%)	No se mide, pero cuenta con captación de agua lluvia para proveer sistemas de riego	66	45

Ventilación Natural (% del área total)	95	No se mide, pero el diseño se planteó para obtener la mayor cantidad posible	No se mide, pero el diseño se planteó para obtener la mayor cantidad posible
Certificación	LEED Plata	LEED Oro	LEED Oro

Nota: Esta tabla muestra información entre 2021 y 2022. *Fuente.* Autoría propia con información de Estado de la Construcción Sostenible (2022, p. 93); Cepeda Merizalde (2021, p. 47-50)

Se puede observar cómo diferentes proyectos de construcción sostenible logran distintos niveles de reducción de impactos. El ACV, además de facilitar la cuantificación de indicadores clave como el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y el uso de agua, también ayuda a comparar las estrategias aplicadas en cada proyecto mediante datos objetivos y cuantificables, como los presentados en la Tabla 9. Por ejemplo, la implementación de estrategias de ahorro de agua en el edificio Midtown Corporate Center y el Hogar Gerontológico, con reducciones en el consumo de 66% y 45%, respectivamente, es un resultado tangible que se puede medir y comunicar gracias al análisis de su ciclo de vida. Del mismo modo, el Edificio Terpel logró una reducción del 25% en su consumo energético, lo que resalta cómo el ACV ayuda a tomar decisiones más eficientes y sostenibles.

A través del uso de estos indicadores cuantificables, las empresas pueden establecer comparaciones entre proyectos y mejorar sus procesos de producción y construcción. Esto no solo reduce el impacto ambiental, sino que también aumenta la competitividad del sector en Bogotá.

Sumado a esto, los tres proyectos cuentan con certificación LEED. Si bien, no es completamente necesario contar con una certificación en construcción sostenible para que una edificación sea sostenible, es una de las formas en las que se puede reconocer las acciones aplicadas durante todo el ciclo de vida asociadas a la sostenibilidad. De igual forma, estas certificaciones permiten conocer de manera específica, gracias a las herramientas y los referentes técnicos y de verificación, el cumplimiento de estándares validados internacionalmente, como lo es el ACV.

Siguiendo esta premisa, a mayor participación de atributos sostenibles para la construcción, habrá mayor aporte a la reducción de emisiones y, para ello, la implementación del ACV es esencial.

Posterior a estos datos, desde el año 2022, debido a que no existe información relacionada con impactos ambientales en los materiales y la falta de productos con ACV y DAP a esta fecha, el sector de la construcción sostenible se ha enfocado en proponer y desarrollar políticas específicas, con incentivos y, es así como se crea la Hoja de Ruta de Edificaciones Neto Cero Carbono, para plantear objetivos y metas para que los proyectos de construcción desarrollen un ACV involucrando tecnologías que faciliten y permitan el cálculo tanto de la huella de carbono, como de análisis en los costos asociados al ciclo de vida de las edificaciones.

ACV en la Optimización de Recursos, Costos y Procesos en el Ámbito de la Construcción Sostenible - Caso de Estudio

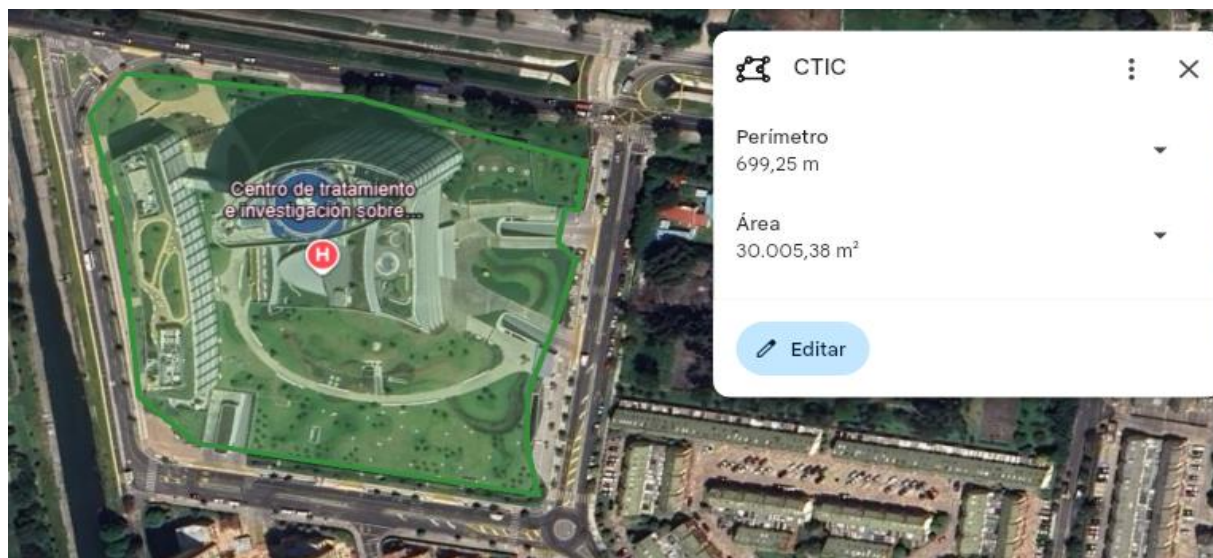
Se presenta como caso de estudio el proyecto CTIC: Centro de Tratamiento e Investigación sobre Cáncer Luis Carlos Sarmiento Angulo que consiguió la certificación LEED nivel Gold en 2022. Para efectos de caso de estudio, se desarrolla el enfoque en el apartado 3.2 Ciclo de vida de las Edificaciones, 5.3.3. Programa de Incentivos financieros para hogares y constructores de edificaciones sostenibles y el Anexo D. Sellos de Certificación Sostenible; de la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, CONPES 3919 de 2018.

Metodología del estudio: Estudio de Caso Instrumental. Stake (1998)

Se lleva a cabo para indagar sobre una cuestión más general que mediante el estudio de un caso, puede aportar elementos de análisis interesantes para entender una problemática en conjunto que no sólo involucra el caso específico que se estudia.

Figura 14

Ubicación CTIC: Centro de Tratamiento e Investigación sobre Cáncer - Bogotá D.C, Carrera 14 # 169-49



Fuente. Imagen de Google Earth procesada y editada por el autor.

Sobre el Proyecto

Esta construcción es un edificio de investigación médica y de uso hospitalario, el cual lo conforman un edificio de 11 pisos y otro de 4 pisos, con una planta baja de 2 sótanos, teniendo en total un área de 30.000 m². En el estudio de este caso, el CCCS (2009) señala que el proyecto, desde su inicio, fue planteado como un complejo sostenible, por la complejidad y relevancia que tendría en su operación al tomar la certificación LEED como su objetivo principal, el cual los llevó a alcanzar en diciembre de 2022 la certificación Gold en la categoría Healthcare, convirtiéndose en el primer hospital de Colombia en alcanzar esta meta. (CCCS - Estudios de Caso. 2009).

Dentro de este estudio de caso señalan que el reto más grande que asumieron fue la integración de unos 25 diseños diferentes con sus respectivas necesidades y hacer que cada una

se alineara a las metas de sostenibilidad y especialmente, “entender el impacto que el proyecto iba a tener en la operación para buscar la mayor optimización posible en términos energéticos, de agua, materiales y calidad ambiental” (CCCS. 2009, p. 3), lo que sugiere la realización intrínseca de Análisis de Ciclo de Vida en cada una de las etapas y fases, lo cual permitió una formulación, implementación y aprobación exitosa relacionada a las características sostenibles que hacen parte integral del diseño del edificio.

Materiales

Respecto al uso de materiales, fueron escogidos por su ubicación de producción o fabricación (de origen regional región) y contenido reciclable pre y posconsumo, logrando una reducción en su huella de carbono y las emisiones asociadas al transporte y al consumo de materias primas convencionales. Esto significó que el 24% del total del costo de los materiales correspondiera al contenido reciclado de pre y post consumo.

Gestión de Residuos

Por otra parte, mencionan que durante la construcción se mantuvo una gestión integral en sitio de los residuos para así poder pasar a un manejo de reciclaje y reincorporación al ciclo de vida a cargo de gestores autorizados por la Autoridad Ambiental, logrando reciclar el 96% de todos los residuos generados durante la obra. Además, durante la construcción lograron reutilizar los residuos de materiales de construcción en otras adecuaciones y usos dentro del mismo proyecto, como caminos, rampas, diseños paisajísticos, entre otros.

Energía

En cuanto a el consumo de energía, tomando como base el estándar definido para edificaciones de similares características por ASHRAE 90.1-2007, consiguieron reducir el costo

asociado a consumo en un 28.4% y en 24.5% para el edificio Hospital y el edificio de investigación, respectivamente. Una de las prioridades del proyecto, en busca de estas reducciones, fue la iluminación natural, lo que implicó una previa evaluación de la envolvente y así poder seleccionar el mejor diseño que cumpliera de manera eficiente en cada uno de sus componentes. También, instalan un sistema que precalienta el agua de servicios de habitaciones el cual cubre el 35% de la demanda, gracias a colectores solares, reduciendo aproximadamente en un 10%, el gasto asociado a gas natural.

Gracias a la iluminación natural y a el sistema de energía renovable instalado, consiguen la reducción anual en los costos asociados a energía y, en pro de la mejora continua de la fase operacional del edificio, cuentan con monitoreo y medición de los sistemas energéticos, lo que permitirá identificar los aspectos con mayor oportunidad y así la futura optimización del recurso, los costos y el proceso en sí.

Finanzas

Diseñar y construir con objetivos sostenibles puede favorecer los proyectos de construcción en cuanto a retornos de inversión, acceso a créditos verdes, entre otros. El caso CTIC es un importante ejemplo de la relevancia que tienen los proyectos de construcción sostenible para los grandes inversionistas de una región.

El edificio CTIC, de acuerdo con la información oficial de su página web, es producto de una donación por parte de Luis Carlos Sarmiento Angulo, importante empresario de Colombia, y su holding de empresas del Grupo Aval y Corficolombiana, a través de la fundación CTIC. Dicha inversión de alrededor de \$1.4 billones de pesos colombianos, fue destinada para: terreno, proyectos, equipamiento, y subsidio mientras se llega a punto de equilibrio, (información

suministrada por el inversionista en diversas declaraciones en el momento de la inauguración del proyecto en 2022).

Si bien el modelo de negocio es sin ánimo de lucro, de acuerdo con la información del Ministerio de Vivienda de Colombia el retorno de la inversión de este proyecto es de 389%.

Competitividad y Crecimiento del Sector de la Construcción Sostenible

De acuerdo con la información del CCSC a cerca del edificio CTIC, este proyecto se planteó como un complejo sostenible, encaminado a reducir los costos de operación al máximo y conformar un equipo para desarrollar el proyecto que se alinea al objetivo de certificación LEED Gold. Es así como seleccionaron diversas empresas proveedoras que se integraran a las metas de sostenibilidad que se tenían como objetivo y sobre todo buscar la mayor optimización posible en: energía, consumo de agua, materiales y calidad ambiental.

En el Anexo 1 se encuentra el inversionista, los consultores y los proveedores que hicieron parte del proyecto y lograron conjuntamente este objetivo de sostenibilidad.

Participar como proveedor en el proyecto CTIC, el cual buscó desde su formulación conseguir una certificación LEED Gold, implica sin excepción cumplir igualmente con los requisitos para la certificación, de acuerdo con la categoría de su material o producto. Específicamente en los requisitos de certificación relacionados al #4 Energía y Atmosfera, y al #5 Materiales y Recursos, para dar cumplimiento a los requisitos es necesario contar con un ACV y para algunos puntos contar con una EPD.

Figura 15

Participación del ACV en Certificación Sostenible LEED



Fuente. Autoría propia

Resultado

La identificación de estos puntos principales deja ver que la aplicación del ACV puede aportar significativamente a la optimización de recursos, costos y procesos, a través del enfoque en la calidad y diseño de manera que mitigue impactos ambientales. El ACV ayuda a evaluar e identificar oportunidades para mejorar la sostenibilidad, como lo es la reducción de residuos y retorno al ciclo de vida, la eficiencia energética y la selección de materiales reciclados que, a su vez, permite la implementación de estrategias innovadoras que aporten a la reducción de los costos. Así mismo, la identificación de oportunidades para reducir el uso de recursos naturales,

energía y agua durante la fase de construcción resultando en reducción de los costos asociados con la adquisición de materiales y la ejecución de las obras.

Para finalizar, vale la pena resaltar que el proyecto aplicó a la certificación de nivel Gold, lo que implica el uso de materiales de construcción sostenibles. Al realizar un ACV previo de los materiales considerados para el proyecto, se consigue evaluar su impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida y seleccionar aquellos que contribuyeran de manera más positiva a los criterios de sostenibilidad requeridos para la certificación, lo que incentiva a fabricantes y proveedores a hacer uso del ACV como una herramienta que permitirá participar en proyectos como este, contribuyendo, a su vez, el crecimiento y mejora en la competitividad del sector de la construcción sostenible.





Matriz de Identificación de Aportes al Sector de la Construcción Sostenible en Bogotá

En la siguiente Matriz, mediante siete aspectos, se consolida el aporte que tiene el ACV a la competitividad, pasando por cada uno de los actores involucrados y cómo aplica en cada uno de ellos. También se puede observar el uso de ACV en dos formas: antes y después de una verificación de tercera parte (DAP o EPD); confirmando a qué certificación sostenible puede aplicar.

Esta Matriz es una herramienta para integrar el uso del ACV en el sector de la construcción sostenible, que permite consolidar el impacto que puede tener este enfoque en la competitividad de los proyectos. La matriz está diseñada para ser utilizada por actores como diseñadores, fabricantes, proveedores, constructores y usuarios finales, brindándoles un marco claro para identificar cómo el ACV puede optimizar recursos, mejorar la eficiencia y cumplir con criterios de sostenibilidad. Además, la herramienta resulta especialmente útil para aquellos constructores que buscan obtener certificaciones ambientales, ya que ofrece una visión estructurada de los beneficios del ACV antes y después de su verificación por terceros, conectando directamente con estándares internacionales como LEED, CASA y EDGE, y que además muestra en qué puede enfocarse. Entre los principales beneficios se incluyen la reducción de costos, una mayor eficiencia operativa y el acceso a incentivos económicos y normativos, lo que a su vez mejora el retorno de inversión y fortalece el posicionamiento en un mercado que exige cada vez más prácticas sostenibles.

Figura 16

Matriz de identificación de aportes a la construcción sostenible

Matriz de Identificación de Aportes al Sector de la Construcción Sostenible en Bogotá										
Indicador	Diseñador	Fabricante/ Proveedor	Constructor	Usuario Final	ACV	DAP	Certificación para el Constructor			
							LEED	CASA	EDGE	
Análisis de Ciclo de Vida	Reducción de consumo de recursos		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Reducción de impactos ambientales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Mejora en Salud y Bienestar				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Reducción de costos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	Mayor eficiencia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Mejora en retorno de inversión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
	Acceso a incentivos		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

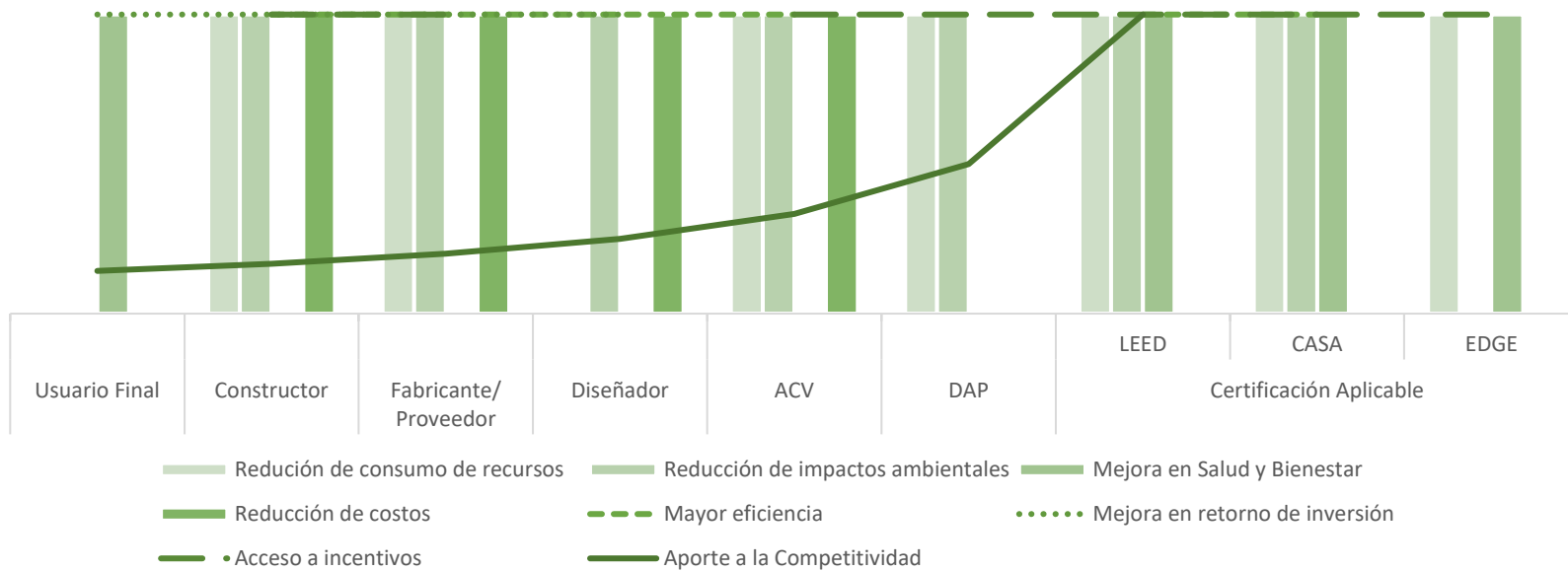
Fuente. Autoría propia.

En la Figura 17 se puede observar cómo el ACV está relacionado a la competitividad, en donde cada uno de los aspectos que revela o puede revelar un análisis de ciclo de vida impactan directa o indirectamente a cada uno de los actores involucrados en toda la cadena de valor. Cada indicador no es sólo un beneficio para cada parte involucrada, sino que también muestra el enfoque que puede aplicar

cada empresa en el sector y cada actor desde su rol, logrando un crecimiento y fortalecimiento sostenible de manera estratégica con el fin de incrementar la producción de construcciones sostenibles y, por consecuencia, la competitividad.

Figura 17

Aporte a la competitividad en el sector de la construcción sostenible en Bogotá, con aspectos que brinda un ACV (Con base en Matriz)



Fuente. Autoría propia

Aspectos Críticos

La implementación del ACV en la construcción sostenible en Bogotá, aunque prometedora, enfrenta importantes obstáculos y desafíos prácticos que deben abordarse para que la herramienta se integre efectivamente en el sector. El documento "Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana" del Ministerio de Ambiente (2021) establece un marco que, aunque valioso, destaca algunos de los problemas persistentes en la adopción generalizada del ACV. A continuación, se examinan los principales hallazgos desde una perspectiva crítica:

Obstáculos en la Racionalización del Uso de Recursos Naturales y la Sustitución por Alternativas

Como se planteó anteriormente, el ACV se centra en evaluar los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o edificación, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final, proporcionando información detallada sobre el consumo de recursos como energía, agua, y generación de residuos. Sin embargo, a pesar de los objetivos del MinAmbiente para racionalizar el uso de recursos naturales y promover alternativas, la encuesta del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en 2021 muestra que solo el 16% de los fabricantes y proveedores de materiales realizan ACV de sus productos. Este dato revela que la mayoría de los materiales utilizados en la construcción no cuentan con un análisis de huella ambiental, lo que representa un obstáculo significativo para tomar decisiones informadas sobre el uso de materiales más sostenibles.

La falta de disponibilidad de materiales con datos de ACV, como las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP), impide que los proyectos puedan comparar adecuadamente sus

opciones y elegir aquellas que contribuyan más eficazmente a la sostenibilidad. Este vacío de información dificulta el cumplimiento de uno de los pilares fundamentales del ACV: la selección de recursos alternativos con menor impacto ambiental, lo que reduce la posibilidad de optimizar el proceso de construcción desde el inicio.

Falta de Información Pública y Homologación de Datos

Uno de los principales desafíos observados es la falta de información pública disponible sobre los impactos específicos de las edificaciones en Bogotá, incluyendo datos sobre consumo energético y emisiones asociadas a los materiales de construcción, como el concreto. Aunque el análisis del ciclo de vida de los materiales revela el alto impacto del concreto, que sigue siendo el material más utilizado, aún no se dispone de información completa y estandarizada que permita una evaluación exhaustiva de otros materiales en términos de su impacto ambiental.

El documento menciona la dificultad para acceder a datos actualizados y específicos sobre el consumo de energía en las edificaciones de Bogotá, lo que impide un análisis detallado de las emisiones asociadas. Aunque se observa una tendencia creciente en el uso de energías renovables desde 2015, como la solar y eólica, la carencia de información estructurada y consolidada retrasa los avances hacia edificaciones más eficientes energéticamente. Este problema también se refleja en el consumo de agua, donde la información disponible para Bogotá sigue siendo insuficiente para un análisis comparativo profundo.

Dificultades en la Aplicación del ACV en Todas las Fases del Ciclo de Vida

Si bien el ACV permite evaluar los impactos en todas las fases del ciclo de vida de una edificación, desde la extracción de materias primas (A1-A3) hasta su fin de vida, en Bogotá la implementación de este análisis sigue siendo limitada. Por ejemplo, el ACV del concreto utilizado en las construcciones muestra diferencias importantes entre la "línea base" y los

"prototipos", que reflejan reducciones significativas en las emisiones de CO₂. Sin embargo, la aplicación de estas mejores prácticas está lejos de ser la norma en el sector de la construcción, en parte debido a la falta de incentivos claros y la fragmentación del mercado de materiales.

Los avances en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en edificaciones de Bogotá, que disminuyeron un 19,8% entre 2019 y 2022, son alentadores, pero la falta de un marco normativo claro y de un apoyo institucional más fuerte impide que estos avances sean replicables a gran escala. La Hoja de Ruta de Edificaciones Neto Cero Carbono, lanzada en 2022, busca establecer metas claras, pero su éxito depende de la capacidad del sector para superar las barreras de implementación del ACV en todas las fases del ciclo de vida.

Dificultades Prácticas para la Reducción de Impactos y Consumos

Aunque el ACV ofrece una visión integral para reducir el impacto ambiental en fases clave como el consumo de energía y agua, persisten dificultades prácticas en la implementación de estrategias eficientes. En términos de consumo de agua, el 49% de las empresas han adoptado estrategias de optimización, como el tratamiento y el reúso, pero sigue siendo un porcentaje limitado para una ciudad que enfrenta presiones hídricas crecientes. Además, solo el 16% de los fabricantes realiza un análisis de huella hídrica, lo que impide que el sector adopte soluciones más amplias y eficientes en la gestión de recursos.

La comparación entre proyectos sostenibles como el Edificio Terpel, Midtown Corporate Center y el Hogar Gerontológico muestra resultados alentadores en cuanto a reducciones de agua y energía, pero también evidencia la falta de uniformidad en la medición y reporte de estos indicadores. Por ejemplo, mientras Midtown Corporate Center logra una reducción del 66% en el

consumo de agua, otros proyectos no cuentan con datos suficientes para hacer un análisis comparativo robusto.

Incentivos Económicos y Barreras Culturales

El desarrollo de políticas como la Hoja de Ruta de Edificaciones Neto Cero Carbono es un paso positivo hacia la descarbonización del sector de la construcción, pero su éxito dependerá en gran medida de la implementación de incentivos económicos que favorezcan a las empresas que adopten el ACV. Además, existen barreras culturales y de conocimiento en el sector que limitan la adopción de prácticas más sostenibles, especialmente entre pequeños y medianos constructores que no cuentan con los recursos o la capacitación técnica para implementar el ACV de manera efectiva.

En resumen, la implementación del ACV en Bogotá enfrenta desafíos importantes que van desde la falta de información y acceso a materiales sostenibles hasta barreras económicas y culturales. Si bien se han hecho progresos en la reducción de emisiones y el uso de tecnologías más eficientes, la adopción masiva del ACV requiere una combinación de incentivos normativos, acceso a datos confiables y una mayor capacitación dentro del sector de la construcción. Solo mediante la superación de estos obstáculos se podrá aprovechar plenamente el potencial del ACV para contribuir a una construcción más sostenible en Bogotá.

Conclusiones

El ACV es una herramienta clave en la construcción sostenible, permite una evaluación integral de los impactos ambientales asociados a todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto.

La aplicación del ACV es fundamental para identificar y cuantificar indicadores clave como las emisiones de CO₂ equivalente, el consumo de agua y energía, entre otros. El ACV permite igualmente racionalizar el uso de recursos, además de implementar tecnologías más eficientes y reducir el impacto global del sector y se convierte en una herramienta indispensable para alinear las iniciativas constructivas con los objetivos de descarbonización y sostenibilidad urbana, asegurando que las decisiones basadas en datos contribuyan al cumplimiento de normativas ambientales y al desarrollo sostenible de la ciudad.

En cuanto a la optimización de recursos tomando como caso de estudio el Edificio hospitalario CTIC, se evidenció una optimización significativa de recursos, costos y procesos a lo largo de sus distintas fases. Desde el diseño sostenible inicial orientado a la certificación LEED Gold, el ACV facilitó la evaluación detallada del impacto ambiental de los materiales, reduciendo las emisiones asociadas al transporte y la fabricación mediante el uso de materiales reciclados y de origen regional. Adicionalmente, la integración de sistemas energéticos eficientes y el aprovechamiento de la energía solar lograron reducir el consumo energético hasta en un 28.4%, mientras que la gestión integral de residuos permitió reciclar el 96% de los desechos generados. De esta forma, este enfoque integral resalta el valor del ACV como una herramienta que influye en la optimización de los costos y el aumento de la eficiencia en la construcción sostenible en Bogotá. También fortalece la competitividad en el sector al ofrecer comparaciones

objetivas entre materiales y entre proyectos promoviendo prácticas más sostenibles en la construcción de edificaciones.

La Matriz de Impacto del ACV en la Competitividad del sector de la Construcción Sostenible evidencia el aporte a la competitividad de cada aspecto que brinda un ACV para los stakeholders más importantes de los proyectos de construcción y resalta la forma en que las certificaciones sostenibles son aplicables dependiendo del nivel de etiqueta ambiental; sea ACV o que llegue a verificación de tercera parte (DAP).

Las certificaciones ambientales tipo LEED, CASA o EDGE, por su parte son un impulso a la innovación, desarrollo de tecnologías y procesos más limpios, nuevas inversiones con mejor retorno y acceso a incentivos financieros y sociales, en ese orden, todos los actores de clúster constructor interesados en generar productos y materiales sostenibles realizan procesos de ACV y DAP para sus productos con el fin de cumplir los criterios de dichas certificaciones ambientales.

Al proporcionar una evaluación precisa y cuantificable de los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los materiales, se brinda transparencia en la información y permite elegir de manera más informada facilitando el acceso a certificaciones sostenibles como LEED que es esencial para destacar en el mercado. Si bien no es de forma directa, la herramienta ACV promueve la optimización de recursos, procesos y costos, lo que no solo genera un mejor retorno de inversión, sino que también incentiva la innovación tecnológica y la adopción de procesos más limpios. Además, al fomentar la adopción de estos estándares, el ACV contribuye al desarrollo de un mercado laboral especializado en sostenibilidad y mejora el acceso a incentivos financieros y créditos verdes, fortaleciendo el crecimiento del sector.

Recomendaciones

El ACV, al ser una herramienta metodológica para evaluar y gestionar los impactos ambientales de los materiales y procesos utilizados en las edificaciones, tiene un papel sumamente importante. Es indispensable para fortalecer los incentivos, fomentar el crecimiento y mejorar la competitividad del sector de la construcción sostenible en Bogotá. A partir de los hallazgos y obstáculos identificados durante el desarrollo de este documento, se sugieren las siguientes recomendaciones para mejorar la implementación del ACV.

En primer lugar, una de las mayores brechas es el acceso a información pública y centralizada sobre los impactos ambientales, datos de consumos, aplicaciones, estrategias de sostenibilidad y otra información relevante de las edificaciones en la ciudad. Actualmente, la falta de datos recientes e históricos accesibles limita la posibilidad de profundizar más, realizar otros tipos de análisis, lo que ayudará a la toma de decisiones informadas. Incentivar a los actores involucrados en el sector de la construcción sostenible a tener transparencia y acceso público a este tipo de información no sensible, permitiría un mayor entendimiento de cada etapa y esto, además de apoyar a las empresas del sector, favorecería la investigación y el análisis por parte de la academia, mejorando la planificación y diseño de futuras construcciones sostenibles.

En segundo lugar, se propone un fortalecimiento de la normatividad existente en torno a la sostenibilidad en el sector de la construcción. Sería valioso desarrollar propuestas que promuevan la inclusión del ACV como un requisito normativo para determinados tipos de proyectos, tanto públicos como privados. Las iniciativas actuales podrían acelerar y establecer incentivos relacionados a la parte de materiales y a sus productores o fabricantes, así como mayor exigencia al uso de ACV. Esto daría una mayor visual de los impactos ambientales de cada material para que los diseñadores y constructores tengan la posibilidad de tomar decisiones

informadas y así elegir los que menor impacto ambiental tengan, fomentando desde el inicio del proyecto prácticas más sostenibles. Es así como la investigación académica podría enfocarse en identificar mejoras a las políticas actuales, orientadas a facilitar la adopción de esta herramienta por parte de las empresas constructoras, acompañadas de incentivos económicos que fomenten prácticas sostenibles. Este fortalecimiento normativo también podría venir de la mano de certificaciones más estrictas, como la implementación generalizada de estándares internacionales que garanticen la sostenibilidad de los proyectos.

Lo anterior sumado a colaboraciones público-privadas, en donde se planteen varias características como las reglas de categoría de producto (PCR, por sus siglas en inglés) más cercanas a nuestro territorio y bases de datos e información nacional, permitirá que a través de herramientas como el ACV, el mercado de la construcción sostenible siga creciendo y traiga consigo mayor competitividad.

Finalmente, se recomienda la implementación de un sistema de evaluación y monitoreo continuo de las políticas públicas orientadas a la sostenibilidad. A medida que las normativas se adopten, es esencial contar con mecanismos que midan de manera efectiva el impacto real de estas regulaciones, con el fin de ajustar y mejorar las políticas en función de los resultados obtenidos. Este tipo de seguimiento podría ser impulsado desde las universidades, promoviendo estudios que evalúen el cumplimiento y efectividad de las normativas relacionadas con el ACV, asegurando que las metas de sostenibilidad y competitividad en el sector construcción se cumplan.

Referencias Bibliográficas

- Aislamiento y Sostenibilidad. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida en la Edificación Sostenible*. <https://aislamientoysostenibilidad.es/analisis-ciclo-de-vida-en-la-edificacion-sostenible/>
- Aranda Usón, J. A., Aranda Usón, A., Zabalza Bribián, I., & Martínez Gracia, A. (2006). *El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. Google Books https://books.google.com.ec/books?id=QHUCoDKAaQsC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- ASHRAE. (2007). *ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 Supplement*. Ashrae https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/90_1_2007_supplement.pdf
- Camacol. (2023). *Sesión 3_Consejo Colombiano CS -Angelica ospina*. Camacol https://camacol.co/sites/default/files/Sesion%203_Consejo%20Colombiano%20CS%20-Angelica%20ospina.pdf
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2023). *Incluir requerimientos desde la política pública para que los fabricantes de materiales desarrollen Análisis de ciclo de vida - ACV de sus productos y materiales* (p. 1-4). CCCS <https://docs.cccs.org.co/A.i.2.pdf>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2023). *Hoja de ruta nacional de edificaciones neto cero carbono* (p. 15). CCCS <https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/05/hoja-de-ruta-nacional-de-edificaciones-neto-cero-carbono.pdf>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2023). *Hoja de ruta para la sostenibilidad de materiales de construcción* (p. 8). CCCS <https://www.cccs.org.co/wp/wp->

content/uploads/2023/05/hoja-de-ruta-de-sostenibilidad-para-materiales-de-construccion.pdf

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2023). *Hoja de ruta para la sostenibilidad de materiales de construcción* (p. 12). CCCS https://www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2023/03/Hoja_de_Ruta_ENCC_compressed.pdf

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2024). *Anexo 2. Plantilla caso estudio_CTIC* (p. 2-11). CCCS www.cccs.org.co/wp/wp-content/uploads/2024/04/Anexo-2.-Plantilla-caso-estudio_CTIC.pdf

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). *Quiénes Somos*. CCCS <https://www.cccs.org.co/wp/quienes-somos/>

Comisión Europea. (2024). *Operational Guidance for performing Life Cycle Assessment Studies of the Energy efficient Buildings Initiative (Reporting)*. Cordis <https://cordis.europa.eu/project/id/285490/reporting>

DANE. (2019). Información general – Bogotá. Población total. *Personas efectivamente censadas*. Dane <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>

European Commission. (2020, February 17). *In focus: Energy efficiency in buildings*. EC https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_es

Google (2024). *Mapa del CTIC en Bogotá* [Imagen]. <https://earth.google.com>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). *Anexos del estudio nacional del agua 2018*. IDEAM <https://www.ideam.gov.co/web/agua/anexos-estudio-nacional-del-agua-2018>

ISMD. (s.f.). *Referencial CASA Colombia*. ISMD <https://www.ismd.com.co/referencial-casa-colombia/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Colombia hacia la COP 21*.

MinAmbiente <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/convencion-marco-de-naciones-unidas-para-el-cambio-climatico-cmnucc/colombia-hacia-la-cop-21-cop-22>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Estado de la construcción sostenible en*

Colombia (p. 20). MinAmbiente <https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/estado-de-la-construccion-sostenible-digital-minambiente.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Estado de la construcción sostenible en*

Colombia (p. 25). MinAmbiente <https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/estado-de-la-construccion-sostenible-digital-minambiente.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Construcción Sostenible*.

MinAmbiente <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Construcción Sostenible*. MinAmbiente

<https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *Crecimiento verde: una oportunidad para el desarrollo*

sostenible en Colombia. Ambiente Bogotá <https://www.ambientebogota.gov.co/wp/wp-content/uploads/2023/02/31.-Publicacion-crecimiento-verde-2021-ajustado.pdf>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Bogotá*

D.C. 2021 (p. 12). Ambiente

Bogotá <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/3031797/INGEI+2021.pdf/df90e5f3-6b7c-4f8c-9e59-5d2bad2fac36>

Secretaría Distrital de Planeación. (s.f.). *Indicadores PPECS*. SDP

<https://www.sdp.gov.co/micrositios/ppecs/indicadores>

Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.). *Manual de Ecourbanismo y Construcción Sostenible* (p.

18). SDP https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/manual_ecourb_const.pdf

SIMGEA. (s.f.). *Beneficios de la certificación CASA Colombia*.

SIMGEA <https://simgea.com/beneficios-de-la-certificacion-casa-colombia/>

Sistema de Certificación CASA Colombia. (s.f.). *Proyectos CASA*. CCCS

<https://casa.ccs.org.co/proyectos-casa/#close>

Sistema de Certificación CASA Colombia. (s.f.). *Sistema de Certificación CASA Colombia*.

CCCS <https://casa.ccs.org.co/>

UNE. (s.f.). UNE-EN 15804:2012+A2:2019 *Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de*

construcción. UNE <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049397>

United Nations. (2015). *Acuerdo de París*. UNFCCC

https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Universidad Europea. (2023). *¿Qué es la competitividad empresarial?* Blog

UE [https://universidadeuropea.com/blog/competitividad-empresarial/\[1\]](https://universidadeuropea.com/blog/competitividad-empresarial/[1])

World Green Building Council. (s.f.). *The Commitment*. World GBC

<https://worldgbc.org/thecommitment/>

World Resources Institute. (2022). *Lanza Colombia hoja de ruta para descarbonizar*

edificaciones. World Resources Institute <https://es.wri.org/insights/lanza-colombia-hoja-de-ruta-para-descarbonizar-edificaciones>

WWF Colombia. (s.f.). *Glosario ambiental: ¿Sabes qué se pactó en el Acuerdo de París?* WWF Colombia <https://www.wwf.org.co/?334976/Glosario-ambiental--Sabes-que-se-pacto-en-el-Acuerdo-de-Paris>

Apéndices

Apéndice A

Stakeholders del proyecto CTIC

A continuación, se presentan los stakeholders del proyecto CTIC (Edificación presentada como caso de estudio) desde el diseño hasta la construcción:

Propietario: [Fundación CTIC](#)

Diseñador Arquitectónico: [De la Hoz Arquitectura](#) / [Construcciones Planificadas](#)

Construcción: [Construcciones Planificadas S.A](#)

Asesor LEED: [Green Loop Commissioning](#): Green Loop

Modelador Energético: [Green Loop](#)

Diseñador HVAC: [HVAC Consulting](#)

Diseñador Iluminación: [Carmenza Henao](#)

Diseñador Eléctrico: [WSP](#)

Diseñador Hidrosanitario: [Plinco](#)

Diseñador Estructural: [Aycardi Estructural](#), Roberto Aycardi y Luis Enrique Aycardi

Diseñador Paisajístico: [Ramiro Olarte](#)

Algunos proveedores de materiales: [Cemex](#), [Calypso Proyectos](#), [MGM Ingeniería y Proyectos](#), [Peri Group](#), [ACR Latinoamérica](#), [Ectricol](#), [Lamp](#), [Ligths Future](#), [Astiglass](#), [Carvajal SA](#).