

**Aproximación Al Impacto Ambiental De Edificios Desde La ISO 14040**

Laura Ximena Tabares Celis  
Mery Alejandra Cortes Balaguera

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Arquitecto

Director (a):

Arquitecto José Alcides Ruiz Hernández

Codirector (a):

Arquitecto Mario German Martínez Caicedo

Línea de Investigación:

Hábitat Tecnología Y Construcción

Grupo de Investigación:

Objeto De Estudio: Hábitat. Formación Y Desarrollo Del Hábitat Humano

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Ciudad, Colombia

2014

## **Agradecimientos**

A Dios y nuestras familias, por brindarnos su apoyo cada día y lo mejor de sí para nuestra formación académica, moral y espiritual; y a todas las personas que colaboraron en la formación de este trabajo.

**Hoja De Aprobación**

---

Director (a):  
Arquitecto José Alcides Ruiz Hernández

---

Jurado 1:

---

Jurado 2:

### Resumen

La sostenibilidad urbana asumida desde el enfoque ecológico, permite un análisis objetivo de la ciudad física, en los procesos de materialización del entorno construido. Dicho análisis facilita calificar a una ciudad como ambientalmente sostenible, en función de su unidad básica (el edificio).

Al medir el impacto que el edificio tiene sobre el medio desde un análisis del ciclo de vida, es posible construir modelos de predictibilidad que nos arrojan indicadores para interpretar del comportamiento real de la ciudad sostenible. Los modelos actuales de evaluación ambiental como LEED, CASBEE, GBTOOL o BREEM, miden la energía y los materiales en la etapa de uso del edificio, desconociendo la interrelación entre proceso constructivo y medio ambiente.

Desde esta perspectiva, la propuesta investigativa se enmarca desde 4 niveles básicos de análisis organizados de lo general a lo particular, y abarcan: la ciudad, la sostenibilidad urbana, la edificación y el proceso constructivo, con el fin de comprender la relación directa entre el proceso De materialización física de ciudad y sostenibilidad ambiental urbana.

Una vez realizado este análisis, se propone implementar un modelo de medición para edificios, basado en la cuantificación del impacto ambiental, y que parte, del concepto de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), (NTC - ISO 14040) lo cual nos arroja como resultado indicadores de tipo

cuantitativo que nos muestran en tiempo real, el peso que la edificación imprime sobre el ecosistema soporte. Una vez identificado el peso de una edificación, es posible repetir el proceso en otros edificios ubicados estratégicamente en la ciudad, para interpolar la información obtenida y, de esta manera, tener un panorama del peso que la ciudad construida imprime sobre el ecosistema. Esta información nos facilita la calificación de ciudad sostenible en tiempo real.

**Palabras claves:**

Análisis del Ciclo de Vida, Ciudad sostenible, Modelos de Evaluación ambiental, Sostenibilidad urbana.

### Abstract

Urban sustainability taken from the ecological approach allows an objective analysis of the physical city , in the process of realization of the built environment. This analysis facilitates qualify a city as environmentally sustainable, based on its basic unit (the building).

When measuring the impact the building has on the environment from a life cycle analysis, it is possible to construct models that throw us predictability indicators to interpret the actual behavior of the sustainable city. Current models of environmental assessment as LEED, CASBEE, GBTool or BREAM, measure the energy and materials use stage of the building, ignoring the relationship between the construction process and environment. From this perspective,

The research proposal falls from 4 basic levels of analysis organized from the general to the particular, and include: city, urban sustainability, building and construction process in order to understand the direct relationship between from physical materialization process of city and urban environmental sustainability.

After this analysis , we propose to implement a measurement model for buildings, based on the quantification of the environmental impact , and that part of the concept of Life Cycle Analysis (LCA ) , (NTC - ISO 14040 ) which throws us as a result of quantitative indicators that show in real time, building the weight printed on the carrier ecosystem. Having identified the weight of a building, you can repeat the process in other buildings strategically located in the city, to

interpolate the information obtained in this way, have a panorama of the city built weight printed on the ecosystem. This information facilitates the rating of sustainable city in real time.

**Keywords:**

Life Cycle Assessment, Sustainable City, Models of Environmental Assessment, Urban Sustainability.

**Tabla de contenido**

*Resumen* .....4

*Abstract* .....6

**Lista de figuras** .....11

**Lista de diagramas** .....12

**Lista de tablas** .....13

**Introducción**.....14

**Antecedentes** .....16

Herramientas para la evaluación del proyecto. .... 17

**Formulación del problema** .....20

**Justificación** .....22

**Hipótesis** .....26

**Objetivos** .....27

General..... 27

Específicos. .... 27

**Marcos referenciales** .....28

Marco de antecedentes ..... 28

    Análisis del ciclo de vida..... 28

    Evaluación de impacto ambiental (EIA) ..... 30

Marco legal ..... 33

Marco conceptual ..... 34

Marco teórico ..... 34

    Teoría del desarrollo sustentable ..... 34

**Metodología** .....38



<b>Capítulo 1.....</b>	<b>42</b>
<b>Edificación sostenible.....</b>	<b>43</b>
Sistemas constructivos .....	49
Sistemas subterráneos.....	51
Sistema de grandes masas.....	51
Sistema de viga columna (aporticado).....	52
Sistema de arco bóveda.....	52
Sistema de nodo línea de fuerza.....	53
Sistema de nuevas tecnologías.....	54
El proceso constructivo.....	55
Las actividades.....	56
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>57</b>
<b>Procesos y ciclo de vida.....</b>	<b>58</b>
Evaluación ambiental.....	66
Elaboración de un estudio de impacto ambiental .....	68
Ejemplo de aplicación de las herramientas de evaluación .....	72
Resultados con GBTOOL.....	74
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>78</b>
<b>Desarrollo de la herramienta de evaluación de impacto ambiental .....</b>	<b>79</b>
Estructura metodológica para el análisis de ciclo de vida .....	79
El análisis ambiental del ciclo de vida .....	81
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>87</b>
<b>Indicadores ambientales .....</b>	<b>88</b>
Concepto y definición.....	90
<b>Funciones y requisitos de los indicadores .....</b>	<b>93</b>
Características de un indicador.....	95
Ventajas del uso de indicadores .....	95
<b>Sistema de indicadores ambientales en Colombia.....</b>	<b>96</b>
Indicadores urbanos locales (modelo Bogotá) .....	100
<b>Indicadores locales con incidencia directa en el proceso edificatorio en Bogotá .....</b>	<b>101</b>
Los ecoindicadores.....	105
<b>Descripción de ecoindicadores a utilizar .....</b>	<b>107</b>

Clasificación de valores .....	107
Producción de materiales.....	108
Procesos de tratamiento.....	108
Transporte.....	109
Energía.....	109
Procesado de residuos y reciclado .....	110
<b>Aplicación de los ecoindicadores.....</b>	<b>111</b>
<b>Ecoindicadores locales .....</b>	<b>113</b>
<b>Desarrollo de una metodología de análisis ambiental para edificaciones.....</b>	<b>115</b>
<b>Evaluación ambiental en los edificios.....</b>	<b>115</b>
Referencia normativa.....	116
Objetivo.....	118
Alcance.....	118
Categorías de impacto consideradas.....	123
Requisitos de los datos.....	124
<b>Metodología para evaluación impacto .....</b>	<b>126</b>
Recolección de datos.....	128
Productos, coproductos y residuos.....	128
Calculo de impacto.....	129
Tipo de informe.....	131
<b>Diseño de instrumento de evaluación .....</b>	<b>131</b>
Condiciones ambientales base.....	131
Impactos del proyecto urbano.....	132
Impactos potenciales.....	133
<b>Comparación sistémica de cada proceso.....</b>	<b>135</b>
Definición de medidas preventivas.....	135
<b>Instrumento de evaluación.....</b>	<b>137</b>
<b>Descripción de la herramienta .....</b>	<b>138</b>
<b>Análisis .....</b>	<b>147</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>152</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>158</b>

**Lista de figuras**

Figura 1: Sección casa Kaufmann Frank Lloyd Wright.....47

Figura 2: El ciclo de vida Comercial de los productos. ....85

Figura 3: El ciclo de vida ambiental del producto. ....86

Figura 4: Pirámide De Información. ....92

Figura 5: Procedimiento General Del Calculo De Los Ecoindicadores..... 110

Figura 6: Descripción del sistema durante la etapa constructiva. .... 126

**Lista de diagramas**

Diagrama 1: Proceso ciclo de vida de un elemento.....69

Diagrama 2: Modelo De Indicadores Ambientales ..... 102

Diagrama 3: Posibles Interrelaciones Del Sistema SPA (Sistema-Proceso-Actividad .... 125

Diagrama 4: Control de procesos ambientalmente aceptables ..... 140

**Lista de tablas**

Tabla 1: Resultados herramienta GB-tool..... 80

Tabla 2: Procedimiento General Del Cálculo de Los Eco-indicadores..... 106

Tabla 3: Sistema SPA (Sistema-Proceso-Actividad)..... 124

Tabla 4: Matriz equivalencias en milipuntos para niveles de impactos negativo ..... 130

Tabla 5: Inventario de actividades y procesos. .... 131

Tabla 6: Interpretación de grados de impacto ..... 134

Tabla 7: Matriz Aspecto/Impacto..... 137

Tabla 8: Información general de la primera interfaz..... 143

Tabla 9: Descripción del proceso constructivo de la primera interfaz ..... 144

Tabla 10: Análisis tendencia de impacto de la primera interfaz ..... 145

Tabla 11: Entradas de la segunda interfaz..... 146

Tabla 12: Procesos de la tercera interfaz..... 147

Tabla 13: Salidas de la cuarta interfaz. .... 148

Tabla 14: Residuos de la cuarta interfaz. .... 149

Tabla 15: Transporte de la cuarta interfaz. .... 150

Tabla 16: Resumen de Resultados ponderados ..... 153

Tabla 17: Transporte de la cuarta interfaz. .... 155

## Introducción

En la siguiente investigación se desarrollara una Propuesta De Un Sistema De Información Del Impacto Ambiental En La Ciudad Construida Desde El Concepto De Análisis Del Ciclo De Vida: estudio de caso barrio Caracas.

Se parte de lo que se entiende como ciclo de vida y los modelos para su medición y cuantificación, en este caso se tendrá en cuenta toda la parte de como una edificación interviene en un ecosistema puntual y único, como estudio de caso general se tiene la ciudad de Bogotá.

El Análisis Del Ciclo De Vida (ACV) es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

Para comenzar se intervendrá el barrio caracas, ubicado en la zona oriental de Bogotá, este barrio fue escogido, ya que su conformación morfológica corresponde a una consolidación de cien por ciento del espacio, principalmente por su afectaron a el ecosistema del rio Fucha en la cuenca alta.

Se hará todo el análisis urbano ambiental del lugar, cuantificando y documentando cada edificación y analizándola de manera tal que nos arrojen cantidades para poder medir posteriormente con los sistemas de medición establecidos, lo que se busca es desarrollar el método de medición en Bogotá y estandarizarlo para que demuestre y de parte a resultados evidentes y reales los cuales serán empleados como método de planificación posteriores en Bogotá.

### Antecedentes

Los métodos de evaluación se estructuran en tres grandes grupos: Aquellos basados en la valoración de actuaciones, establecidas en créditos a los que se asocia un número de puntos en función de la importancia en los impactos asociados al crédito. En este grupo se encuentran los modelos LEED (USGBC) y BREEAM (BRE-GB). El método de evaluación de CASBEE (Japón) se basa en el concepto de ecoeficiencia, definido como “valor de productos y servicios por unidad de cargas medioambientales”.

La Eficiencia Medioambiental del Edificio que usa CASBEE como indicador se define como una relación entre las categorías de “Rendimiento y Calidad Medioambiental del Edificio” y las “Cargas Medioambientales asociadas”.

La plataforma de investigación GBC ha desarrollado la herramienta GBTOOL, que permitió que muchos grupos nacionales particularizaran la herramienta a las condiciones nacionales. GBTOOL utiliza una estructura jerárquica de árbol constituida por áreas, categorías y criterios. España ha tenido una larga historia de participación en GBC, y eso se refleja en los condicionantes que la GBTOOL ha tenido en el desarrollo de la herramienta de evaluación española VERDE. En la última Conferencia Mundial Sustainable Building 2008 (SB08), celebrada en Melbourne (Australia), fue presentada una nueva propuesta basada en la evaluación de impactos y en los últimos proyectos normativos en desarrollo, tanto en ámbitos internacionales mundiales (ISO/TC 59/SC 17 Sustainability in building construction), como a nivel europeo



(CEN/TC 350 Sustainability of construction work). La herramienta de evaluación VERDE recoge los planteamientos de dichas propuestas normativas y evalúa la reducción de los impactos del edificio y su emplazamiento por la implementación de medidas, tanto en estrategias de diseño como en factores de rendimiento, agrupadas en una lista de criterios.

El procedimiento utiliza un método prestacional similar al método de evaluación energética de edificios. Generalmente las metodologías de ponderación de pesos están basadas en un proceso de consenso entre expertos. Con la nueva orientación de la herramienta VERDE se ha intentado reducir el grado de subjetividad, introduciendo un sistema de valoración de la reducción de impactos con los sistemas de cálculo actuales. A cada criterio se le asocia un peso por cada uno de los impactos asociados, que refleja la extensión, la duración y la intensidad para realizar una evaluación relativa. Para la evaluación de los impactos absolutos, el peso dado a las categorías de impacto está basado en la política medioambiental española y en los datos relativos a los indicadores de sostenibilidad, como se refleja en el informe del Observatorio de Sostenibilidad Español.

### **Herramientas para la evaluación del proyecto.**

Las herramientas para la evaluación del proyecto pueden ser manuales o informáticas. Algunas se asocian con decisiones estratégicas tempranas, otras prevén el rendimiento de propuestas detalladas. En muchos casos, herramientas simples o de nivel intermedio pueden

proporcionar el análisis requerido. Muchas de ellas son gratuitas o tienen un coste mínimo. Para utilizar las herramientas más complejas puede necesitarse personal con una formación específica, familiarizado con la realización de estudios de simulación.

Una empresa pequeña que no cuente con ese tipo de personal puede contratarlo a asesores especializados. Los aspectos medioambientales están interrelacionados, es decir, unos pueden afectar directa o indirectamente a otros y al rendimiento global.

El objetivo es lograr un equilibrio óptimo. Ninguna herramienta de evaluación puede hacerlo de forma automática, porque la mayoría responden a cuestiones concretas. La evaluación forma parte de un proceso iterativo, que requiere experiencia en el proyecto y las herramientas adecuadas. Por ejemplo, para conocer el rendimiento de distintos tipos de muros, el arquitecto debe seleccionar los materiales y las dimensiones y, obtener las características termo físicas de cada alternativa. Debe introducir los datos de cada tipo de construcción y calcular los resultados.

Es entonces cuando puede comparar los datos y seleccionar la mejor opción. Si la herramienta contiene una base de datos de materiales o construcciones similares a los que se comparan, será necesario introducir menor cantidad de datos. El formato de los datos de salida varía considerablemente. Las herramientas más sencillas suelen proporcionar solo un esquema de los datos, que funcionan como indicadores para el proyecto y que pueden ser muy valiosos desde el punto de vista estratégico. La variedad de datos aumenta con la complejidad del sistema.

Normalmente, las herramientas de análisis energético proporcionan los datos en términos de requisitos energéticos o perdidos o ganancias de calor por unidad de superficie.

Las herramientas más sofisticadas permiten que el usuario diseñe el formato de los datos a su medida, y proporcionan una variedad de datos que se pueden seleccionar (como temperaturas, índices de confort y niveles de luz).” Indicadores e índices los descriptores urbanos son parámetros o variables que reflejan cuantitativamente una determinada realidad urbana sea física, económica o social. Sus valores permiten “describir” la realidad en estudio, pudiéndolo hacer bajo ciertos criterios intencionales, por ejemplo: representación gráfica de las aceras de más de 2 metros de ancho. Estos parámetros son muy adecuados para establecer estándares urbanos que permitan luego dibujar el perfil de calidad urbana de una determinada ciudad.

### Formulación del problema

Los sistemas de información, permiten el análisis ambiental del hábitat físico, desde los procesos de materialización del entorno construido. Dicho análisis facilita calificar a un ciudad como ambientalmente sostenible, en función de su unidad básica (el edificio).

Al medir el impacto negativo que el edificio tiene sobre el medio, es posible construir modelos y herramientas para interpretar el comportamiento de la ciudad construida desde la perspectiva ambiental. Algunos modelos de evaluación como LEED, CASBEE, GBTOOL o BREAM, se aproximan a la valoración de lo construido, desde el análisis del consumo energético. Sin embargo, al considerar que el esquema básico de los sistemas, define el análisis ambiental desde el estudio de los materiales, la energía y los procesos involucrados, una evaluación ambiental aplicada a lo construido, considera estos tres aspectos clave como parámetros básicos que describen un modelo diagnóstico de impacto ambiental a cualquier escala.

La actual evaluación ambiental aplicada a las edificaciones, obedece a una metodología que en rigor persigue el eco-etiquetado del edificio, el que en esencia, no es otra cosa que una caracterización de “lo ecológico” desde parámetros de eficiencia energética. Esto se debe principalmente, a que los métodos de evaluación se desarrollan en países que requieren refrigerar y calentar las edificaciones por acción de los cambios climáticos periódicos a través del año. Sin embargo sigue sin ser muy claro el papel que juega la edificación en el concepto de sostenibilidad

ambiental más aun, cuando esta se basa en sistemas de indicadores cuantitativos. Así mismo, desde el concepto de ciudad sostenible, no es precisa la relación que tiene el edificio sostenible con el entorno, en tanto gran parte de los estudios ambientales actuales, no son capaces de articular por si mismos al ecosistema, la ciudad y el edificio, como un conjunto interrelacionado e interdependiente.

En este sentido, para entender la relación entre edificio, ciudad y ecosistema, es necesario comprender lo urbano como un sistema con sus propias dinámicas (tal como lo define la ecología urbana), y cuyo componente básico es la edificación. Una vez comprendida esta correspondencia, es posible entender la relación directa que el edificio y ciudad juegan en la definición de sustentabilidad ambiental urbana.

Desde esta perspectiva vale la pena preguntarse: ¿Cómo medir el impacto ambiental de lo construido a partir de la norma NTC-ISO 14040, en el caso de estudio: Barrio Caracas?

### Justificación

Desde la reunión mundial sobre el medio ambiente celebrado en Vancouver en 1976, se manifiestan las preocupaciones institucionales por la sostenibilidad territorial y local, las cuales, se reflejarían en la declaración de Curitiba en 1992, en la carta de Aalborg en 1994 y la declaración de Hanover en 2000. Los principios consagrados en estos documentos, tienen en común la preocupación por una visión holística y multidisciplinaria del urbanismo, para definir la ciudad sostenible del futuro dese modelos sistémicos a pequeña escala, que configuren toda una red de información ambiental en tiempo real, para la toma de decisiones a corto plazo, en lo referente al desarrollo urbano.

Desde el año 2000, el número de métodos para la evaluación medioambiental de edificios en el mundo se ha multiplicado considerablemente. BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) fue el primer sistema (aparecido en 1990) que ofreció un método de etiquetado de edificios aunque LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es el de mayor implementación en el mercado de grandes edificios. Actualmente existe un gran número de modelos, muchos de ellos, basados en la metodología desarrollada por el grupo GBC (Green Building Challenge), actualmente IISBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment).

Por tal motivo, desde hace una década, las investigaciones sobre sostenibilidad ambiental, están enmarcadas desde el estudio de la ecología urbana, es decir, desde el modelo de

interrelación ser humano y entorno construido, el que a su vez, constituye el hábitat contemporáneo, si tenemos en cuenta que la población mundial hoy, se define eminentemente urbana.

Teniendo en cuenta estos aspectos, es crucial comprender la problemática ambiental desde la complejidad sistémica. En este sentido y, dado que existen alrededor del mundo métodos de desempeño ambiental aplicados a la edificación, la pregunta metodológica evidente hace pensar en el alcance e implicación de esas valoraciones con respecto a lo urbano, es decir, en la manera como se articulan desde las pequeñas escalas, al universo del problema ambiental urbano.

En este sentido, la ciudad sostenible no solo obedece a estrategias de ordenamiento, sino a estructuras más sólidas basadas en análisis de datos ambientales que permiten la toma de decisiones desde indicadores cuantitativos. El análisis ambiental de lo urbano, se configura actualmente como un sistema de información desarticulado del comportamiento del hábitat construido, lo cual obliga a repensar los modelos de desarrollo urbano. Paralelamente, la articulación de los factores ambientales con estos modelos, permite crear un panorama en tiempo real de la ciudad para, de esta manera, ser catalogada o no como “sostenible”.

Ahora bien, si consideramos al hábitat como un macrosistema, es posible comprender la relevancia del estudio ambiental urbano, siendo que “lo urbanizado” es el soporte de la sociedad contemporánea. La problemática ambiental asociada al desarrollo sostenible, ha permitido entender en los últimos 25 años, que el estudio del entorno no puede abordarse desde lo

sistemático. De igual manera, si bien los análisis de tipo cualitativo arrojan información que permite la descripción de los factores ambientales, en la actualidad se hace necesario articular dicha información con sistemas cuantitativos para crear modelos sistémicos bajo múltiples variables.

En el contexto global, la investigación en torno a lo ambiental es uno de los lineamientos claves para el desarrollo de un país, motivo por el cual los trabajos académicos y gubernamentales han conformado una red de información con datos descriptivos del problema ambiental.

Las instancias gubernamentales y privadas, así como las principales instituciones académicas alrededor del mundo, apoyan hoy proyectos de investigación enmarcados desde el desarrollo sostenible y el medio ambiente, en tanto se ha comprendido el potencial de estos estudios para el desarrollo de un Estado. Es así como las 10 mejores instituciones universitarias a nivel mundial, tienen dentro de sus planes de estudio e institutos de investigación, proyectos directamente relacionados con el medio ambiente, la ciudad y la industria. Así por ejemplo, a Universidad de Cambridge en el Reino Unido, le apunta al análisis ambiental cualitativo del entorno, bajo una postura conservacionista. La UCL del mismo país, se ha preocupado por el análisis cuantitativo desde parámetros ecologistas. La universidad de Chicago en EEUU, aborda por su parte el estudio ambiental desde lo ambientalista.

En nuestro contexto, el estudio ambiental se aborda desde el enfoque ambientalista, y el análisis cualitativo, es decir, desde la generación de políticas públicas basadas en análisis



estadísticos, pero bajo la característica de la desfragmentación sectorial y la sistematización, lo cual conlleva a una no muy precisa aproximación de la realidad ambiental del país y el impacto de las áreas urbanas en el ecosistema, dado que, desde 1996 y bajo los lineamientos de la constitución del 91 y las políticas neoliberales, el estudio ambiental se enfoca en el desarrollo de indicadores que cuantifican los recursos en el territorio, como cifras a considerar exclusivamente en la economía del país, haciéndose necesario el abordaje sistémico del problema ambiental bajo los parámetros del desarrollo sostenible. Para lograr esa meta, es importante crear sistemas de información ambiental que, en tiempo real y, con información cuantitativa, nos permita realizar interpretaciones precisas de lo cualitativo alcanzando de esta manera un nivel de análisis global en el contexto ambiental rural y urbano dentro del territorio.

Hasta la actualidad, no existen en el país estudios localizados que permitan entender el problema de la ciudad sostenible. Las instituciones universitarias nacionales están enfocadas en análisis de tipo cualitativo, y dado que nuestro contexto legal se enmarca desde lo cuantitativo, los estudios ambientales llevados a la práctica carecen de validez normativa. En este sentido, y en consecuencia con los lineamientos políticos concernientes a medio ambiente, la academia debe centrarse en el análisis de tipo cuantitativo, dejando en evidencia explícita la manera cómo este tipo de información puede utilizarse para crear políticas públicas acordes al carácter ambientalista del país. De igual forma, y, dado que son aun incipientes en el país, los estudios urbanos desde lo sostenible, el desarrollo y puesta en marcha de este proyecto propicia para la institución una visibilidad académica que propicia, la cooperación interinstitucional a nivel internacional.

### Hipótesis

Al realizar una evaluación de impacto ambiental basada en el análisis del ciclo de vida (ACV) aplicado al edificación, se obtiene información de tipo cuantitativa que describe el impacto negativo de un edificio en el ecosistema.

Este proceso es susceptible a replicarse a escala urbana, pudiendo de esta manera crear un sistema de información de lo construido, que describe el impacto negativo de la ciudad en su sistema soporte y define un sistema de información que puede emplearse como directriz para el desarrollo y la planificación urbana.

## Objetivos

### **General.**

Proponer un modelo de evaluación de impacto ambiental para edificios, basado en la NTC-ISO 14040, caso de estudio: Barrio Caracas, Bogotá D.C.

### **Específicos.**

1. Describir los métodos de evaluación de impacto ambiental más representativos aplicados a edificios (LEED, CASBE, GBTOOL, BREAM), para entender la metodología de evaluación de cada método y tener una mayor aproximación técnica y teórica.
2. Comparar la forma de valoración de impacto ambiental en las metodologías LEED, CASBE, GBTOOL, BREAM, para conocer cuál es el alcance real que tiene cada método en el momento de evaluar el edificio.
3. Argumentar como los métodos de valoración ambiental pueden mejorarse mediante la incorporación del Análisis del Ciclo de Vida para obtener resultados más reales del impacto ambiental.
4. Analizar el Ciclo de Vida del edificio desde la NTC-ISO 14040

## Marcos referenciales

### Marco de antecedentes

#### Análisis del ciclo de vida.

Para la industria es fundamental conocer y desarrollar políticas ambientales que le permitan enfrentar los costos y disminuir los riesgos que sus procesos y productos le puedan causar al medio ambiente, y a su vez aprovechar oportunidades y ventajas competitivas, para su organización, generadas por el creciente interés hacia un mejor ambiente. La base para identificar las direcciones hacia este mejoramiento, una producción más limpia o un producto más ambientalmente aceptable, es el diagnóstico del perfil ambiental de la empresa, sus productos y/o procesos.

La información sobre impactos ambientales no es siempre fácil de entender e interpretar porque su origen está relacionado con diferentes disciplinas. Además los diferentes problemas ambientales tienen distintas interpretaciones subjetivas. No existe una unidad de medida del impacto ambiental con una interpretación estándar, como por ejemplo en la economía lo es el dinero. Para la definición de las estrategias de mejoramiento, la falta de uniformidad en la

interpretación de los problemas ambientales es una inquietud grave. “¿Cómo encontrar una solución a un problema que no es posible definir?”.

Los impactos ambientales de los productos y procesos, además de estar relacionados con varios problemas ambientales, también ocurren en diferentes fases de su ciclo de vida. Por ejemplo, una silla producida a partir de madera de un bosque primario tropical no tiene el mismo perfil ambiental que el de una silla fabricada a partir de madera proveniente de una plantación.

La información tradicionalmente disponible sobre impactos ambientales está relacionada con problemas ambientales aislados y no integrado con los productos y/o los procesos. En general los productos y procesos industriales poseen un alto impacto, por lo cual generan una gran variedad de problemas ambientales. Para la definición de estrategias preventivas es importante el uso de un enfoque integral, tomando en cuenta todos los problemas ambientales con el fin de obtener información sobre el origen de la problemática ambiental integral.

Al observar el ciclo de vida de un objeto (un producto industrial, un edificio etc.), los impactos en la fase de extracción de materia prima están relacionados con el origen del material. Materiales no-renovables tienen un impacto mayor a materiales renovables. Además, la energía necesaria en el proceso de extracción es un factor determinante en esta fase.

En la fase de producción, la efectividad y la cantidad de los insumos como la energía y el agua, al igual que los residuos de producción y emisiones son factores determinantes importantes en el impacto ambiental.

El medio de transporte, la distancia son determinantes del impacto ambiental durante la fase de distribución. Especialmente para productos que requieren energía y/o necesitan agua u otros aditivos para su funcionamiento, la fase del uso puede resultar como una de las fases prioritarias en el impacto ambiental.

El tratamiento en la última fase del ciclo de vida, la disposición final juega un papel importante respecto al impacto ambiental para los casos en los que la vida útil del producto es muy corta.

### **Evaluación de impacto ambiental (EIA)**

La evaluación del impacto ambiental surge en el fin de los años 60 en Estados Unidos con el nombre de “environmental impact assessment” (E.I.A.) – en algunos casos en lugar de “Assessment” se puede encontrar Analysis o Statement). El EIA introduce las primeras formas de control de las interacciones de las intervenciones humanas con el ambiente, mediante instrumentos y procedimientos (como el ACV), dirigidos a prever y evaluar las consecuencias de las intervenciones humanas sobre el ecosistema. Todo esto con la intención de reducir, mitigar, corregir y compensar los impactos.

En 1969 se da un paso adelante, en los Estados Unidos, con la aprobación del “National Environmental Policy Act” (N.E.P.A.). Esta normativa dispone la introducción del EIA, el refuerzo del “Environmental Protection Agency” (con un rol administrativo de control), y dispone la creación del “Council on Environmental Quality” (con un rol consultivo para la presidencia).

En 1979, se aprueba el “Regulations for implementing the Procedural Provisions of N.E.P.A.”, un reglamento que vuelve obligatorio el EIA para todos los proyectos públicos, o que estén financiados por fondos públicos. El estudio del impacto ambiental es ejecutado directamente por la autoridad competente en otorgar la respectiva licencia final, está prevista la emanación de dos actos separados: uno relativo a la evaluación de los impactos ambientales y el otro relativo a la autorización de ejecutar la obra.

En 1973 en Canadá surge la norma “Environmental Assessment Review Process”, una norma específica referida a la evaluación del impacto ambiental, siguiendo en líneas generales la normativa de los Estados Unidos. En el 1977 se introducen cambios en la normativa sin alterar su sustancia. La norma se aplica a proyectos públicos o a proyectos financiados con recursos públicos.

En 1976 en Francia se aprueba la ley n. 76-629 (del 10 de julio del 1976), relativa a la protección de la naturaleza. Esta ley introduce tres niveles diferentes de evaluación: Estudios

ambientales; noticias de impactos; y, estudios de impactos. Se inician las bases para el estudio de impactos ambientales en el ámbito europeo. En efecto en 1985 la Comunidad Europea emana la Directiva 337/85/CEE referida a evaluación del impacto ambiental en determinados proyectos públicos y privados. La primera aplicación de esta nueva normativa se da en Holanda, en 1986, aprobando una norma ampliada, con particular énfasis en las evaluaciones a ser efectuadas en fase de diseño. El elemento central de la norma holandesa es el análisis comparativo de las alternativas y evaluación de sus respectivos impactos, con la finalidad de determinar la mejor solución en términos ambientales.

En 1979 se comienza a considerar los impactos ambientales de los grandes embalses en Brasil, dirigidos principalmente a elaborar planes de mitigación, en la fase de llenado de los embalses. En América Latina el proceso de institucionalización de la EIA respondió inicialmente a satisfacer los requisitos exigidos para el otorgamiento de créditos por parte de los organismos multilaterales financieros. Así, este proceso latinoamericano priorizó el enfoque de la presentación de estudios o informes de impacto ambiental, antes que el procedimiento a través del cual mejorar el sistema de decisiones públicas. Colombia fue pionera en incorporar la EIA en su Código de Recursos Naturales (1973), y posteriormente seguida por otros países como México (1978), Brasil (1988), Venezuela (1992), Bolivia (1992), Paraguay (1993), Chile (1993), Honduras (1993) y Uruguay (1994).



### Marco legal

- ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental
- ISO 14024 Etiquetado y declaraciones ambientales
- ISO 14040 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida
- ISO 14040 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Marco de referencia
- ISO 14041. Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Definición de la finalidad y el campo y análisis de inventarios.
- ISO 14042 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- ISO 14043 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.
- ISO/TR 14047 Gestión ambiental - Evaluación del impacto del ciclo de vida
- ISO/TS 14048 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.
- ISO 15392 Sustainability in building construction -- General principles
- ISO 21929 Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for development of indicators for buildings
- ISO 21930 Sustainability in building construction -- Environmental declaration of building products

### Marco conceptual

- Sostenibilidad ambiental urbana.
- Ecología Urbana
- Ecurbanismo

### Marco teórico

#### Teoría del desarrollo sustentable

El Desarrollo Sustentable tiene sus orígenes en el año 1972, en la publicación del Informe al Club de Roma, los Límites del Crecimiento: Un Informe del Proyecto del Club de Roma, sobre el predicamento de la humanidad, el cual señalaba la existencia de límites físicos al crecimiento, debido al agotamiento previsible de los recursos naturales y a la incapacidad global de asimilación de los residuos del planeta.

Luego, este planteamiento es retomado casi 20 años después en el debate internacional y se realiza a través del Informe elaborado en 1987 por Gro Harlem Brundtland, Nuestro Futuro Común (conocido como Informe Brundtland), de allí surgió la Comisión Brundtland, la cual en sus deliberaciones, definió el Desarrollo Sustentable, como “aquel que provee las necesidades de

la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para solventar sus propias necesidades”. En virtud de ello, se deducen dos conceptos básicos: atención a necesidades y equidad transgeneracional. Es decir, que la generación actual no comprometa, ni maltrate el medio ambiente, como para impedir que las próximas generaciones puedan hacer lo mismo y que las futuras generaciones tengan la misma opción.

Según la Cumbre de la Tierra (1992), realizada en Río de Janeiro por 178 países, concordaron en un conjunto de principios, denominado Carta de la Tierra, los cuales habrían de ser respetados por los gobiernos y la población, y se adoptó un programa de acciones para promover la sustentabilidad, el cual se denominó Agenda 21, y de allí se creó un mecanismo institucional dentro del Sistema de las Naciones Unidas, que fue la Comisión para el Desarrollo Sostenible, la cual se encarga de velar por el bienestar de la calidad de vida de las poblaciones a nivel mundial y de los ecosistemas, tratando de crear conciencia, para que no se destruya el medio ambiente a escala mundial, ya que ése es la base para un desarrollo sustentable.

En ese sentido, la Comisión para el Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas, señala que, “el Desarrollo Sustentable tiene como punto central la gente, en el sentido de que su principal objetivo, es el mejoramiento de la calidad de vida del hombre, y está fundamentada en la conservación, en virtud de estar condicionado por la necesidad de respetar la capacidad de la naturaleza para el suministro de recursos y servicios para el mantenimiento de la vida”. De igual manera, Reed, señala que el Desarrollo Sustentable abarca tres componentes básicos: económico,

social y ambiental, que constituyen sus fundamentos o pilares sobre los que descansa este desarrollo.

El Componente Económico de la Sustentabilidad, señala que las sociedades se encaminen por sendas de crecimiento económico, que generen un verdadero aumento del ingreso y no apliquen políticas a corto plazo que conduzcan al empobrecimiento a largo plazo.

El mismo autor señala, que requiere además, que las sociedades generen un flujo óptimo de ingresos a la vez que mantienen las existencias básicas de capital. En el contexto, el capital incluye el capital de fabricación humana, capital humano y el capital natural. La economía sostenible requiere de un enfoque diferenciado respecto al crecimiento, en el sentido, de que muchas áreas del mundo en desarrollo necesitan urgentemente aumentar su capacidad productiva y, al mismo tiempo, y con la misma urgencia, las sociedades industrializadas deben reducir su consumo de recursos naturales y dar a dichos recursos un uso más eficiente. La Sustentabilidad Económica, exige además, internalizar todos los costos, incluyendo los costos sociales y ambientales relacionados con la producción y disposición de los bienes.

Con relación a la dimensión social de un desarrollo sostenible, presupone que la equidad y una comprensión de la interdependencia de las comunidades humanas son requisitos básicos para una calidad de vida aceptable, que, es el principal objetivo del desarrollo. A fin de sostener una trayectoria del desarrollo durante un largo período (sostenible en el tiempo), las riquezas, recursos y oportunidades deben compartirse de manera tal, que todos los ciudadanos tengan

acceso a niveles mínimos de seguridad, derechos humanos y beneficios sociales, como alimentación, salud, educación, vivienda y oportunidades de autorrealización personal.

La Dimensión Ambiental de un Desarrollo Sostenible, se fundamenta en el mantenimiento de la integridad, y por lo tanto, de la productividad a largo plazo de los sistemas que mantienen la infraestructura ambiental, y por extensión, la vida en el planeta. La Sustentabilidad Ambiental, requiere el uso de los bienes ambientales de forma tal, que no disminuya la productividad de la naturaleza, ni la contribución general de los bienes y servicios ambientales al bienestar humano. Estos tres componentes del desarrollo sostenible, deben converger de forma tal, que generen un flujo estable de ingresos, aseguren la equidad social, alcancen niveles de población socialmente convenientes, mantengan las fuentes de capital de fabricación humana y de capital natural, y protejan los servicios del ambiente que imparten vida.

### Metodología

En la realización de esta investigación se utiliza un tipo de estudio cuantitativo, cuya principal característica es la utilización de indicadores numéricos apoyados en análisis estadísticos. Con el fin de proponer un modelo de evaluación de impacto ambiental para edificios, dado que por una parte, se requiere lograr un mayor nivel de precisión en lo concerniente a impacto ambiental de la edificación, y por otra parte, se propone la utilización de estos indicadores numéricos en una matriz basada en el Análisis Del Ciclo De Vida.

Sin embargo, el enfoque del estudio es evidentemente descriptivo ya que los estudios de impacto ambiental como procedimientos técnicos, identifican previene e interpretan los impacto de un proyecto en el entorno. Este tipo de estudios, muestra un panorama general de los impactos generados por la edificación, en tanto los modelos y métodos de evaluación están diseñados para ser aplicados e interpretados cuando el proyecto ha finalizado.

Existe sin embargo la posibilidad de estudiar impactos ambientales detalladamente, tal y como lo describe la ISO 14040, con el Análisis de Ciclo de Vida. Esta metodología de evaluación está diseñada para identificar el comportamiento ambiental de un proyecto en cada una de las etapas del proceso (que para el caso particular de este estudio es el proceso constructivo) y, en cada uno de sus componentes.

Revisados estos factores, la pregunta metodológica a resolver en este punto de la investigación se enfoca hacia ¿Cómo medir el impacto ambiental de lo construido? obteniendo un alto grado de exactitud.

Para ello, se realiza una exhaustiva exploración bibliográfica seguida de una comparación de los métodos más utilizados y completos a la fecha de evaluación de impacto ambiental, posteriormente, se recopila la información acerca del Análisis de Ciclo de Vida y la ISO 14040 con el fin de analizar y argumentar por qué se obtendrían datos con una aproximación más real si se involucra este Análisis de Ciclo de Vida a la valoración ambiental.

En este sentido, la investigación realizada explora la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida desde el diseño de una matriz, aplicada a un estudio de caso (Barrio Caracas), con el fin de precisar el impacto ambiental de las edificaciones en el ecosistema. De esta manera se obtiene información cuantitativa que permite identificar, prevenir e interpretar los impactos negativos generados.

Teniendo en cuenta lo anterior la metodología a desarrollar en esta investigación, se divide en las siguientes etapas:

**Etapas 1:** Exploración De Los Métodos De Evaluación De Impacto Ambiental.

Esta etapa consiste en recopilar información acerca de los métodos más utilizados en la evaluación del impacto ambiental en la época de los años 90's (LEED, CASBE, GBTOOL y BREAM), ya que esta época marca la preocupación mundial por el tema en discusión, con el fin de incluir y analizar los trabajos que preceden la presente investigación.

**Etapa 2:** Comparación De Los Métodos De Evaluación De Impacto Ambiental.

En esta parte del proceso, se realizará una comparación de los métodos analizados en la etapa anterior, basada en hallar las fortalezas y debilidades de cada método.

**Etapa 3:** Argumentar La Importancia De Involucrar El Análisis Del Ciclo De Vida En La Valoración Del Impacto Ambiental.

Una vez establecidos los conceptos de los métodos utilizados hasta la fecha para la evaluación del impacto ambiental, y teniendo claras las debilidades de cada uno de ellos, en esta etapa se analizará la importancia de involucrar el Análisis Del Ciclo De Vida en las valoraciones de impacto ambiental, con el fin de argumentar su implementación para obtener un mayor porcentaje de realidad en los resultados.

**Etapa 4:** Analizar El Ciclo De Vida Del Edificio Desde La ISO 14040.



En esta etapa, se realizara una exploración e interpretación acerca del Análisis Del Ciclo De Vida del edificio desde la ISO 14040, con el fin de determinar cuál es la etapa con mayor impacto ambiental en la vida de un edificio (Diseño, Construcción, Utilización y Destino Final).

**Etapas 5:** Proponer Un Modelo De Evaluación Para El Impacto Ambiental Basado En La ISO 14040.

En esta etapa se desarrollara una base de datos (Excel) que mide la tendencia del impacto ambiental, esta herramienta evidencia relación entre lo construido y el ecosistema.

# **Capítulo 1**

---

## **Edificación sostenible**

### Edificación sostenible

La edificación se define como cualquier estructura artificial que se utiliza para resguardar o albergar cualquier objeto, llámese mueble o en nuestro caso seres humanos. La NSR- 10 define a la edificación como: construcción cuyo uso principal es la habitación u ocupación por seres humanos.

Las edificaciones en particular responden a una serie diversa de formas que van desde su diseño único, hasta su funcionalidad comportándose de maneras diferentes en cuanto a sus materiales de construcción, el clima en donde se encuentran ubicadas, el terreno, los precios y todas las consideraciones de uso estético que se les dé. De igual forma se debe evidenciar desde un punto de vista estructural la edificación se puede clasificar según sus materiales y los diferentes sistemas constructivos:

- Edificios con estructuras portantes en acero.
- Edificios con estructura en concreto armado.
- Edificios en mampostería y estructura de concreto armado.
- Edificios en madera.

- Edificios de adobe.

La clasificación que se hace de la edificación en la NRC-10, ubica al edificio en 4 categorías de uso discriminadas por su nivel de importancia urbana:

***Grupo IV Edificaciones indispensables.***

Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alternativo. Este grupo debe incluir:

(a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias.

(b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión.

(c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia.

(d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos.

(e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público.

(f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

***Grupo III Edificaciones de atención a la comunidad.***

Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

(a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres.

(b) Garajes de vehículos de emergencia.

(c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias.

(d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza.

(e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional.

(f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

***Grupo II Estructuras de ocupación especial.***

Cubre las siguientes estructuras:

(a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón. (b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez.

(c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m<sup>2</sup> por piso.

(d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas. (e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas.

(f) Edificios gubernamentales.

***Grupo I Estructuras de ocupación normal.***

Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.”(NSR-10, 2010).

Por otra parte, y sin importar el tipo de edificación a la que se haga referencia, los componentes básicos que la definen se agrupan en grandes partes:

1. Infraestructura (Cimentación): distribuye las solicitaciones de la
2. Supra estructura (Cuerpo): corresponde al cuerpo estructural de la edificación y cumple aspectos estructurales y funcionales.
3. Cubierta: cumple funciones estructurales y funcionales.

**Sección casa Kaufmann Frank Lloyd Wright.**



[Figura 1.](#) Cada una de estas caracterizaciones hace alusión a una capa de la ciudad construida.

Dicha caracterización se hace para comprender a complejidad del sistema urbano. La infraestructura caracteriza a todo aquello que está por debajo del suelo. La estructura hace referencia a la ciudad edificada. La superestructura es todo aquello que puede analizarse desde el aire y que da una idea de la evolución urbana (las cubiertas), (Martínez, 2013).



### Sistemas constructivos

Por otra parte en los sistemas constructivos se tiene que desde el inicio de la arquitectura y la ingeniería se han tenido como base diversos materiales y sistemas de construcción, estos sistemas cuentan con materias primas que se extraen de su entornos naturales tales como las rocas, arcillas, arenas, metales y maderas, las cuales determinan un periodo arquitectónico específico.

En Colombia siendo este un país en vía de desarrollo, la parte de la construcción esta estrechamente relacionada con el sector primario de la economía, esto pasa en todos los países en vías de desarrollo o también llamado países del tercer mundo, son materiales que no sufren grandes cambios desde su extracción, es decir no tienen, en muchos casos un proceso industrializado que cambie sus especificaciones o características naturales, a menos que sea el caso que se necesite para el mejor desempeño del material.

En este caso y como forma general en países como Colombia, la extracción de estas materias primas, pocas veces reglamentadas y controladas, afectan al ecosistema de forma directa, sin medida, esto lo hace un punto de mayor consideración a la hora de hablar de un impacto ambiental medido.

La utilización de materias primas no ha cambiado mucho desde los inicio de la construcción, siguen siendo piedra arenas arcillas y metales manipulados de forma artesanal.

Posteriormente se han utilizado otras clases de materiales desde los años 40 o 50, materiales industrializados que le dan mayor firmeza a las estructuras construidas, como el concreto y el hormigón, estos materiales encontraron su cuna en Francia y luego se ha expandido a lo largo del mundo entero.

La era de la modernidad (principios del siglo XX) ha definido materiales constructivos entre cuyas características principales, se denota un alto grado tecnológico, agrupándose en términos generales de esta manera: Metales, Concretos, Maderas, Cerámicos, Polímeros, materiales de Alta tecnología (composites), Aeroespaciales y Nanomateriales.

En la arquitectura como cualquier otra disciplina no puede ser ajena a toda la parte de evolución científica en cuanto a materiales que se ven evidenciados en su concepto del modelo arquitectónico, sin embargo los sistemas constructivos se pueden clasificar según (Tendero 2006) de la siguiente forma:

### Sistemas subterráneos.

Este sistema no contempla en principio avances técnicos de algún tipo, en tanto hace referencia a aquellos habitáculos bajo la tierra como las cuevas o el simple abrigo bajo una escarpadura (Tendero, 2002). Las construcciones subterráneas propiamente dichas, definen un tipo de infraestructura que se implementa en primera medida para los sistemas ferroviarios, dando lugar a la aparición del Metropolitan Railway inaugurado en Londres hacia 1863, con una longitud de 6 kilómetros.

### Sistema de grandes masas.

En la historia de la arquitectura, durante el periodo megalítico se erigen grandes estructuras de carácter religioso, como el caso de Stonehenge, las grandes pirámides, entre otros muchos ejemplos. En la contemporaneidad, la conceptualización de estructuras monolíticas se realiza mediante la implementación de materiales y técnicas que permiten crear elementos de tipo monolítico. El concreto reforzado, en este caso, se ha elegido como el material que, por cuyas características, permite la construcción de grandes estructuras tipo monito como represas o edificios de gran altura. Otro ejemplo de este tipo de sistemas obedece a los muros de carga, los cuales constituyen sistemas monolíticos sobre los cuales se soporta el peso de una edificación.

### Sistema de viga columna (aporticado).

Este sistema hace referencia a una estructura que recogen los esfuerzos y las cargas de lo que sobre ellas se apoya, conociéndose también con los nombres de sistema aporticado o arquiteado (Tendero, 2002). En la actualidad este sistema, cuyo origen data de hace 10000 años en la historia conocida, se emplea como uno de los más generalizados para la construcción de edificios, en tanto permite un mayor aprovechamiento del espacio interior y alivia física y visualmente la edificación. Su implementación se populariza a partir de los 5 postulados de Le Corbusier en donde menciona el uso de pilotes como sistema que brinda una mejor disposición espacial y estructural. Al respecto podemos citar uno de sus postulados: “Aprovechando la acción conjunta de las losas de hormigón y los pilares metálicos, estos últimos tienen un consumo de suelo en la vivienda despreciable comparado con los muros de carga tradicionales o los pilares de ladrillo u hormigón. De esta forma, se mejora el aprovechamiento funcional y de superficies útiles, liberando a la planta de condicionantes estructurales” (Schmitt & Heene, 2009).

### Sistema de arco bóveda.

El sistema constructivo a base de arcos deriva del aporticado, en tanto se fundamenta en dos vigas dispuestas en diagonal que transmiten cargas oblicuas a las columnas o pilares. Por

supuesto esta estructura no define al arco propiamente dicho, pero si su principio estático. Un arco tal y como lo conocemos en la arquitectura romana antigua, es un elemento constructivo dispuesto en un plano vertical que desplaza las cargas que recibe superiormente, a base de una serie de piezas rígidas (dovelas) en forma de cuña, dispuestas de forma tal que cada una inmoviliza a la otra (TINEO, 1994). La sucesión continua de estas estructuras, conforma bóvedas, las cuales se emplean para superar grandes luces y a soportar grandes cargas verticales. Estos sistemas en la actualidad se implementan en la infraestructura urbana, con el fin de dar soporte al peso del subsuelo. Otro ejemplo práctico es su implementación en la ingeniería de puentes.

### Sistema de nodo línea de fuerza.

Este sistema es característico del periodo gótico, como una expresión que logra exaltar el arte del maestro constructor, y que posibilita el desafío de la construcción en altura. Al respecto, Tineo describe: “(...) No se nos puede ocurrir pensar que un edificio románico admita un montaje mecánico de elementos unitarios. En cambio cuando contemplamos una obra prototípica gótica, nos invade la sensación de que todas sus formas estructurales y envolventes no han estado conformadas por rudas manos de albañil, sino por obreros de talleres de avanzada tecnología.” (TINEO, 1994; p.99).

Es importante el aclarar que este pese a definir el periodo gótico de la arquitectura, no constituye en realidad su única expresión. Lo verdaderamente trascendental de este sistema, es que logra reducir los esfuerzos estructurales a elementos mínimos compositivos como lo son el punto y la línea. En la actualidad, dicha conceptualización aun persiste y es posible apreciarse en estructuras diseñadas en perfiles de acero, las membranas arquitectónicas, y las nuevas tendencias en envolventes arquitectónicos.

### Sistema de nuevas tecnologías.

Las nuevas tecnologías constructivas están en función de características como: la población, la demanda, el cambio de uso, los costos, etc. De esta manera, los sistemas tecnológicos apuntan hacia la concepción de un edificio barato, de buena calidad técnica, que responda a las necesidades de demanda habitacional y que, pueda ser reutilizado si es el caso. Por tal motivo, los sistemas de última generación apuntan hacia los prefabricados, los elementos industrializados, y con una mano de obra no necesariamente calificada. En esta categoría califican todos aquellos sistemas no convencionales, construcciones en seco, etc.

Estos seis grupos nos definen el sistema, es decir, el macro proceso a seguir en la construcción del edificio, el cual puede en ciertos casos, ser una combinación de varios sistemas. Una vez que el proyecto, como resultante de todo un análisis general, ha definido

el sistema predominante, es posible identificar el proceso derivado del mismo, el que a su vez, define una serie de actividades y tareas que van de la mano con los material, la técnica y la tecnología aplicada.

### El proceso constructivo.

En Colombia, la construcción ha sido generalmente manufactura, por lo general realizada en obra, esto no ha variado al pasar de los años, mas sin embargo hay ciertos procesos constructivos que debido a su nuestras tecnologías se deben tomar y realizar de otros modos. Según (Schmitt & Heene, 2009), se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. *Proceso manufacturero*. No considera la utilización tecnológica de apoyo. Este tipo de procesos se definen dentro de la construcción artesanal que emplea técnicas del tipo tradicional.

2. *Procesos tecnificados*. Considera introducir elementos y tecnología moderna de apoyo a la obra, por ejemplo a través del uso de herramientas especiales, materiales innovadores y elementos de apoyo tecnificados.

3. *Procesos preindustrializados*. Considera la fabricación de componentes de la edificación para ser instalados en obra (prefabricados). Dichos elementos pueden realizarse en la obra o en fábricas especializadas.

4. *Procesos industrializados.* Considera la fabricación de componentes realizados previamente en una fábrica especializada, para luego ser montados en la obra, como lo es el caso de las estructuras metálicas.

### Las actividades

Estas son definidas como un conjunto de operaciones que se efectúa en un proceso determinado las cuales reunidas dan como resultado el objeto arquitectónico o la edificación. En términos generales, la edificación, sin importar el sistema constructivo y el tipo de proceso, plantea las siguientes actividades:

- Preliminares.
- Cimentación.
- Estructura.
- Muros.
- Instalaciones.
- Obras exteriores.
- Escaleras.
- Chimeneas.
- Acabados.
- Demolición.



# **Capítulo 2**

**Procesos y ciclo de vida.**

### Procesos y ciclo de vida

Actualmente se habla de que el automóvil es el mayor contaminante en cuanto a impacto negativo en el medio ambiente, se dice que es el origen principal de la contaminación, dato completamente erróneo, según el estudio se ha identificado que el entorno construido, siendo este el que se habita por el ser humano en un 90% consume entre el 20% y el 50% de los recursos físicos según su entorno. Esto como conclusión arroja que tiene gran responsabilidad en el deterioro actual del medio ambiente.

Según el arquitecto investigador (Martínez, 2012) “La industria de la construcción absorbe el 50% de todos los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos ambientalmente sostenible del planeta. Sin embargo, la vida cotidiana moderna gira alrededor de una gran variedad de construcciones. Vivimos en edificios, viajamos por carreteras, trabajamos en oficinas y nos relacionamos en cafeterías y bares. La existencia y el alojamiento de la civilización contemporánea dependen de la interrelación con un medio físico construido bajo criterios de insostenibilidad planetaria”.

Para mantener unos niveles óptimos de competitividad confort y ecología, se deben superar los límites ambientales que se plantean, esto es uno de los grandes puntos que se manejan

actualmente en la construcción. Actualmente se observa una situación que se viene presentando desde la segunda mitad del siglo XX en donde se ha construido de manera descontrolada y sin prestar atención a todo el impacto ambiental y huella ecológica que trasmite la construcción en cualquier parte del mundo, no se tiene n criterio ambientales y existen conglomeraciones urbanísticas con ineficiencias ambientales y sociales. La insistencia de la construcción se evidencia en los siguientes puntos:

- La construcción urbana representa en torno al 60% de las extracciones de materia prima de la litosfera.
- El 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmósfera tiene relación directa con la construcción y uso de edificios, con la consecuente incidencia sobre el cambio climático.
- La construcción genera alrededor de una tonelada de residuos por habitante anual, y pese a tener un gran potencial de reciclabilidad (cerca del 85%), va a parar a los vertederos.
- El consumo de agua en Colombia asociado a la construcción representa el 12% del consumo total. Sin embargo, en zonas altamente urbanizadas (el caso Bogotá), el consumo de agua asociado a los edificios llega a valores superiores al 60% del consumo total.
- La ocupación urbana del suelo es cada vez mayor en las ciudades y en sus conurbaciones. Si bien en Colombia el problema es persistente desde finales de los años 80's, actualmente existe una tendencia hacia un modelo urbano en el cual las ciudades crecen ocupando grandes cantidades de suelo.

Estos puntos anteriormente mencionados seguirán creciendo a menos que se inicie un plan de contingencia en donde se busque mitigar el impacto de lo ya construido y donde se involucre en su fase preliminar el minimizar con la utilización de herramienta que favorezcan estos análisis ambientales de una manera óptima y real, para que se prevenga todo el impacto negativo al ambiente y al ecosistema.

En cuanto a lo social, estudios han evidenciado que la arquitectura y su diseño influyen en un 40% a la calidad de vida de sus usuarios, su calidad de vida social y su salud, se sabe que cuando el proyecto arquitectónico además de basar su diseño en estrategias económicas se plantean la meta de mejorar la vida de sus ocupantes, las personas residentes se comportan en muchos casos con una calidad de vida mejor a la de edificaciones pensadas únicamente es resguardar del exterior.

Por su parte, lo ambiental también tiene gran influencia a la hora de construir, puesto que la edificación agrede a su entorno desde el primer momento que sale de la mente del que la creo. Esto por que empieza a malgastar recursos naturales completamente necesarios y lo vuelve ineficiente.

Gracias a que se evidenciaron estos problemas a mediados del siglo XX se hacen esfuerzos dirigidos por un lado a corregir errores del pasado y por otro lado a prever posibles

impactos negativos a futuro. Desde esta perspectiva, los aspectos ambientales básicos que pueden estructurar la tendencia a cuantificar los resultados sostenibles son:

- Ocupación del suelo
- Contribución al cambio climático
- Alteración del ciclo natural del agua
- Afectación al ciclo de los materiales
- Calidad interior.

En Colombia los problemas ambientales en cuanto a construcción se refiere , se argumenta desde su parte de planificación urbanística, o mejor llamada NO- planificación urbanística, esta se muestra de una forma dispersa y de baja densidad en algunos casos, en otros (como el caso de estudio; El barrio Caracas) se observa una urbanización completamente compacta y densa. Sus procesos constructivos no son industrializados lo cual lleva a un proceso constructivo ambientalmente ineficiente, desde el análisis sistémico.

Es así como también los impactos ambientales obedientes a este sector (ocupación de territorio, residuos de las obras...) son altos, así como lo es el elevado consumo energético y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero generados.

Al respecto, Rueda menciona las siguientes cifras: “Las emisiones del sector residencial, comercial e institucional se habían incrementado en 2004 en un 65% respecto del año base de 1990. Es decir, 20 puntos más que el conjunto de emisiones que en ese año estaban en torno al 45%. El sector doméstico y el de la edificación consumen en torno a un 20% del total de la energía final y producen el 25% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>. La producción de agua caliente se constituye en uno de los vectores que más energía consumen en este sector” (Rueda, 1999).

En cuanto al término “construcción sostenible” no solo se habla del edificio como tal, sino en todo su conjunto ya sea con otros edificios y su entorno, la forma en cómo se integran y como conforman una ciudad física, lógicamente teniendo como base la EDIFICACION como base y unidad de lo construido. Cuando existe este conjunto se habla de Urbanización que se denominara “Urbanismo Sostenible” que de forma general tiene el objetivo de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente y, proporcionando recursos urbanísticos suficientes, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética y de recursos, sino también para su funcionalidad.

Esto conlleva al uso y al cambio de una mentalidad no solo propia del ser humano como individuo, sino a una mentalidad industrial conjunta en donde se priorice por la reutilización de los materiales, en donde se utilicen recursos altamente renovables en donde el ser humano ayude de forma vehemente a este proceso.

Como dijo Di Pace en 2004 los criterios de sostenibilidad llevan a una utilización correcta de los recursos disponibles para la construcción, los cuales posteriormente se convertirán en parte de su cultura haciendo autóctono la conservación de los mismos, es como se explicaba anteriormente un cambio de mentalidad.

Para ello se debe tener en cuenta múltiples procesos en donde se realizaran las intervenciones correspondientes, en este caso la medición del impacto, procesos como el transporte, el ahorro de agua, el ahorro de energía, como se tratan los residuos y lógicamente el trato de los materiales en si de la edificación.

En cuanto a la edificación ya existentes se manejaran una medición de lo ya construido y posteriormente una posible rehabilitación de la misma con nuevos materiales que piensen en la sostenibilidad como base principal.

Luis de Garrido, ha definido 3 criterios elementales para la aplicabilidad de la construcción sostenible a edificaciones:

- Criterios de diseño, como la orientación, espacios exteriores, entorno, ventilación natural, iluminación natural, inercia térmica, aislamiento, energías alternativas, eficacia energética, captación de agua, aguas grises, residuos domésticos, flexibilidad espacios interiores, domótica...

- Criterios de utilización de materiales, como la durabilidad / bajo mantenimiento, baja toxicidad, baja emisión / impacto, recursos renovables, materiales reciclados, y estandarización.
- Criterios de los residuos, hay que tener muy en cuenta aquellos criterios utilizados de la fase de de - construcción, tanto en procesos de rehabilitación, restauración o demolición.

Sin embargo estas teorías no solo son efectivas dando discursos medioambientales que para muchos en este campo de la construcción no es más que eso, un discurso, se debe tener en cuenta toda la parte que lo reglamenta pero que no se conoce ni siquiera desde la academia, se debe considerar un apropiado uso para que no pierda fuerza ni significado, todo esto llegando al punto en que el planeta ya no tiene recursos naturales y por ende se debe reciclar y reutilizar lo que más se pueda, y en cuanto a lo económico “los agentes económicos del sector necesitan, principalmente, que se les demuestre que es posible construir viviendas sostenibles sin costes añadidos” (Stren, White, & Whitnwey, 1992).



**Proceso ciclo de vida de un elemento**

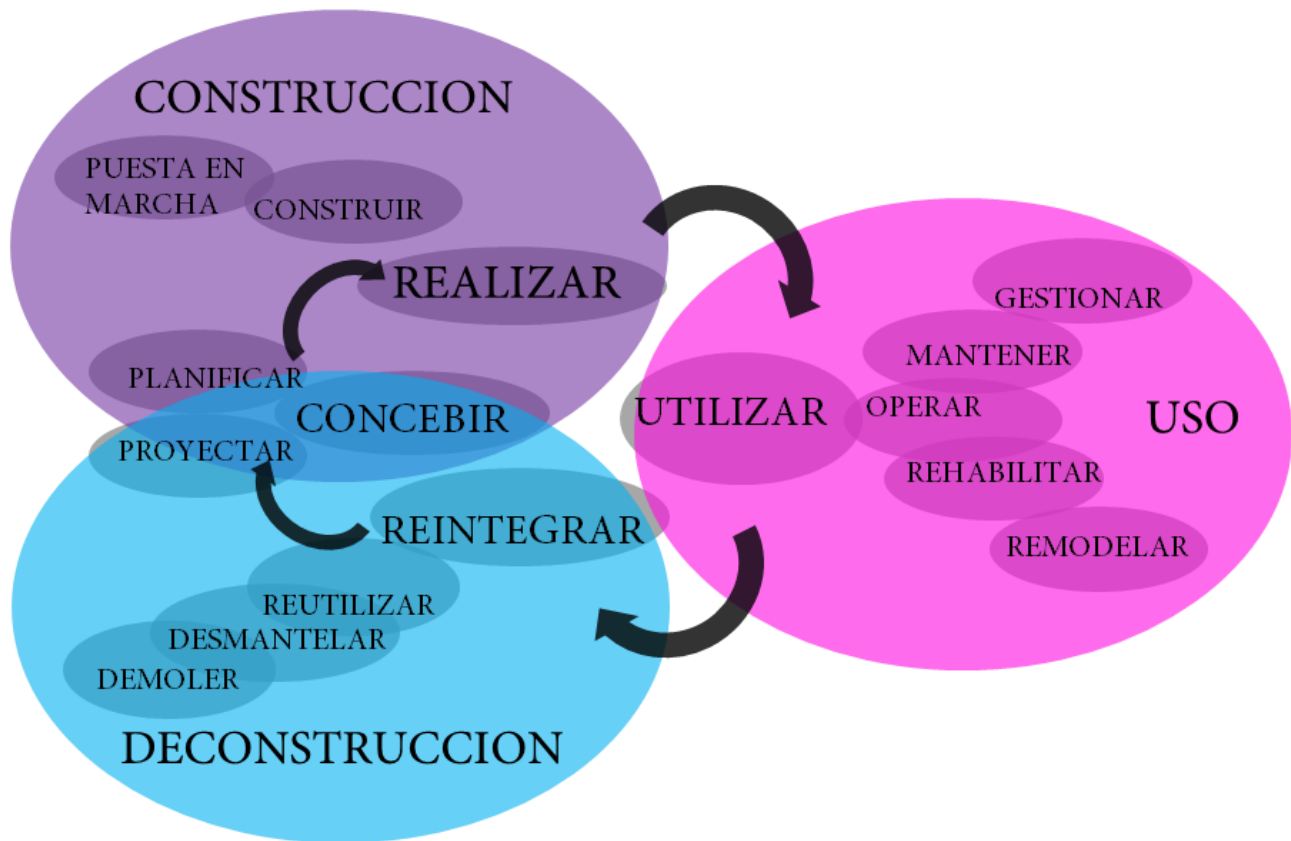


Diagrama 1. “El Ciclo de Vida (CV) de los edificios es el periodo de tiempo comprendido desde la concepción en su etapa de pre diseño y diseño, pasando por la etapa de construcción, ocupación, operación y mantenimiento, hasta el fin de su vida útil como la reutilización, reciclamiento, demolición o deconstrucción del inmueble” (Martinez, 2013).

Semillero De Investigación UGC, 2013.

### Evaluación ambiental

Cuando se habla de evaluación ambiental se tiene en cuenta toda la parte del impacto negativo de ente caso la edificación con respecto al tiempo, utilizando como base el ACV o el análisis de ciclo de vida, en donde se muestre el impacto negativo de la edificación en un ecosistema puntual e identificado.

De manera semántica, las palabras análisis, impacto negativo y ecosistema entre otras han ido perdiendo su verdadero significado, por esto es conveniente definir las para así entenderlas de una mejor manera:

Con palabras como la contaminación pasa muy frecuentemente; como contaminación se entiende como la liberación ya sea en el agua, en el aire de alguna forma de materia o energía de manera no controlada y desmesurada también como que la contaminación es una situación de carácter negativo, que provoca daños, o La contaminación es causada por la presencia o liberación de formas de materia o energía. Por lo tanto, se la puede representar en unidades físicas mensurables; en consecuencia, se pueden establecer límites o patrones.

De esta misma forma pasa con “el impacto ambiental” el cual se puede definir tal como: “Cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una

acción humana (McKenzie, Hyatt, & McDonald, 1993). Según Martínez (2013) en su estudio por el impacto ambiental se identificaron estas comparaciones entre contaminación y el impacto ambiental negativo:

- Impacto ambiental es, sustancialmente diferente a contaminación.
- Contaminación tiene solamente una connotación negativa, en cuanto impacto ambiental puede ser benéfico o adverso.
- Contaminación refiere a materia o energía o sea, a unidades físicas que pueden ser medidas y para las cuales se pueden establecerse patrones (niveles admisibles de emisión o de concentración o intensidad);
- La contaminación es una de las causas del impacto ambiental, pero los impactos se pueden ocasionar por otras acciones, además del acto de contaminar.
- Toda contaminación (o sea, emisión de materia o energía más allá de la capacidad asimilativa del medio) causa impacto ambiental, pero, no todo impacto ambiental tiene como su causa la contaminación.

Se puede, también, plantear que el impacto ambiental puede ser causado por una acción que implique:

- La supresión de un elemento del ambiente:
- La supresión de componentes del ecosistema, como la vegetación.
- La destrucción completa de hábitats (por ejemplo, relleno de un manglar).
- La destrucción de componentes físicos del paisaje (por ejemplo, excavaciones).

- La supresión de elementos significativos del ambiente construido.
- La supresión de referencias físicas de la memoria (por ejemplo, lugares sagrados como los cementerios lugares de encuentro de los miembros de una comunidad).

En cuanto a La evaluación ambiental también de podría definir como: “Actividad dirigida a identificar, prever, interpretar y comunicar informaciones sobre las consecuencias de una determinada acción<sup>16</sup> sobre la salud y el bienestar humanos”. (Martínez, 2012).

“Procedimiento para alentar a las personas encargadas de la toma de decisiones, a tener en cuenta lo posibles efectos de los proyectos de inversión sobre la calidad ambiental y la productividad de los recursos naturales, e instrumento para la recolección y la organización de los datos que los planificadores necesitan para lograr que los proyectos se hagan compatibles con los principios del desarrollo sustentable” (Hunsaker, 1990).

### **Elaboración de un estudio de impacto ambiental**

Teniendo como base lo anteriormente explicado, como terminología y también el funcionamiento del análisis de ciclo de vida se procede a iniciar con la parte correspondiente a la elaboración de un estudio de impacto ambiental, se debe conocer primero la terminología

utilizada y como se define internacionalmente ya que se utilizan en muchos casos siglas que, es mejor, tener presentes:

- En inglés la sigla EIA (Environmental Impact Assessment) equivale a EIA (Evaluación de Impacto Ambiental).
- En inglés la sigla EIS, (Environmental Impact Statement) equivale a EIA, Estudio de Impacto Ambiental.
- En la literatura técnica, también se encuentra EIA como Environmental Impact Analysis y EIR (Environmental Impact Report), como sinónimo de EIS.

Según la UNESCO en su segundo encuentro de ambientalistas realizado en el 2000, se fija que adoptándose la perspectiva dirigida, un EIA podría ser realizado mediante una secuencia lógica de etapas, cada una dependiendo de los resultados de la etapa anterior. Son seis las actividades básicas, en las cuales pueden ser incluidas algunas complementarias, como el estudio de la legislación aplicable y de los planes y programas gubernamentales incidentes sobre el área de la obra, o sobre el tipo de actividad, o actividades que usualmente son realizadas en las primeras etapas de la elaboración de los estudios.

Un estudio de impacto puede ser estructurado y organizado a partir de la identificación de los probables impactos ambientales. El resultado del trabajo de identificación es nada más que, una lista de posibles impactos. El ejercicio no es nada complicado, más debe ser

ejecutado de manera sistemática, de forma que comprenda todas las posibles alteraciones ambientales que resulten de la obra, aun cuando sea se sepa, de antemano, que algunas de las alteraciones serán insignificantes, que algunas serán mucho más importantes que otras y que por lo tanto no todas recibirán igual atención en las etapas subsiguientes del EIA.

Después de continuar analizando de donde viene el termino de estudio de impacto, se tendrá también en cuenta las diferentes técnicas de evaluación ambiental aplicadas a edificaciones.

En 1992 surge la agenda 21, que es un instrumento de apoyo estratégico al concepto de urbanismo sostenible posteriormente en el informe Río+5 más de 1.800 poblaciones y metrópolis de 64 países trabajaban ya en su Agenda 21 Local y cinco años más tarde ya existían 6.416 poblaciones en 113 países que se encontraban involucrados en las actividades de Agenda 21 (ICLEI, 2002). Ya en este proceso se subraya la importancia del establecimiento de indicadores de sostenibilidad ambiental para alcanzar los objetivos medioambientales, sociales y económicos.

Ya con esta intervención más eficiente de los indicadores urbanos se utiliza y se enfatiza en lo táctico, es decir en la construcción, llega la hora de poner en marcha lo que se acordó en

Agenda 21 y el Rio +5, ambos como se dijo anteriormente basados en acuerdos medioambientalistas.

“Debido a los grandes impactos de estos proyectos sobre el entorno social, económico y medioambiental, diseñar y construir con los nuevos objetivos de sostenibilidad forma la nueva idea de proyectar denominada Construcción Sostenible, que nace en 1994 en Florida en la primera conferencia internacional de construcción sostenible” (Ibbotson & Kara, 2012).

La correcta aplicación de Sostenibilidad en los edificios se basa en el equilibrio Económico, Social, y ambiental de una construcción es por esto que actualmente se plantean estas soluciones de forma puntual y no colectiva, ya que no todo el mundo conoce su verdadero funcionamiento. Por esta razón se considera importante que se le de funcionamiento a la sostenibilidad en las edificaciones:

- La toma de decisiones en estos proyectos han de ser definidas en las etapas previas (planificación y diseño) y para ello se necesitan herramientas que permitan calificar el edificio en las diferentes dimensiones de la sostenibilidad.
- La complejidad inherente al concepto de sostenibilidad hace que unos indicadores sencillos simplifiquen el problema de un modo lo más objetivo posible de modo que se

pueda estudiar fácilmente el impacto (positivo y negativo) que tendrá el edificio sobre el entorno en el ciclo de vida.

Los beneficios de estas herramientas es que son versátiles a la hora de su utilización ya que como se basan en Indicadores, estas son en esencia todo un proceso de inicio utilización y finalidad de la edificación, que se analiza en conjunto, por ende pueden ser utilizadas en cualquier “paso” de la construcción, en su parte inicial o de planificación, es su parte de uso o en la parte de deconstrucción.

### Ejemplo de aplicación de las herramientas de evaluación

Dentro de este contexto analizado, se ha escogido para como caso de estudio un edificio de oficinas en Bogotá, que cumple a cabalidad con toda la normativa vigente referente a construcción en Colombia. El ejemplo realizado en compañía del Académico y Arquitecto Mario Martínez en el año 2013 cuyo objetivo primordial de este análisis es el estudio comparativo del comportamiento de la herramienta más utilizada frente a un edificio, valorar las distintas puntuaciones obtenidas de una edificación que ha sido diseñada con criterios de sostenibilidad (establecidos por el promotor) y valorar los resultados que obtiene para el caso de la GBTool'05 . Se han escogido esta herramienta por su importancia en el sector, la facilidad de



acceso y por la disponibilidad de un contacto directo con expertos involucrados en las respectivas organizaciones. Las características del edificio en cuestión son las siguientes:

- Edificio de oficinas y garaje en Bogotá-- Colombia.
- Número de pisos: 4 plantas sobre rasante y 2 bajo rasante (Sótanos)
- Área construida sobre rasante es de 36.500 m<sup>2</sup>, bajo rasante de 26.465 m<sup>2</sup> . Área de urbanización de 9.367 m<sup>2</sup>

Objetivos del promotor:

- Implantación de 52 posibles oficinas de unos 500 m<sup>2</sup>
- Mayor número de parqueaderos posibles
- Reciclaje del 75 % de los materiales empleados en la construcción (sin incluir los residuos de excavación)
- Mínimo de 1.100 parqueaderos.
- Implementar la energía térmica y energía fotovoltaica.
- Elaboración de un manual de mantenimiento con la explicación de todos los equipamientos y sistemas presentes en el edificio
- Superar los requerimientos del aislamiento de ruido.

### Resultados con GBTOOL.

La primera herramienta para evaluar la sostenibilidad de la edificación objeto de estudio ha sido la GBTool'05 del GBC (Green Building Challenge). Para ello se contactó con los miembros del IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment) para solicitar tanto la herramienta como los valores de referencia para Latinoamérica (Benchmarking). Del total de indicadores posibles presentes en la herramienta, se han empleado 59 indicadores pues se ha analizado desde el punto de vista de la “fase de diseño”. Además, en ocasiones, el proyecto carecía de la información necesaria y se ha optado por no contabilizar el indicador.

**Tabla 1. Resultados herramienta GB-TOOL.**

Predicted performance results based on information available during Design Phase	Active Phase (set in Module A)	Design Phase																																				
<p><b>Relative Performance Results</b></p> <p>0 = Acceptable Practice; 3 = Good Practice; 5 = Best Practice</p> <p>Performance Issue Areas</p>	<p><b>Key Facts About This Project</b></p> <p>This project occupancy type(s) includes Uso de oficinas and Uso de garages. The total gross area of the project is 72401,41 m2, in a building that has 4 floors above grade. The building is new construction only.</p> <p>Assumed life span is 75 years. Monetary units are in Euro</p> <p>Amortization rate for embodied energy of existing materials is set at 3 percent.</p> <p>There is no existing building on the site that can be re-used.</p> <table border="1"> <tr> <td>With current context and building data, the number of active low-level parameters is:</td> <td>59</td> <td>Max. potential low-level parameters:</td> <td>111</td> </tr> <tr> <td>The number of low-level mandatory parameters with a score of less than 3 is:</td> <td>9</td> <td>Active low-level mandatory parameters:</td> <td>14</td> </tr> </table> <p>To see a full list of issues go to the Issues worksheet; to alter weights, go to the Weights worksheets.</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Active Weights</td> <td>Weighted scores</td> </tr> <tr> <td>A Elección del emplazamiento, planificación del proyecto y su desarrollo.</td> <td>5%</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>B Energía y consumo de recursos.</td> <td>26%</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>C Cargas medioambientales.</td> <td>26%</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>D Calidad del ambiente interior.</td> <td>21%</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>E Funcionalidad</td> <td>5%</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>F Funcionalidad a largo plazo.</td> <td>16%</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>G Aspectos económicos y sociales.</td> <td>0%</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Total weighted building score</b></td> <td><b>2,5</b></td> </tr> </table>			With current context and building data, the number of active low-level parameters is:	59	Max. potential low-level parameters:	111	The number of low-level mandatory parameters with a score of less than 3 is:	9	Active low-level mandatory parameters:	14		Active Weights	Weighted scores	A Elección del emplazamiento, planificación del proyecto y su desarrollo.	5%	1,5	B Energía y consumo de recursos.	26%	2,0	C Cargas medioambientales.	26%	3,1	D Calidad del ambiente interior.	21%	2,3	E Funcionalidad	5%	2,3	F Funcionalidad a largo plazo.	16%	3,0	G Aspectos económicos y sociales.	0%	0,0	<b>Total weighted building score</b>		<b>2,5</b>
With current context and building data, the number of active low-level parameters is:	59	Max. potential low-level parameters:	111																																			
The number of low-level mandatory parameters with a score of less than 3 is:	9	Active low-level mandatory parameters:	14																																			
	Active Weights	Weighted scores																																				
A Elección del emplazamiento, planificación del proyecto y su desarrollo.	5%	1,5																																				
B Energía y consumo de recursos.	26%	2,0																																				
C Cargas medioambientales.	26%	3,1																																				
D Calidad del ambiente interior.	21%	2,3																																				
E Funcionalidad	5%	2,3																																				
F Funcionalidad a largo plazo.	16%	3,0																																				
G Aspectos económicos y sociales.	0%	0,0																																				
<b>Total weighted building score</b>		<b>2,5</b>																																				
Design Phase scores indicate Potential Performance as predicted by an assessment of building features and plans for construction and operation that are developed during the design process.																																						

*Nota:* Esta tabla muestra los resultados obtenidos desde la herramienta de evaluación ambiental Gb-Tool, esta muestra el puntaje del edificio y sus características principales. Arq. Mario Martínez 2013

La valoración final del edificio es de 2,5 próxima a lo considerado por el GBTool'05 como buena práctica. En la dimensión “A---Elección del emplazamiento, planificación y desarrollo” se ha valorado positivamente el maximizar la edificabilidad pero negativamente el número de parqueaderos así como el hecho de que el edificio esté diseñado únicamente para el uso de oficinas.

La dimensión “B---Energía y consumo de recursos” donde el edificio cumple estrictamente la normativa, junto al uso de materiales de construcción local y el diseño planteado para su futuro mantenimiento, hace que obtenga una puntuación cercana a buena.

En el área “C---Cargas medioambientales” es donde se obtiene una mayor valoración debido a la existencia de un plan de erosión y sedimentación realizado por encargo del promotor, la eliminación de productos refrigerantes que emiten CFC---11, la correcta gestión de residuos planteada que marca como objetivo el reciclaje del 75 % de los residuos generados y la previsión de espacios de almacenaje y clasificación durante la fase de explotación.

En la dimensión “D---Calidad del ambiente interior” se ha puntuado positivamente los sistemas previstos de control y monitorización de la calidad del aire y la no exposición al humo de tabaco y contaminantes producidos por los ocupantes. Asimismo, en el aislamiento acústico y de vibraciones se han superado las exigencias de la propia normativa. En

“E---Funcionalidad”, debido a que uno de los objetivos del promotor consistía en el aprovechamiento máximo del espacio, los ratios como la relación entre superficie útil funcional y la útil total en uso de oficinas (cerca al 90 %) además de la existencia de sistemas de control de las instalaciones y equipamientos tanto parciales como totales hace que se obtenga una puntuación superior a 2.

Por último, en la dimensión “F---Funcionalidad a largo plazo”, el diseño del edificio pensando en el mantenimiento de las instalaciones y conducciones hace que su mantenimiento sea relativamente sencillo, además la altura de cada planta es superior a los 3 metros y se trata de un edificio adaptado totalmente a la instalación de paneles fotovoltaicos y térmicos.

Asimismo se ha desarrollado un manual detallado de mantenimiento para los usuarios, que hace que la funcionalidad a largo plazo sea de las dimensiones más valoradas.

# Capítulo 3

**Desarrollo de la herramienta de evaluación de impacto ambiental**

### Desarrollo de la herramienta de evaluación de impacto ambiental

Al iniciar con el desarrollo de la herramienta inicialmente propuesta se debe tener en cuenta cómo y en qué se basará la herramienta para su correcto funcionamiento. En su primera parte se analizará toda la parte metodológica en cuanto al Análisis de Ciclo de Vida se refiere que se abordará a continuación:

#### Estructura metodológica para el análisis de ciclo de vida

Realizar un análisis de ciclo de vida es relativamente sencillo, la complejidad radica en definir los impactos ambientales si son positivos o negativos, basados en indicadores medibles, los cuales pueden ser asociados a los componentes del objeto de análisis, y al objeto en su conjunto. No obstante, su metodología, desarrollo y resultados son posibles de obtener con un trabajo sistemático y juicioso que pueda estar al alcance de las competencias de diversos profesionales tales como arquitectos ingenieros ambientales y hasta ingenieros civiles y que desde hace varios años tiene apoyo en herramientas de software, desarrolladas para medición de estos impactos.

La herramienta está reglamentada por la ISO 14 040, la cual abarca en toda su normatividad el funcionamiento de esta clase de herramientas basadas en el Análisis de Ciclo de Vida, podría decirse que es una guía para el manejo y el uso correcto de esta herramienta.

Es una realidad que no se puede esconder que el análisis de ciclo de vida ya se puede utilizar, es un método muy efectivo en parte de diseño de una edificación, puesto que generalmente facilita la utilización correcta de los materiales posiblemente utilizados , pero no es una opción que este perpetuada de manera global y mucho menos en este contexto colombiano por esto se inicia con la utilización en la edificación como punto de partida, (desde lo específico a lo general), un punto de partida tímido pero que tomara fuerza a medida que se cambie la idea y se aprenda a utilizar. Y posiblemente se convierta en una herramienta estándar como un sistema de gestión de calidad.

Paralelamente, en el país se adelantan gestiones importantes en organizaciones como los consejos empresariales para el desarrollo sostenible, del cual existe una versión en Colombia denominada el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES), el Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible (CCCS) y adicionalmente, aunque existen normas técnicas internacionales que promueven y establecen lineamientos para realizar análisis de ciclo de vida (ISO 14040 e ISO 14044), no se percibe una demanda para productos que tengan soporte en este tipo de análisis.



De la misma manera, no existe un interés de los empresarios para invertir en la realización de este tipo de análisis, en tanto no existe una exigencia o sello ambiental “confiable”, y por otra parte, no es reconocido un organismo gubernamental o privado que reglamente o legisle este tipo de análisis, ni un consumidor crítico y selectivo que tenga preferencias explícitas por productos que estén debidamente certificados como "ambientalmente aceptables".

Lo importante es analizar el edificio como un todo sistémico, no sistemático, en donde sí se analice ´parte por parte el edificio para posteriormente tener un todo en el análisis, allí radica la importancia del ciclo de vida, en donde se tiene en cuenta la vida del edificio, no solo su fase útil sino desde su inicio hasta su final. Como se ha explicado anteriormente, todo esto para que garantice que la herramienta con la ayuda de un sistema de gestión ambiental sea competitiva y funcionalmente acertada en el campo de la construcción.

### [El análisis ambiental del ciclo de vida](#)

Tomando como referencia la norma ISO 14040, entendemos que ciclo de vida es todo lo que tiene que ver con las actividades secuenciales en el proceso de un producto, desde la obtención de sus materias primas, la manufactura, la distribución, el uso, hasta la disposición, incluyendo todo el transporte que interviene en cada etapa.

Esto se esquematiza de forma más general en entradas, procesos y salidas de un objeto determinado, puede ser perteneciente a cualquier clase, ya sea industrial, de comidas, y en este caso la edificación.

Por tal motivo, el análisis ACV aplicado a la edificación hace hincapié en el estudio del proceso que da como resultado un producto(o edificación) ambientalmente sostenible, el objetivo de un análisis de ciclo de vida es “ poder comparar un amplio rango de impactos ambientales y sociales que pueden estar asociados a los productos y servicios, con el objetivo de escoger aquella opción o con el menor impacto posible” (Martinez, 2013). En este sentido, las categorías más comunes para evaluar los daños sobre el ambiente son:

- El calentamiento global,
- La acidificación,
- El deterioro de la capa de ozono,
- La intoxicación,
- Los contaminantes tóxicos,
- La destrucción del hábitat,
- La desertificación,
- El uso del suelo, y
- El agotamiento de minerales y de combustibles fósiles.

Se establecen cuatro principales fases en el ACV: la primera, la definición de objetivos y alcances, la segunda, el análisis del inventario, la tercera, la evaluación del impacto y, la cuarta, la interpretación. La primera parte se entiende como la formulación específica y definición de lo que se va a analizar.

En segundo lugar se tendrá paso a un inventario de toda la información recopilada del producto, estos datos son relacionados con el medio ambiente. Un ejemplo de las cantidades asociadas a las entradas y salidas al sistema tiene que ver con: entrada de materiales, energía, químicos, entre otros. De otro lado, salidas como emisiones al aire, emisiones al agua o residuos sólidos. Según sea el caso, deberán ser considerados otro tipo de aspectos como la radiación o el uso del suelo.

Un tercer aspecto o fase del análisis de ciclo de vida del producto se refiere con la evaluación de impacto ambiental. Que dicha busca evaluar el peso relacionado a las categorías de impacto planteadas (por ejemplo: calentamiento global). Tres aspectos principales deben ser considerados: la caracterización, la normalización y la valoración del impacto (su importancia o "su peso").

La fase de interpretación es la cuarta y última etapa del análisis. Es muy importante que se considere un trabajo interdisciplinario para este análisis, puesto que desde aquí deben

surgir aplicaciones directas de la interpretación para ser usadas bien sea en diseño y desarrollo de productos, replanteamiento total del concepto, planeación estratégica, desarrollo de políticas públicas o estrategias de mercadeo, entre otras. (Martínez, 2013)

Estas interpretaciones deben llevar a conclusiones que podrían convertirse luego en estrategias de planificación, según el caso a estudiar, todo de una manera articulada en cuanto al análisis de ciclo de vida la gestión de un análisis de impacto ambiental, será especialmente útil a lo que se viene por construir y a un mejoramiento de lo ya existente, (renovación urbana o reestructuración urbana).

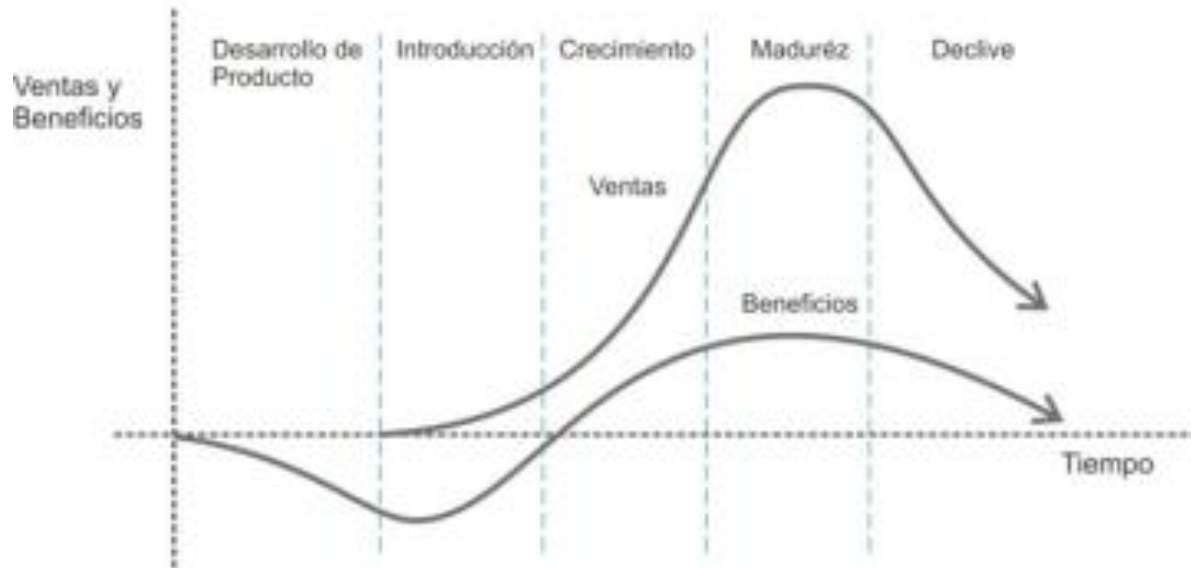
La idea no es dar una última palabra con la herramienta, la idea es que sirva como herramienta de planificación y pueda analizarse desde diferentes puntos de vista y por qué no, desde diferentes disciplinas, todo claramente basado en la responsabilidad, el conocimiento y la entrega del profesional encargado de la herramienta.

No debe confundirse el ACV con el Ciclo de Vida de un Producto en ventas, es muy distinto y el las figuras contiguas se explicara de mejor forma:

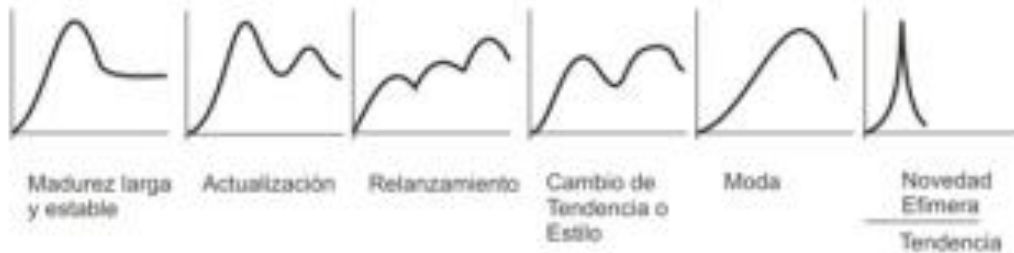
**El ciclo de vida Comercial de los productos**

**Ciclo de vida del producto**

Evolución de las ventas de un artículo (producto) durante el tiempo que permanece en el mercado



**Algunas Variaciones del Ciclo**



**Moda:** Un estilo popular o aceptado en un ámbito determinado

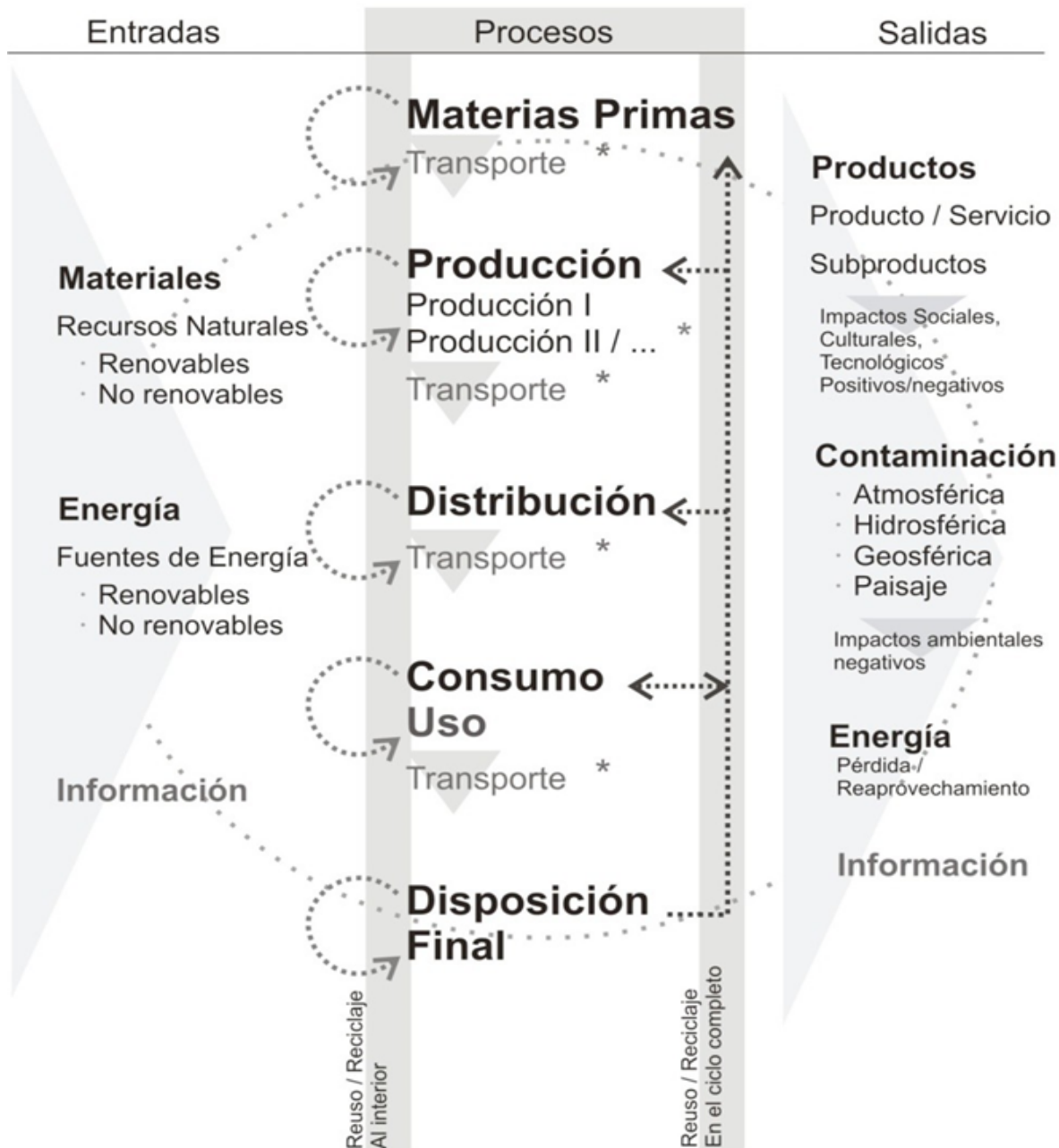
**Tendencia:** Un periodo de tiempo transitorio de ventas excepcionalmente elevadas y que son impulsadas por el entusiasmo de los consumidores y la popularidad inmediata de un producto o marca.

Fuentes: Kotler, P. y Armstrong G. Principios de Marketing, Duodécima edición, Pearson Educatio, Madrid, España, 2008.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_vida\\_del\\_producto](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_vida_del_producto)

**Figura 2.** En la figura se muestra el proceso comercial de un producto con respecto a sus ventas y sus beneficios.

### Ciclos de vida ambiental del producto

**Ciclo de Vida:** Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. NTC-ISO 14040.



**Figura 3:** En esta figura se evidencia el ciclo de vida ambiental de un producto, todo el proceso que conlleva su análisis y las variables que intervienen en este.

# Capítulo 4

## Indicadores ambientales

### Indicadores ambientales

Dado que la herramienta que se implementa en el presente trabajo tiene como principal fundamento la utilización de indicadores, se presenta a continuación la importancia de ellos y la información pertinente para indicar qué tipo de sistema de indicadores es usada en el territorio nacional y por ende los que se van a utilizar.

Las evaluaciones de impacto ambiental tienen como fin último dos análisis, el ambiente en el que se inserta un proyecto, a través de listados de factores ambientales, y los conjuntos de actividades unitarias, que no siempre son relevantes o productivas en el proceso de evaluación. Como indica Martínez (2013) indica que esta tarea no se ve simplificada, en parte, debido a la carencia de marcos metodológicos que guíen el análisis hacia la identificación de las propiedades clave del ambiente, así como de las variables sensibles de los procesos, útiles para la evaluación de las consecuencias ambientales de un proyecto.

La gestión ambiental, se ve en la tarea de analizar cada información disponible que emplea cada actor para una posterior toma de decisiones, teniendo en cuenta la complejidad de esta labor, se hace necesario un acercamiento integral y multidisciplinario que incluya la información más importante del ambiente y el proyecto para una correcta evaluación ambiental y una futura gestión.



Los indicadores tienen la capacidad de aportar información simplificada de fenómenos complejos (relevantes para la calidad ambiental), tendencias y progresos a lo largo del tiempo, ya que son generalmente medidas cuantitativas por lo tanto su función es la comunicación. Pero para comprender correctamente el concepto de indicador ambiental, es importante tener en cuenta dos características, Martínez (2013) refiere:

- Es una variable o estimación ambiental que provee una información agregada, sintética, sobre un fenómeno, más allá de su capacidad de representación propia.
- La selección de la variable está determinada por la perspectiva social desde la cual se observa el medio, y en ningún caso se orienta hacia la reproducción conceptual objetiva del medio o de uno de sus elementos.

Teniendo en cuenta estos dos aspectos un indicador ambiental es, una variable que ha sido dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones (Gallopín, 1997).

### Concepto y definición

Para la implementación de un instrumento de gestión ambiental, es importante contar con un método o sistema que permita organizar la información disponible que identifique lo más sobresaliente del ambiente y de las intervenciones de los proyectos, así como de interacciones que puedan ocasionar impactos ambientales negativos.

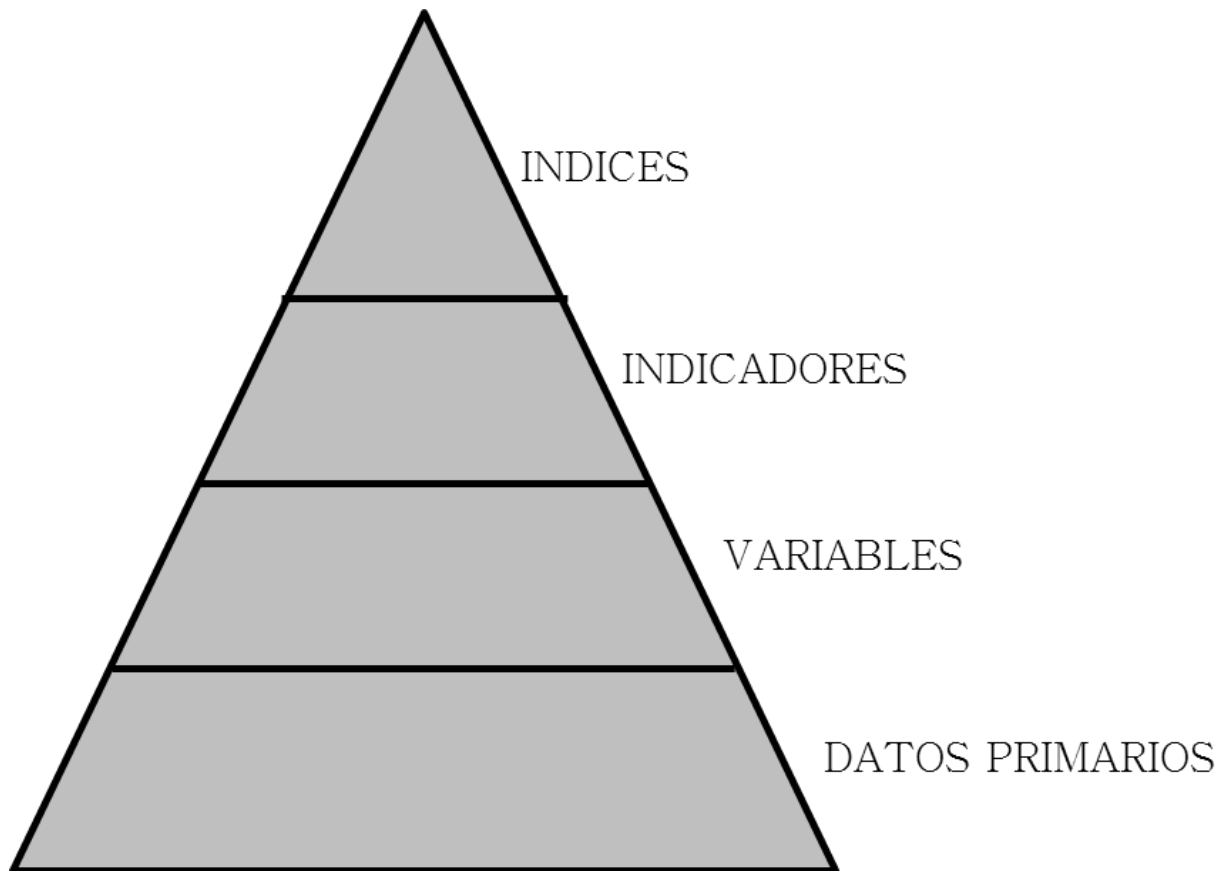
La importancia de los indicadores consiste en representan variables que pueden ser empleadas para guiar el análisis y gestión de la información del ambiente y del proyecto en un proceso de evaluación ambiental. Por lo tanto la toma de decisiones y la planificación se basara en un apoyo sólido y cuantificable.

*Los indicadores ambientales (IA).* Son atributos cuantificables del ambiente cuyo uso es socialmente aceptado y se emplean en la gestión ambiental (Gallopín, 2003). Lo que indica que son variables con un alto contenido de información representada a través de números que permiten monitorear el ambiente, convirtiéndose de este modo en guías de análisis determinando procesos de toma de decisiones.

*Los indicadores de intervención de un proyecto (IIP).* Por su parte, pueden ser consideradas como variables seleccionadas que sintetizan la información del proyecto bajo

análisis, y permiten a los técnicos, los decisores y a la sociedad comprender la dimensión de las actividades y acciones que resultan de las distintas alternativas que implica su planificación, ejecución, operación y desmantelamiento. En este sentido, los indicadores pueden ser definidos como variables individuales o como variables que son función de otras variables. La función puede ser tan simple como una relación, como un índice o tan compleja como los resultados de un modelo de simulación. La diferencia entre índices e indicadores surge del grado de complejidad de la función de la cual son obtenidos (Deléage, 1991).

**Pirámide De Información**



[Figura 4.](#) Conformada en su base con los datos primarios que son sucesivamente elaborados e integrados para elaborar indicadores e índices. Estos últimos constituyen un tipo de información extremadamente sintética derivada de datos y variables primarias. En consecuencia los indicadores representan un modelo empírico de la realidad y por ello deben ser formulados analíticamente con metodologías claramente definidas (Martínez, 2013).

### Funciones y requisitos de los indicadores

Las funciones más importantes de un indicador ambiental son:

- Evaluar condiciones y tendencias del ambiente.
- Comparar situaciones a través del tiempo y espacio.
- Evaluar condiciones y tendencias con respecto a objetivos y metas preestablecidas.
- Brindar información clave anticipadamente.

Las funciones más importantes de un indicador de intervención de un proyecto son:

- Evaluar la magnitud de las acciones y actividades unitarias o compuestas resultantes de un proyecto.
- Comparar alternativas en sus escalas espaciales y temporales.
- Brindar información sobre el desempeño de proyectos análogos.

Los requisitos que deben reunir ambos tipos de indicadores son:

- Sus valores deben ser medibles (o al menos observables).
- Los datos que integra deben estar disponibles o pueden ser obtenibles (a través de mediciones especiales o actividades de monitoreo).
- La metodología para la toma y procesamiento de datos, así como para su construcción, debe ser explícita y de ser posible estandarizada.

- Los medios para cuantificarlos deben estar disponibles; ello incluye capacidad técnica, financiera y humana.
- Su construcción debe basarse en criterios de costo-efectividad.
- Debe lograrse su aceptación en el proceso de toma de decisiones en la escala que corresponda (internacional, nacional, local), ya que aquellos indicadores que no sean aceptados es improbable que influyeran las decisiones públicas.
- La participación y apoyo de la sociedad en el uso y construcción de indicadores es altamente deseable.

Los indicadores en consecuencia, reducen la cantidad de información en un conjunto de variables relevantes sintetizando, cuantificando, organizando y facilitando la comunicación de la información, para lograr una visión sinóptica de la complejidad de los fenómenos, y por ende resultan una herramienta útil para medición de los procesos. Ellos pueden resultar en variables individuales o complejas, normalmente multidimensionales, nominales, ordinales o cuantitativas; de reducida cantidad, prácticas y fáciles de interpretar; y destinadas a un uso específico. Deben ser útiles para la planificación y gestión ambiental, evaluación de políticas y planes, monitoreo ambiental, evaluación de impacto, evaluación de la calidad ambiental, y en el análisis de la sustentabilidad de una actividad dada (Hammond, 1995).

### Características de un indicador

De las características que debe cumplir un indicador para servir como herramienta efectiva de comunicación, Martínez (2013) destaca:

- Medibles y posibles de analizar en series temporales: Los indicadores deben reflejar la evolución en el tiempo, de forma que puedan analizarse para prevenir o corregir tendencias negativas.
- Relevantes: Estar relacionados con los objetivos, metas y prioridades.
- Funcionales: Deben ser útiles en la toma de decisiones. De esta manera los indicadores pasan a ser herramientas de gestión que permiten fijar responsabilidades a los agentes que intervienen en la formulación y aplicación de políticas.
- Fidedignos: Deben estar basados en datos completos y precisos.
- Comparables: Deben permitir la comparación a distintas escalas territoriales y temporales.

### Ventajas del uso de indicadores

Las ventajas que presentan la utilización de los indicadores como herramientas de suministro de información, Martínez (2013) indica:

- Proporcionan una base estable para elaborar informes. Facilitan la presentación de un panorama claro de la situación ambiental.

- Uniformizan la recogida de datos, lo que origina una información de calidad y comparable.
- Centran la recopilación de datos en torno a cuestiones clave.
- Facilitan la gestión y la evaluación de las políticas ya que permiten medir evoluciones y tendencias.
- Permiten hacer comparaciones

### [Sistema de indicadores ambientales en Colombia](#)

Un Sistema De Indicadores Ambientales es la agrupación de problemáticas ambientales, a las cuales se les atribuyen variables de síntesis con el fin de proporcionar una visión clara y generalizada de los intereses del medio ambiente. La preocupación mundial ha dado origen a la creación de diversos sistemas.

La primera gestión de indagación en Colombia para la identificación de indicadores se llevó a cabo en el año 1996 denominada SIPSA, liderada por la Unidad de Política Ambiental (UPA) del Departamento Nacional de Planeación (DNP), en un convenio de cooperación técnica con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que surge como herramienta política con el fin de hacer un seguimiento a las propuestas y acciones del componente ambiental del Plan Nacional De Desarrollo.



La Unidad de Política Ambiental (UPA) se encargó de plantear un sistema de indicadores basados en recursos naturales y medio ambiente, llegando a la selección del marco ordenador Presión- Estado-Respuesta (PER), ya que este sistema permite identificar las necesidades de inversión pública así como el impacto de las políticas, planes y proyectos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

El marco ordenador Presión-Estado-Respuesta (PER), desarrollado por primera vez por Friends y Raport (1979); se fundamenta en analizar que ha provocado la situación ambiental, de qué forma ha respondido la sociedad para mejorar las condiciones y que tan óptimos y eficaces han sido las respuestas para dicho mejoramiento, de lo contrario se reemplazan las medidas de acción.

**Modelo De Indicadores Ambientales**

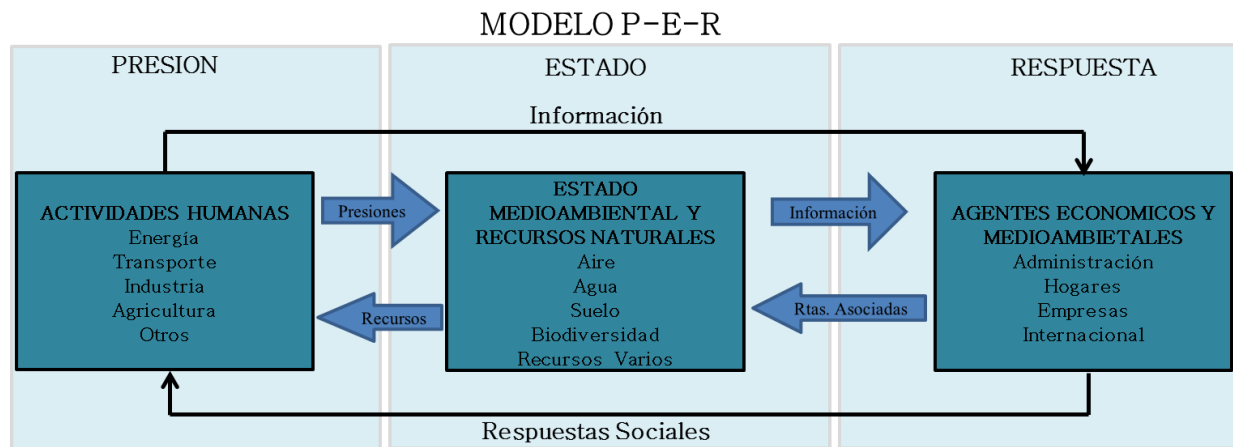


Diagrama 2. El modelo PER supone que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio, que éste registra cambios de estado en función de ellas, y que la sociedad responde mediante la adopción de medidas que tratarían de mantener los equilibrios ecológicos que le parecen adecuados. Para cada una de las acciones contempladas se desarrollan indicadores de presión, de estado y de respuesta. (Martínez, 2013).

En el año 2001, en un Taller de Capacitación en Sistemas de Indicadores Ambientales, se establecieron cuatro (4) categorías principales, que interactúan en el Marco de Sistema de Indicadores seleccionado PER:

- Patrimonio natural
- Demanda y Uso de Recursos Naturales y Ambientales
- Generación y manejo sostenible de residuos
- Institucionalidad para la gestión ambiental

Finalmente se llegó a un filtro de información, basando los indicadores planteados en este Taller en las siguientes categorías:

- Oferta Ambiental: Busca obtener la información más precisa respecto a las condiciones actuales del patrimonio natural
- Demanda: Se enfoca en la necesidad de recursos naturales, servicios ambientales y temas urbanos.
- Salidas: Se ocupa de los residuos tóxicos y las actividades asociadas a su manejo.
- Gestión Ambiental: Asociada a la respuesta de la sociedad frente a los problemas ambientales.

### Indicadores urbanos locales (modelo Bogotá)

A partir de las agendas ambientales, se estructura el programa GEO ciudades, un proyecto del Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de obtener un mejor análisis de las ciudades y sus ambientes, generando de esta forma grupos de indicadores ambientales (IA) que se adaptan a una menor escala, como la ciudad.

Teniendo en cuenta que el marco metodológico implementado para Colombia es el sistema PER, se debe destacar que al usar los IA, Martínez (2013) indica que se permite definir un esquema de aproximación a nivel empresarial en tanto nos es factible definir la presión, el estado, y la respuesta de un proceso productivo. Se sugieren dos marcos de indicadores, descritos a continuación:

- Los indicadores ambientales locales (IAL): Describen las directrices a seguir en términos de gestión ambiental a corto plazo, en tanto sugieren periodos relativamente cortos.
- Los indicadores Urbano Regionales (IAUR): Diagnostican el estado del ecosistema-región, con el ánimo de identificar la problemática en un territorio determinado en escalas de tendencia infinita y periodos de tiempo más largos, lo cual obliga a seleccionar un único modelo de gestión, con el fin de identificar el adecuado manejo de la información que nos brinda el indicador, siendo ese el motivo por el cual los IAUR necesitan un marco referencial desde la gestión ambiental para articularse eficazmente con las políticas medioambientales (Bettini, 1998).

Por lo tanto, el grupo de selección para Bogotá, es el de los Indicadores Ambientales Locales (IAL) ya que permiten un acercamiento a la problemática ambiental desde pequeñas escalas que pueden ser articuladas con escalas complejas y adicionalmente presenta los fundamentos para el sistema implantando, anteriormente descrito P-E-R.

#### [Indicadores locales con incidencia directa en el proceso edificatorio en Bogotá](#)

Una de las características de los IAL, se basa en la descripción del comportamiento ambiental en un conjunto urbano en particular, diseñados desde una base sistémica, lo que indica una comprensión en todas las dinámicas ecológicas.

Para el presente trabajo, se hace necesario resaltar los indicadores con una incidencia directa sobre el ecosistema y la actividad constructora, estos indicadores se estructuraron desde la perspectiva de la megápolis, que es el caso de Bogotá, ya que estos indicadores describen “el impacto real de una actividad en particular, cuando se quiere hacer un análisis de impactos.

**Tabla 2. Procedimiento General Del Cálculo de Los Eco-indicadores**

**MATRIZ Nº 2. INDICADORES LOCALES CON INCIDENCIA DIRECTA EN EL PROCESO EDIFICATORIO**

CALIDAD	RECURSO AGUA		
	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Canal Torca ( WQI Torca )	Aplica	No aplica	No aplica
Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Rio Tunjuelo ( WQI Tunjuelo )	Aplica	No aplica	No aplica
Agua Residual Tratada ( ART )	Aplica	Aplica	Aplica
Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Rio Fucha ( WQI Fucha )	Aplica	No aplica	No aplica
Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Rio Salitre ( WQI Salitre )	Aplica	No aplica	No aplica
Carga Contaminante de Sólidos Suspendidos Totales, en el Sector Industrial ( SSTI )	Aplica	Aplica	Aplica
Carga de Sólidos Suspendidos Totales Aportados al Rio Bogotá ( SST )	Aplica	No aplica	No aplica
Índice de Calidad del Agua ( ICAgua )	Aplica	No aplica	No aplica
Índice de Riesgo Para el Consumo de Agua Potable ( IRCA )	Aplica	Aplica	Aplica
Reducción Acumulada Anual de Vertimientos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital -PREAD- ( RAV )	Aplica	Aplica	Aplica
	DISPONIBILIDAD Y CONSUMO		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Ahorro Acumulado en el Consumo de Agua Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( ACU )	Aplica	Aplica	Aplica
Ahorro Acumulado en el Consumo de Energía Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( ACE )	Aplica	Aplica	Aplica
Tarifa Media de Acueducto Estrato 3 ( TMAE3 )	Aplica	No aplica	No aplica
Volumen de Agua Subterránea Extraída ( VAS )	Aplica	Aplica	Aplica

CALIDAD	RECURSO AIRE		
	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Material Particulado Inferior a 10 Micras (µ) Promedio mensual ( PM10mes )	Aplica	Aplica	Aplica
Tasa de Mortalidad por Neumonía en Menores de 5 años ( TMN5 )	Aplica	No aplica	No aplica
Casos Atendidos en Salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) ( SERA )	Aplica	No aplica	No aplica
Casos de Morbilidad por Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en Menores de 5 años ( MIRA )	Aplica	Aplica	Aplica
Circulación Virus Respiratorios ( CIVIRE )	Aplica	No aplica	No aplica
Dióxido de Azufre Promedio Anual ( SO2 )	Aplica	Aplica	Aplica
Dióxido de Nitrógeno Promedio Anual ( NO2 )	Aplica	Aplica	Aplica
Emissiones Equivalentes de Dióxido de Carbono Per Cápita ( CDIAC )	Aplica	Aplica	Aplica
Material Particulado Inferior a 10 Micras (µ) Promedio Anual ( PM10 )	Aplica	Aplica	Aplica
Monóxido de Carbono por 1 hora Promedio Anual ( CO )	Aplica	Aplica	Aplica
Numero de Días que se Excede la Norma de Material Particulado, Mensual ( NDEPM10 )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Estaciones de la Red de Calidad de Aire ( NECA )	Aplica	Aplica	No aplica
Ozono Promedio 8 horas Anual ( O3 )	Aplica	No aplica	No aplica
Precipitación Anual ( PA )	Aplica	Aplica	Aplica
Precipitación Mensual ( PMPLL )	Aplica	Aplica	Aplica

Usos	RECURSO SUELO		
	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Extensión ( EX )	Aplica	Aplica	Aplica
Generación de Residuos Hospitalarios por Razón Social ( GRHrs )	Aplica	No aplica	No aplica
Porcentaje de Areas Invasadas de la Estructura Ecológica Principal -EEP- ( PAIT )	Aplica	Aplica	Aplica
Espacio Público	Aplica	Aplica	Aplica
Espacio Público Generado por Instrumentos de Planeamiento ( EPGIP )	Aplica	Aplica	Aplica
Zonas Verdes Efectivas Per Cápita ( ZVPH )	Aplica	Aplica	Aplica
	Gestión		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Determinantes Ambientales Emitidas en Instrumentos de Gestión del Suelo ( DAEIGS )	Aplica	No aplica	No aplica
Disposición de Escombros en Relleno Sanitario Doña Juana ( DERSDJ )	Aplica	Aplica	Aplica
Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana ( DRRSDJ )	Aplica	Aplica	Aplica
Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana Per Cápita ( DRSPC )	Aplica	Aplica	Aplica
Porcentaje de Disposición de Residuos Peligrosos ( PDRP )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Parques Ecológicos Distritales de Humedal con Administración ( PHA )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Planes de Manejo Ambiental aprobados para los Parques Ecológicos Distritales de Humedal ( PPMAH )	Aplica	Aplica	No aplica
Reducción Acumulada de Generación de Residuos Peligrosos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( RGR )	Aplica	Aplica	Aplica
Residuos Sólidos Recolectados ( RR )	Aplica	Aplica	Aplica
	Espacio Público		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Espacio Público Generado por Instrumentos de Planeamiento ( EPGIP ) - La Ciudad	Aplica	Aplica	Aplica
Zonas Verdes Efectivas Per Cápita ( ZVPH ) - La Ciudad	Aplica	Aplica	Aplica

RECUROS FLORA	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Estructuras			
Arboles Plantados ( AP )	Aplica	Aplica	Aplica
Arboles por Habitante ( APH )	Aplica	Aplica	Aplica
Arboles por Hectárea ( AHT )	Aplica	Aplica	Aplica
Área Afectada por Incendios Forestales ( AIF )	Aplica	Aplica	No aplica
Cobertura Arbórea ( CAH )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Árboles Mantenidos al Año de la Siembra ( NAMAS )	Aplica	No aplica	No aplica
Número de Árboles por cada 100.000 Habitantes ( APHH )	Aplica	Aplica	Aplica
Porcentaje de Variación Anual en el Número de Árboles por Hectárea ( PVaHa )	Aplica	Aplica	Aplica
Porcentaje de Variación en el Número de Árboles Mantenidos al Año de la Siembra ( VPAMAS )	Aplica	No aplica	No aplica
Proporción de Superficie Cubierta por Bosque Natural. ( SCBN )	Aplica	No aplica	No aplica
Tasa de Deforestación. ( TD )	Aplica	No aplica	No aplica

RECURSO FAUNA	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Especies			
Especies Aves por Humedal ( EAH )	Aplica	No aplica	No aplica
Especies de Anfibios por Humedal ( EAPH )	Aplica	No aplica	No aplica
Especies de Mamíferos por Humedal ( EMAH )	Aplica	No aplica	No aplica
Especies de Reptiles por Humedal ( EREH )	Aplica	No aplica	No aplica

CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Carga Contaminante de Materia Orgánica (DBOS, Demanda Biológica de Oxígeno) del Sector Industrial Controlado ( CDBO1 )	Aplica	Aplica	Aplica
Aceites Usados Movilizados ( AUM )	Aplica	Aplica	Aplica
Carga de Materia Orgánica (DBO Demanda Biológica de Oxígeno) Aportada al Río Bogotá ( CDBO )	Aplica	Aplica	Aplica
Casos Atendidos en Salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) ( SERA )	Aplica	No aplica	No aplica
Casos de Morbilidad por Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en Menores de 5 años ( MIRA )	Aplica	No aplica	No aplica
Circulación Virus Respiratorios ( CIVIRE )	Aplica	No aplica	No aplica
Decomisos Adelantados a la Industria Maderera ( DAIM )	Aplica	No aplica	No aplica
Espacio Público Generado por Instrumentos de Planeamiento ( EPGIP )	Aplica	Aplica	Aplica
Especies Vegetales Incautadas ( EVI )	Aplica	No aplica	No aplica
Índice de Riesgo Para el Consumo de Agua Potable ( IRCA )	Aplica	Aplica	Aplica
Industrias Madereras Registradas Ante la Secretaría Distrital de Ambiente ( IMR )	Aplica	No aplica	No aplica
Número de Empresas con Permisos de Vertimientos ( NEPV )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Especies Individuos de Fauna Silvestre Incautados ( EAI )	Aplica	No aplica	No aplica
Número de Individuos Animales en Recuperación en el Centro de Recepción y Rehabilitación de Fauna Silvestre ( NEAR )	Aplica	No aplica	No aplica
Porcentaje de Pozos de Agua Subterránea con Seguimiento ( %PS )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Pozos de Agua Subterránea con Sellamiento Definitivo ( %PSD )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Pozos de Agua Subterránea con Sellamiento Temporal ( %PST )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Pozos de Agua Subterránea en Trámite ( %PT )	Aplica	Aplica	Aplica
Registros de Recolección de Aceites Usados ( RAU )	Aplica	Aplica	No aplica
Volumen de Agua Subterránea Extraída ( VAS )	Aplica	Aplica	Aplica

ECOSISTEMAS	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Acciones de Restauración, Recuperación y Rehabilitación Ecológica en Áreas de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital. ( CRHE )	Aplica	No aplica	No aplica
Área Afectada por Incendios Forestales ( AIF )	Aplica	Aplica	No aplica
Áreas en Proceso de Restauración Ecológica ( APRE )	Aplica	Aplica	Aplica
Certificados de Conservación Ambiental Expedidos - Anual ( CECA )	Aplica	Aplica	Aplica
Especies Aves por Humedal ( EAH )	Aplica	Aplica	Aplica
Especies de Anfibios por Humedal ( EAPH )	Aplica	Aplica	Aplica
Especies de Mamíferos por Humedal ( EMAH )	Aplica	Aplica	Aplica
Especies de Reptiles por Humedal ( EREH )	Aplica	Aplica	Aplica
Hectáreas de Humedales con Acciones de Administración en el Distrito Capital ( HHA )	Aplica	Aplica	No aplica
Planes de Manejo de Áreas Protegidas Formulados y Concertados con la Comunidad ( PMAFPC )	Aplica	Aplica	Aplica
Porcentaje de Áreas Invasadas de la Estructura Ecológica Principal -EEP- ( PAIT )	Aplica	Aplica	Aplica
Porcentaje de Parques Ecológicos Distritales de Humedal con Administración ( PHA )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje de Planes de Manejo Ambiental aprobados para los Parques Ecológicos Distritales de Humedal ( PPMHA )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje del área del Distrito Capital en el Sistema de Parques Nacionales Naturales ( ASPNN )	Aplica	Aplica	No aplica
Porcentaje del Área Protegida en el Distrito Capital ( APDC )	Aplica	Aplica	No aplica

GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Ahorro Acumulado en el Consumo de Agua Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( ACU )	Aplica	Aplica	Aplica
Ahorro Acumulado en el Consumo de Energía Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( ACE )	Aplica	Aplica	Aplica
Cantidad de Material Reciclado ( CAMR )	Aplica	Aplica	Aplica
Empresas en Proceso de Autogestión Ambiental. ( EPAM )	Aplica	Aplica	Aplica
Radicación de trámites ambientales ( RTA )	Aplica	Aplica	Aplica
Reducción Acumulada Anual de Vertimientos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital -PREAD- ( RAV )	Aplica	Aplica	Aplica
Reducción Acumulada de Generación de Residuos Peligrosos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital - PREAD ( RGR )	Aplica	Aplica	Aplica

MOVILIDAD SOSTENIBLE	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Centros de Diagnóstico Automotriz ( CDAut )	Aplica	No aplica	No aplica
Comparesos por Emisiones ( CxE )	Aplica	Aplica	Aplica
Edad Promedio Vehículos de Transporte Público Colectivo ( ETPC )	Aplica	Aplica	Aplica
Edad Vehículos Particulares ( ETP )	Aplica	Aplica	Aplica
Edad Vehículos Particulares ( EVP )	Aplica	Aplica	Aplica
Kilómetros de Ciclorutas Construidas ( CRB )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Infracciones por Incumplimiento de la Norma de Emisión en Fuentes Móviles ( NIA )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Motocicletas Particulares ( NMTP )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Vehículos a Gasolina Revisados en Operativos ( NVGRO )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Vehículos con Combustible Diesel ( NVCD )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Vehículos con Combustible Gasolina ( NVCG )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular ( NVCGN )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Vehículos con Combustible Gas Natural Vehicular y Gasolina ( NVCGG )	Aplica	Aplica	Aplica
Número de Vehículos de Servicio Público Colectivo ( NVTPC )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Vehículos de Transporte Público Individual ( NVTPI )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Vehículos Diesel Revisados en Operativos ( VDRO )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Vehículos Particulares ( NVP )	Aplica	Aplica	No aplica
Número de Vehículos Particulares Revisados en Operativos en la Vía ( NVPRO )	Aplica	No aplica	No aplica
Número de Vehículos Públicos Revisados en Operativos en la Vía ( NVPUR )	Aplica	No aplica	No aplica
Número de Vehículos Revisados en Operativos en la Vía ( NVRO )	Aplica	No aplica	No aplica
Operativos en Vía para el Control de Emisiones ( OVE )	Aplica	Aplica	Aplica
Semaforos ( DEL )	Aplica	No aplica	No aplica
Vehículos inmovilizados en operativos en Vía ( VIOV )	Aplica	Aplica	Aplica

ORDENAMIENTO Y ECOURBANISMO	ESCALA		
	METROPOLITANA	ZONAL	PREDIAL
Árboles Plantados ( AP )	Aplica	Aplica	Aplica
Área de Suelo de Protección ( ASP )	Aplica	Aplica	No aplica
Cobertura Arbórea ( CAH )	Aplica	Aplica	No aplica
Cobertura del Servicio de Acueducto Residencial ( CAC )	Aplica	Aplica	Aplica
Cobertura del Servicio de Alcantarillado ( CAL )	Aplica	Aplica	Aplica
Cobertura del Sistema de Alcantarillado Pluvial ( CAPL )	Aplica	Aplica	Aplica
Determinantes Ambientales Emitidas en Instrumentos de Gestión del Suelo ( DAEIGS )	Aplica	Aplica	Aplica
Extensión ( EX )	Aplica	Aplica	Aplica
Índice Ciudades Verdes ( ICV )	Aplica	Aplica	Aplica
Número Usuarios con Servicio de Acueducto y Alcantarillado ( NUCAA )	Aplica	Aplica	Aplica
Tarifa Media de Acueducto Estrato 3 ( TMAE3 )	Aplica	No aplica	No aplica

*Nota:* Se hace necesario tres pasos para el cálculo de Ecoindicadores, en el primer paso se realiza un Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el Ciclo de Vida de un producto, posteriormente se realiza un cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a los recursos al ecosistema y a la salud humana para finalmente obtener una ponderación de las tres categorías de daños, obteniendo como resultado un Indicador (IHOBE, 2000).

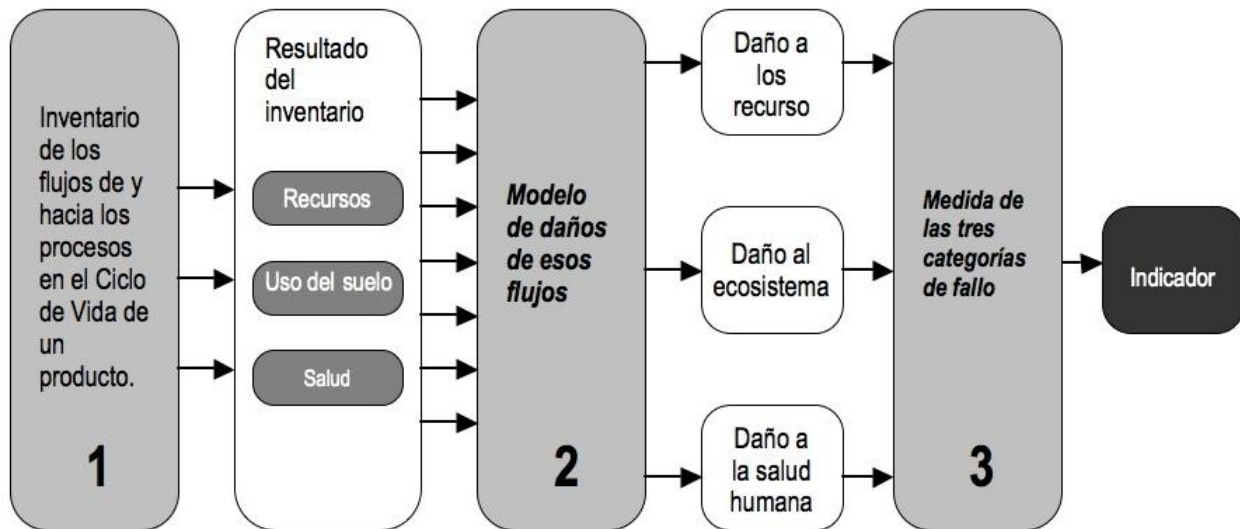


### Los ecoindicadores

La herramienta propuesta en este trabajo, se desarrolla con base a una unidad de medida que se denomina Milipuntos, estos se originan a partir de la metodología de los Ecoindicadores (E.I) que es un método ACV (Análisis Del Ciclo De Vida), el cual permite obtener un resultado numérico de fácil interpretación que expresa los efectos ambientales de un proceso o producto, desde la extracción de materia prima hasta su fin último.

Esta metodología cuenta con beneficios entre los que se destacan la reducción de costes, ya que tiene en cuenta el consumo de materias primas y la generación de residuos, con el objetivo de hacer una mejora ambiental de los productos. IHOBE (2000) afirma que: Esta herramienta se incluye en un conjunto de políticas denominadas Integrated Product Policy (IPP) desarrolladas en los Países Bajos, y cuyo punto central es un sistema de gestión medioambiental (Product Oriented Environmental Management System o POEM), que se está desarrollando de forma conjunta por la industria y el Gobierno.

**Procedimiento general del cálculo de los ecoindicadores**



**Figura 5.** Se hace necesario tres pasos para el cálculo de Ecoindicadores, en el primer paso se realiza un Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el Ciclo de Vida de un producto, posteriormente se realiza un cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a los recursos al ecosistema y a la salud humana para finalmente obtener una ponderación de las tres categorías de daños, obteniendo como resultado un Indicador (IHOBE, 2000).

### Descripción de ecoindicadores a utilizar

La siguiente información describe cada etapa del proceso de un material, con el fin de ampliar la información acerca del origen de los Ecoindicadores estándar, como lo indica IHOBE (2000):

### Clasificación de valores

Las unidades en que se miden los E.I. son puntos/unidad funcional. Los puntos (Pt) son un sistema de medida de los impactos ambientales, siendo un punto la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo. La unidad funcional se refiere a la unidad para la que se ha obtenido el ecoindicador, como podría ser un Kg de material, un litro, una pieza, etc. De esta manera por ejemplo, la producción de cobre tiene un ecoindicador de 1,4 Pt/kg de cobre. Esto significa que producir 1Kg de cobre origina un impacto ambiental de 1,4 puntos. Se clasifican en:

- Materiales: por 1 kilo de material.
- Procesos de producción: se expresa en la unidad apropiada al proceso particular (metros cuadrados, kilos, metros soldados, etc.).
- Procesos de transporte: en toneladas por kilómetro.
- Procesos de generación de energía: se determinan unidades para electricidad y calor.

- Escenarios de eliminación: se expresan por kilos o por materiales, subdivididos en los tipos de materiales y en los métodos para proceder a su deshecho.

### **Producción de materiales.**

Este indicador se obtiene del análisis e investigación de todos los procesos que abarcan esta actividad, desde la extracción de materia prima hasta la última fase de elaboración, que tiene como resultado el material bruto, incluyendo a su vez el proceso de transporte de las mismas. Por ejemplo, para el plástico, se incluyen todos los procesos realizados desde la extracción del petróleo hasta la producción de gránulo. Sin embargo, no se incluye la producción de bienes de equipos, como maquinaria o edificios.

### **Procesos de tratamiento.**

Los Ecoindicadores de los procesos de fabricación se refieren a las emisiones del proceso en sí y a las de los procesos de generación de energía necesarios. Aquí tampoco se incluyen los bienes de equipo, ni maquinarias.

### Transporte.

Los procesos de transporte incluyen el impacto de las emisiones causadas por la extracción y la producción de combustible y la generación de energía de ese combustible en el transporte, y se utiliza una unidad distinta para medir el transporte por carretera a gran escala.

- Transporte por carretera: además del transporte cuyo factor crítico es la masa ( $\text{ton} \cdot \text{km}$ ), se ha determinado otro indicador para los casos en los que el volumen es el factor determinante ( $\text{m}^3 \text{ volumen} \cdot \text{km}$ ).
- Transporte por ferrocarril: se basa en la media europea de diésel o electricidad consumidos por la media del nivel de carga.
- Transporte aéreo para diferentes tipos de aviones de carga.

Por supuesto, se presupone la eficiencia de las condiciones de carga en Europa. También se ha tenido en cuenta la posibilidad de un recorrido de vuelta sin carga. En estos indicadores se han incluido los bienes de equipo, como la construcción de carreteras o infraestructuras férreas, el manejo de aviones de carga en los aeropuertos etc., ya que no son nada desdeñables.

### Energía.

Se refieren a la extracción y la producción de combustibles, así como a la conversión energética y a la generación de electricidad, teniendo en cuenta criterios medios de eficiencia.

Para medir la electricidad se tienen en cuenta los diferentes tipos de combustible empleados para generarla, habiéndose determinado un Ecoindicador para la electricidad de alto voltaje, destinada a procesos industriales, y para la de bajo voltaje, destinada al uso doméstico y de pequeñas empresas de bajo consumo de energía. También se han establecido indicadores específicos para algunos países, debido al uso de diferentes tecnologías para producir energía eléctrica, En el caso colombiano por ejemplo, la producción de energía obedece a la de tipo hidroeléctrico.

Para medir la energía solar empleamos células fotovoltaicas que se utilizarán en los hogares. La carga ambiental procede principalmente de la producción de las células y demás equipamiento.

### Procesado de residuos y reciclado

No todos los productos se eliminan de la misma forma. Por esto, es importante prestar atención para descubrir el método de eliminación de residuos adecuado a cada caso. Para todos estos casos se han determinado los procesos pertinentes de desecho, como incineración, vertederos y reciclado, aunque en la práctica estos últimos no sean demasiado numerosos en determinados lugares.

### Aplicación de los ecoindicadores

Deben cumplirse 5 pasos para aplicar correctamente los Ecoindicadores:

*Paso 1: Definir el propósito del cálculo de los Ecoindicadores.*

En este paso es necesario identificar el alcance de la aplicación de los Ecoindicadores, ya que si lo que se busca es obtener una impresión general rápida de los daños, bastará con incluir cierto número de datos clave. De lo contrario se necesita realizar una aproximación más meticulosa y contar con una base sólida y fiable para realizar la comparación.

*Paso 2: Definir el Ciclo de Vida.*

Es necesario tener presente cada una de las fases del producto, desde la producción como al uso y a la eliminación de residuos.

*Paso 3: Cuantificar materiales y procesos.*

La descripción del producto y funcionamiento durante su vida útil recibe el nombre de unidad funcional. Así puede determinarse una cantidad para cada proceso del diagrama de procesos en base a esta unidad funcional y los datos sobre el producto.

*Paso 4: Llenar el formulario.*

- Anotar los materiales y procesos en el formulario, así como sus cantidades.
- Anotar los valores de los Eco--- indicadores relevantes.
- Calcular los resultados multiplicando las cantidades por el valor de los indicadores.
- Sumar los resultados totales.

*Paso 5: Interpretar los resultados.*

- Combinar las conclusiones (provisionales) con los resultados.
- Comprobar el efecto de las suposiciones realizadas y de las incertidumbres detectadas.
- Modificar las conclusiones (si procede).
- Comprobar si se ha logrado el objetivo del cálculo.



### Ecoindicadores locales

La investigación y utilización de los E.I. se ha venido implementado hace algunos años, en Colombia la condicionante es el nivel tecnológico para los procesos empleados en los productos, especialmente en el sector de la construcción ya que adolece de tecnología provocando de este modo el gasto desmesurado de energía y la generación de residuos en el proceso constructivo de la edificación.

El desarrollo de los E.I. en Colombia en un tema de estudio ampliamente tratado y del cual se tienen ya algunos aspectos concluyentes. Al respecto, podemos citar el trabajo de Bart van Hoof catedrático de la Universidad de los Andes en Bogotá.

La metodología implementada en este trabajo, como se ha mencionado anteriormente es la ACV que se enfoca en el impacto ambiental de productos y procesos, la importancia de utilizar esta metodología, es porque también es implementada en la creación de Ecoindicadores con tres puntos básicos que son:

- Buscar el origen de los impactos, el origen del impacto determina el efecto que tiene el impacto. Por ejemplo, no es lo mismo consumir agua en una zona desértica que en una que no lo es, al mismo tiempo, no causa el mismo impacto el consumo de 1 kw--- h de energía hídrica que 1 kw--- h de energía térmica.

- Relacionar impactos ambientales con problemas ambientales. Para la interpretación de impactos ambientales (por ejemplo cantidades de energía, uso de materiales, emisiones) es importante establecer el efecto que tienen estos impactos sobre problemas ambientales.
- Priorizar los impactos ambientales. Para priorizar estrategias de mejoramiento ambiental es importante comparar entre alternativas.

En Colombia, la adaptación del ACV en el desarrollo de los Ecoindicadores se basan en dos aspectos, los problemas y las prioridades:

- Adaptación de los problemas ambientales; En una reunión con un grupo de expertos interdisciplinarios de la industria y de instituciones gubernamentales, se definieron los problemas ambientales específicos de Colombia. Estos problemas se muestran en la tabla 1. Como categorización inicial se propuso relacionar los problemas ambientales de Colombia con los elementos principales de la vida humana: el agua, el suelo, el aire y la energía.
- Adaptación de las prioridades ambientales; En una reunión con expertos se concluyó que no tiene sentido desarrollar un modelo genérico para las prioridades de los problemas ambientales en Colombia. Una alternativa puede ser desarrollar diferentes modelos regionales. Para la validez de estos modelos es importante que sean compartidos por un grupo interdisciplinario representativo. Sin embargo en todos los casos se debe anotar que cualquier priorización es subjetiva. En la tabla 2 se muestra las prioridades para Santafé de Bogotá establecidas por medio de una encuesta entre expertos.”

### Desarrollo de una metodología de análisis ambiental para edificaciones

Esta herramienta surge como respuesta a una necesidad de aproximación real al impacto ambiental negativo de la construcción sobre el sistema soporte, ya que el impacto producido por el sector constructor es probablemente el más significativo.

Arenas (2010) refiere que dentro de la compleja problemática involucrada por el desarrollo sustentable, en aspectos sociales, económicos y ambientales, cobran particular relevancia aquella que consideran las relaciones entre el hábitat y la edificación. En primer lugar, el desarrollo del hábitat, por su escala y permanencia, representa el impacto físico más significativo sobre el ambiente natural. Por otra parte, la edificación se define como elemento esencial para la supervivencia de la sociedad actual. El eventual agotamiento de los combustibles fósiles sumado a los impactos ambientales adversos que su uso masivo está causando, plantean la necesidad impostergable de comenzar a implementar estrategias para controlar y eventualmente revertir los procesos de deterioro que se están produciendo.

### Evaluación ambiental en los edificios

La propuesta de este trabajo está basada en la metodología del ACV establecida por la norma ISO 14040, que permite una valoración exhaustiva del impacto ambiental contabilizando

el consumo de recursos y de emisiones de residuos asociados a las distintas fases del ciclo de vida.

La herramienta que se implementa en este estudio, presenta los resultados en una matriz basada en una hoja de cálculo con el fin de ser aplicada a la construcción; al utilizar el ACV podemos identificar los indicadores necesarios para analizar de forma puntual el edificio y finalmente reducir el costo de inversión ya que es posible implementar herramientas y fuentes de información de libre disposición, de bajo costo, o de uso público.

Una vez identificada la metodología de estudio basada en la ISO 14040, se han considerado en cuanto a las fases del ciclo de vida, las siguientes etapas:

- Extracción de materias primas y fabricación de materiales (diversos impactos de los procesos de las industrias extractivas y fabricantes de productos para la construcción).
- Transporte (impactos de los combustibles empleados en los movimientos que van desde los proveedores de materia--- les hasta la hipotética localización de la obra).
- Construcción y montaje (impactos de la energía empleada por la maquinaria utilizada en obra).

### **Referencia normativa**

Se debe tener en cuenta las siguientes definiciones, tomadas textualmente de la ISO 14040, con el fin de una mejor comprensión del ACV:

*Ciclo de vida.* Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

*Análisis del ciclo de vida (ACV).* Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

*Análisis del inventario del ciclo de vida.* Fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

*Evaluación del impacto del ciclo de vida.* Fase del análisis del ciclo de vida dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo el ciclo de vida del producto.

*Interpretación del ciclo de vida.* Fase del análisis del ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o de ambos, se evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos para llegar a conclusiones y recomendaciones

*Aseveración comparativa.* Declaración ambiental en relación con la superioridad o la equivalencia de un producto con respecto a un producto competidor que realiza la misma función.

*Transparencia.* Presentación de información de forma abierta, exhaustiva y comprensible.

*Aspecto ambiental.* Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

### Objetivo.

Esta herramienta se enfoca principalmente en el análisis del edificio, a lo que hacen referencia De Solminihaç y Thenoux (2002) el objeto de análisis (edificación), una estructura física definida como un elemento material, de carácter artificial, inserto en un ecosistema urbano, producto de la transformación de materiales y energía, con el propósito de ser habitado o en el cual, se desarrolla una actividad económica particular.

Como el objetivo es medir la tendencia de impacto del objeto ya seleccionado (edificio) la implementación de la metodología ACV, permite considerar en el análisis, no solo el consumo energético, como lo hacen otras evaluaciones, sino los materiales y los procesos involucrados.

### Alcance.

Una edificación es el resultado de un proceso, que comprende las siguientes etapas: Diseño, Construcción, Uso y Deconstrucción; Acosta (2009) indica que la actividad de la

construcción es la que mayor impacto produce en el ecosistema natural. La herramienta que se presenta se enfoca en esta actividad, por ende se basa en un sistema básico: entradas-procesos-salidas.

Teniendo en cuenta que el edificio es el elemento constructivo básico, y como se ha mencionado la construcción ejerce el mayor impacto ambiental sobre el sistema soporte, esta herramienta permite:

- Identifica los factores críticos de impacto antes y durante el proceso.
- Corregir los impactos potenciales, garantizando que el producto final (el edificio construido) se traduzca como ambientalmente aceptable.

**Sistema implementado**

**Tabla 3. Sistema SPA (Sistema-Proceso-Actividad)**

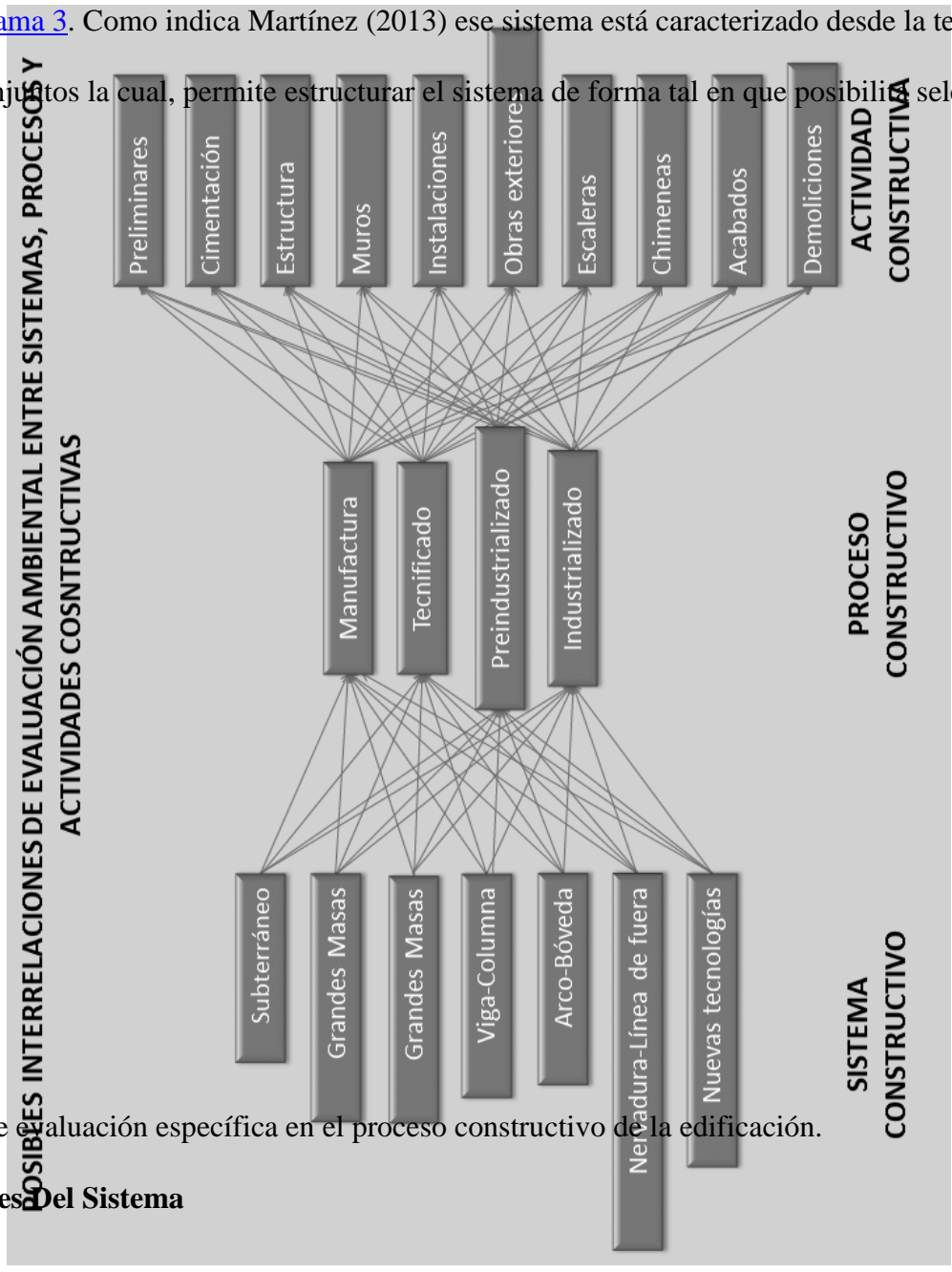
Sistema Constructivo	Proceso Constructivo	Actividad Constructiva
Subterráneo	Manufactura	Preliminares
Grandes Masas	Tecnificado	Cimentaciones
Viga-Columna	<u>Preindustrializado</u>	Estructuras
Arco-Bóveda	Industrializado	Muros
Nervadura-Línea de fuera		Instalaciones
Nuevas tecnologías		Obras exteriores
		Escaleras
		Chimeneas
		Acabados
		Demoliciones

*Nota:* El sistema para análisis está definido en tres categorías ordenadas de lo general a lo particular las cuales, son interdependientes y a cada elemento le corresponde uno o más elementos del siguiente conjunto (Halmos, 1965).



**Posibles Interrelaciones Del Sistema SPA (Sistema-Proceso-Actividad)**

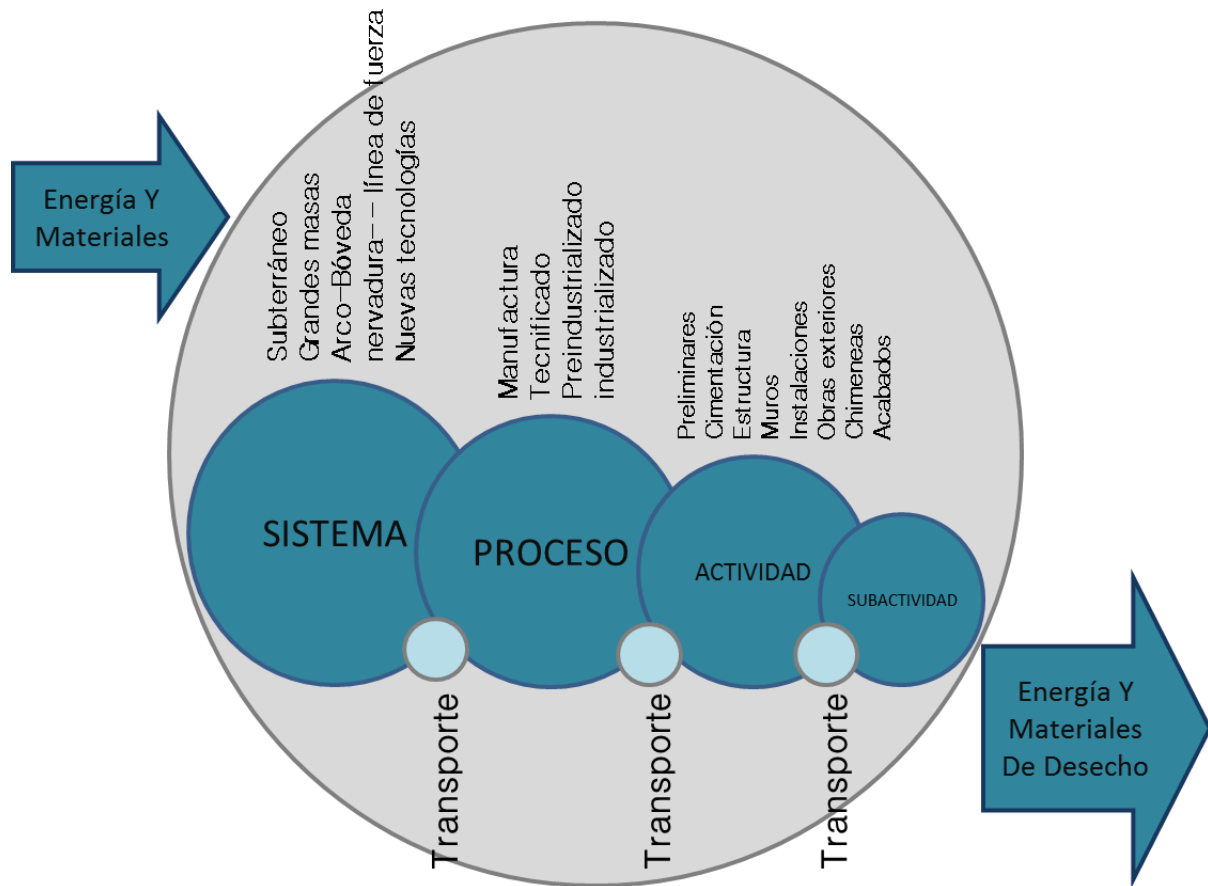
[Diagrama 3](#). Como indica Martínez (2013) ese sistema está caracterizado desde la teoría general de conjuntos la cual, permite estructurar el sistema de forma tal en que posibilite seleccionar una



ruta de evaluación específica en el proceso constructivo de la edificación.

**Límites Del Sistema**

**Descripción del sistema durante la etapa constructiva, con el transporte como conector entre procesos.**



**Figura 6.** El sistema está delimitado por las subactividades a realiza, lo cual define el proceso constructivo de la edificación en función de sus elementos constitutivos y la forma como se elaboran, mediante la transformación de los materiales y la implementación de la energía. En el ciclo de vida del edificio, se tiene en consideración la etapa constructiva como sistema para el estudio del ACV.

### Categorías de impacto consideradas

En lo concerniente a los indicadores de impacto ambiental, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos (Martínez, 2013):

- Materiales, en Kg./m<sup>3</sup> (peso final de la materia de los diferentes elementos que conforman la construcción y el mantenimiento del edificio, de acuerdo con su sistema constructivo).
- Energía, en MJ/m<sup>3</sup> (consumo energético asociado a las fases que tienen lugar durante la vida útil del edificio, como fabricación de materiales, transporte, climatización, etc.).
- Emisiones de CO<sub>2</sub>, en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (liberación de dióxido de carbono asociada a todas las fases que tienen lugar durante la vida útil del edificio, como fabricación de materiales, transporte, climatización, etc.).
- Toxicidad ambiental, en HCA+HCWkg/m<sup>3</sup> (emisiones o vertidos contaminantes al aire y al agua y al suelo).
- Toxicidad humana, en ECAkg/m<sup>3</sup> (emisiones o vertidos contaminantes al aire y al agua y al suelo).
- Intensidad material de los materiales, en MIPS t/t (cantidad de materia mineral, vegetal y animal total afectada en los procesos de extracción y fabricación de los materiales).
- Agua, en m<sup>3</sup> (agua utilizada en los procesos de extracción y fabricación de los materiales, los procesos constructivos y en el uso del edificio).
- Residuos sólidos en Kg./m<sup>3</sup> (residuos de construcción, mantenimiento y demolición).

- Material reciclado, porcentaje de material sobre el total (material que efectivamente se ha reciclado respecto del total de materiales, en el inicio de la obra).
- Material reciclable, en porcentaje sobre el total (material que efectivamente se reciclará respecto del total de materiales, en el final de la obra).

### Requisitos de los datos

Los datos recolectados se asumen como cantidades totalizadas desde cantidades de obra, lo cual supone que el proyecto esté completamente definido, ya que la herramienta no permite una toma de decisiones previa a la etapa de diseño. Las consideraciones a tener en cuenta referentes a la recolección de los datos deberán ser las siguientes según la investigación y el análisis realizado de la mano con el Arquitecto investigador Martínez (2013):

- Los datos de los materiales con los que se trabaja son todos de primera mano. No se contempla la implementación de materiales reciclados o reutilizados, en tanto no se han diseñado indicadores que puedan ponderar con exactitud el comportamiento ambiental de los mismos en referencia al nivel de impacto por medio de la herramienta aquí implementada.
- Los materiales compuestos deberán discriminarse por componente, y se evaluará cada uno por separado.

- La fuerza muscular traducida como fuerza de trabajo, se entenderá como energía propia del sistema, por lo cual no deberá ser ponderada. Esto se debe a que el ciclo metabólico de un organismo vivo, es fácilmente asimilado por el ecosistema, en un periodo no mayor a un año.
- Todos los materiales deberán ser cuantificados en Kilogramos, siendo esta unidad fundamental para el análisis.
- Las unidades de volumen, deben traducirse siempre a unidades del SI o a metros cúbicos.
- Las mediciones realizadas a edificaciones construidas, deben contemplar el análisis de materiales en su estado original. Lo mismo sucede con edificaciones de tipo patrimonial.
- Los datos recolectados no contemplan la etapa de uso, en tanto se asume que los materiales sufren un desgaste por acciones antrópicas, físicas y ambientales las cuales, causan un impacto determinado en el medio y los seres humanos.
- Si la masa de la entrada es inferior al 5% del total, el análisis solo contempla con materiales y no con las distancias de transporte y con energía.
- Cuando el impacto de una entrada es inferior al 5% del total el dato no es considerable en tanto la “carga ambiental” definida por la ISO no esta definido y no está claro el uso de resultados aislados.

**Metodología para evaluación impacto**

La evaluación de impacto está determinada por la afectación sobre el ecosistema, y el tiempo de recuperación del mismo, factor que determina el grado de impacto negativo (Odum E., 2006).

**Tabla 4. Matriz equivalencias en milipuntos para niveles de impactos negativo.**

MILIPUNTOS	NIVEL DE IMPACTO
0	<b>0 NULO:</b> Sin afectación en el ecosistema
0,1 - 10000	<b>1 BAJO:</b> Asimilado por el ecosistema en un periodo 3 meses a 1 año
10000,1 - 50000	<b>3 MEDIO:</b> Asimilado por el ecosistema en un periodo 1 a 10 años
50000,1 – y mayores.	<b>5 ALTO:</b> No Asimilado por el ecosistema periodos superiores a 10 años

*Nota:* Como se menciona anteriormente, los indicadores que se utilizan en esta herramienta, se diseñaron en milipuntos, se ha establecido mediante una matriz de impacto las equivalencias correspondientes al nivel de impacto ponderado. Semillero Investigación UGC, 2013

**Análisis de inventario**

**Tabla 5. Inventario de actividades y procesos.**

Inventario de Actividades
Preliminares
Cimentación
Estructura
Muros
Instalaciones
Obras exteriores
Escaleras
Chimeneas
Acabados
Demolición

*Nota:* El inventario (ISO 14040, 2007) objeto de estudio, está definido en las actividades a realizar, cada actividad describe un proceso en particular articulado a una serie de subactividades realizadas en cada actividad que, pueden estudiarse individualmente o en conjunto, por medio de la asignación de entradas y salidas de materiales, de energía y, procesos involucrados (Martínez, 2013). Arq. Mario Martínez, 2013

### Recolección de datos

La recolección de los datos debe realizarse previo cálculo de cantidades de obra, y todas las unidades deben estar registradas en el sistema Internacional de Medidas Y sus submúltiplos.

### Productos, coproductos y residuos.

La investigación realizada en conjunto con el semillero de Investigación de la UGC, se encontró que al igual que los materiales de entrada, los Productos y coproductos involucrados se cuantifican en las unidades del SI, sus submúltiplos y unidades equivalentes. Éstos sin embargo, deben evaluarse por separado en cada componente.

Los residuos sólidos producto del proceso de construcción implementan las mismas unidades, sin embargo su cálculo, obedece a un porcentaje de desperdicio del material de entrada, establecido previamente y el cual, puede variar dependiendo de la naturaleza del proyecto. De igual manera los residuos líquidos se entenderán como el resultado de un conjunto de materiales y se cuantifican con las unidades de capacidad correspondientes al SI. Las emisiones se calculan también en unidades de capacidad descritas en el SI y otras equivalentes como el m<sup>3</sup>.



### Calculo de impacto.

La herramienta, permite realizar el conteo de milipuntos por entradas y salidas (de materiales y energía) en cada proceso del sistema. Esta herramienta está diseñada entre otras cosas, para identificar los errores de sintaxis y los datos repetidos, con el fin de evitar inconsistencias en los resultados finales. Este tipo de validación esta descrita desde los métodos de Análisis y Eliminación de duplicados (Martínez, 2013):

- Análisis: El análisis en la limpieza de datos, es realizado para la detección de errores de sintaxis.
- Eliminación de duplicados: la detección de duplicados requiere un algoritmo para determinar si los datos contienen representaciones dobles de la misma entidad.

Los datos recolectados están procesados desde una programación simple, que indica la relación de procesos unitarios y define automáticamente el flujo de referencia de la unidad funcional.

**Interpretación ACV**

Tabla 6. Interpretación de grados de impacto.

MILIPUNTOS PONDERADOS	GRADO DE IMPACTO NEGATIVO
0	0°: GRADO NULO
0,1 - 10000	1°: GRADO UNO
10000,1 - 50000	2°: GRADO DOS
50000,1 – 100000 y mayores	3°: GRADO TRES

*Nota:* La herramienta presenta una interpretación de resultados, entendidos como la tendencia del impacto negativo, con un mayor o menor grado de incidencia, de acuerdo a la cantidad escalar obtenida al final del estudio.

### Tipo de informe.

La aplicación diseñada, presenta la información analizada a través de una gráfica tipo barras que indican la tendencia de impacto negativo. Este análisis está discriminado en: entradas, procesos, salidas, residuos y transporte involucrados. Por lo tanto, se permite identificar los niveles de impacto en alto, medio o bajo, para la posterior toma de decisiones en torno al proceso evaluado.

### Diseño de instrumento de evaluación

Teniendo en cuenta la metodología estándar para la evaluación ambiental, basamos la propuesta en el concepto de ACV, que se adapta a la etapa constructiva del edificio, la evaluación ambiental, debe comprender al menos los siguientes aspectos:

### Condiciones ambientales base.

Gayoso e Iroume (1991) indican que es la construcción de la línea base como principal punto de partida para la posterior emisión de un concepto, alrededor del sistema ambiental.

Cuenta con dos características:

- Lineamientos Ideales: es decir la edificación con impacto cero, sin embargo no es posible ya que toda acción humana genera un efecto ambiental.
- Lineamientos Especiales: es decir una reducción o mitigación de impacto a tendencia cero.

### Impactos del proyecto urbano.

Una edificación lleva intrínseco un nivel de impacto negativo, que debe ser tenido en cuenta dentro del marco de las dinámicas ecológicas ya que consume recursos, energía y genera desechos. En este sentido, la relación existente entre el ecosistema soporte y el edificio, se denomina ecología urbana. Cabe aclarar que por impacto ambiental por impacto ambiental se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos (Martínez, 2013). Dicha relación ha sido ampliamente estudiada por Bettini (1998) en su trabajo sobre ecología de la ciudad en el cual, sugiere lineamientos básicos para lograr una ciudad y edificio ambientalmente sostenibles.

**Impactos potenciales.**

La identificación de los potenciales impactos ambientales directos e indirectos, incluyendo oportunidades para mejorar el medio ambiente, sin que se provoque detrimento de ninguno de los demás componentes del sistema ambiental (Gayoso & Iroume, 1991).

**Tabla 7. Matriz Aspecto/Impacto**

<b>PROCESO</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>ASPECTO</b>
Preliminares	Ruido Generación de desechos. Vertimientos.	Contaminación auditiva. Vertimientos al sistema de alcantarillado urbano. Generación de desechos sólidos.
Cimentación	Deforestación Pérdida de Biodiversidad	Erosión Disminución capa vegetal Disminución de especies nativas
Estructura	Ruido Material particulado Vertimientos Emisiones de CO2	Contaminación auditiva y problemas auditivos Problemas respiratorios asociados a material particulado. Contaminación del agua por la disolución de material orgánico, arcillas y productos de la construcción. Contaminación atmosférica e intoxicación por CO2.

Muros	Vertimientos. Contaminación suelo. Material particulado. Generación de desechos.	Contaminación corrientes subterráneas y aguas lluvias con material cementante. Polvo en la atmosfera por material cerámico y arenas. Filtraciones en el suelo de cementantes.
Instalaciones	Vertimientos Contaminación suelo Material particulado	Contaminación del agua y el suelo con residuos sólidos de construcción (concreto, mampostería, plásticos, aceros- maderas)
Obras exteriores	Residuos sólidos. Ruido. Material particulado	Maquinado de materiales.
Escaleras	Residuos sólidos. Ruido. Material particulado	Maquinado de materiales.
Chimeneas	Residuos sólidos. Ruido. Contaminación agua. Material particulado	Maquinado de materiales. Limpieza con agua.
Acabados	Residuos sólidos. Ruido. Contaminación agua. Material particulado	Maquinado de materiales. Limpieza con agua.
Demolición	Residuos sólidos. Ruido Material particulado	Residuos de construcción Desechos de construcción y escombros Contaminación auditiva

*Nota:* Los impactos ambientales del proyecto en su etapa constructiva, se resumen en la siguiente matriz, la cual ayuda a identificar los aspectos ambientales a ser tratados en la edificación.

Semillero Investigación UGC, 2013

### Comparación sistémica de cada proceso

Se hace necesario una comparación de alternativas para inversión, ubicación, tecnología y diseño, ya que el fin es una conservación del recurso como primera instancia y aprovecharlo y maximizarlo, sin embargo debe tenerse en cuenta que cada actividad causa una afectación sistémica de impacto.

### Definición de medidas preventivas

El enfoque de la evaluación ambiental, se dirige hacia dos objetivos:

1. Identificación de impactos durante el proceso.
2. Identificación de impactos potenciales.

Teniendo en cuenta lo anterior esta herramienta propone una evaluación ambiental desde el ACV, ya que es un procedimiento que permite visualizar los impactos probables e indica la

tendencia de peso que el edificio imprime sobre el sistema soporte (Semillero Investigación UGC, 2013)

**Control de procesos ambientalmente aceptables**

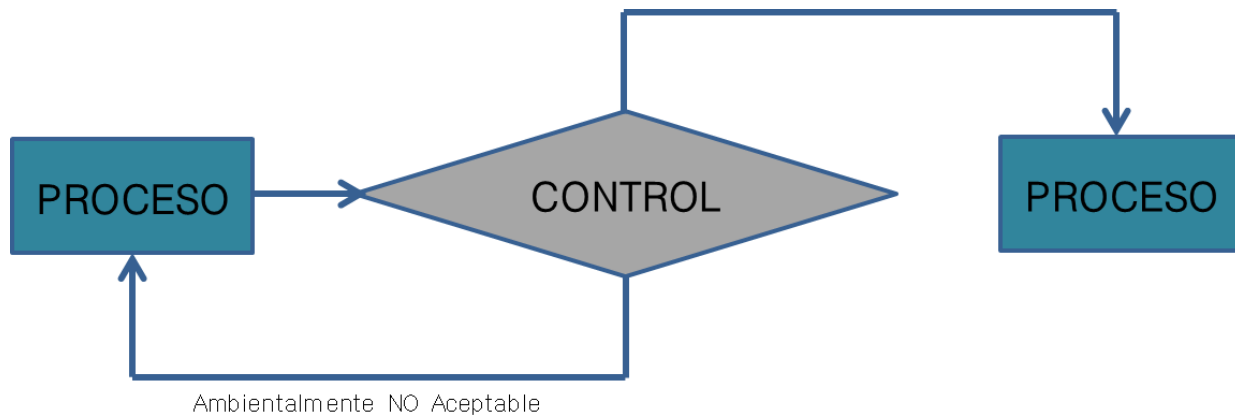


Diagrama 4. Una vez se obtiene los impactos ideales y potenciales, se puede elaborar un modelo de gestión ambiental con el fin de crear un proceso de control ambiental identificado y mitigando los impactos potenciales (Martínez, 2013)



### Instrumento de evaluación.

Es indispensable tener en cuenta dos variables básicas que permiten recolectar y validar la información para una evaluación ambiental, estas son: el instrumento y los indicadores. De igual forma, es importante contar con un elemento que articule y estructure la recolección e interpretación de la información, esto hace referencia al método. Teniendo en cuenta lo anterior, la herramienta propuesta se estructuró bajo el concepto de evaluación ambiental para la edificación, bajo los siguientes parámetros:

- Instrumento: Programación básica en hojas de cálculo, capaz de interpretar la información de entradas, procesos y salidas de la construcción en una edificación.
- Indicadores: Se utilizan los Ecoindicadores como parámetro de valoración.
- Método: Modelo de aplicación la ISO 14040, que describe el Análisis de Ciclo de Vida, ya que el interés de esta herramienta es analizar el tipo de impacto que ejerce la construcción sobre el medio ambiente (sistema soporte), y esta norma permite abordar las etapas de la misma desde el diseño hasta la demolición.

### Descripción de la herramienta

Esta herramienta basa su medición bajo los parámetros estipulados en la ISO 14040 como se menciona en el subtítulo *Evaluación Ambiental En Los Edificios* del presente trabajo; cuenta con 6 interfaces y se plantea una estructura básica de menús desplegables dependientes entre sí, lo que indica que al seleccionar una opción el menú siguiente corresponde a un listado exclusivo de dicha opción, de esta forma se referencia la información, en donde se indican los aspectos a evaluar a través de los Ecoindicadores pertinentes a cada proceso, material o energía; es necesario aclarar que el proyecto a analizar bajo esta herramienta puede estar ubicado en cualquier sitio geográfico.

**Primera interfaz: Formato**

Esta interfaz se divide en tres partes:

**1. Información general de la primera interfaz**

SISTEMA DE EVALUACION AMBIENTAL PARA EDIFICACIONES		
INFORMACION GENERAL		
NOMBRE DEL PROYECTO		
DIRECCIÓN		
PAIS	DEPARTAMENTO	CIUDAD
Colombia	Boyacá	TUNJA
USO DEL SUELO	TIPOLOGIA DE USO	NUMERO DE PISOS
Suburbano	Educacion	2
NUMERO DE SOTANOS	URBANISMO	OBRAS COMPLEMENTARIAS
0	Andenes	Infraestructura de telecomunicaciones.

[Tabla 8.](#) Se realiza una descripción detallada del proyecto a evaluar con las variables más relevantes y de incidencia directa.

**2. Descripción del proceso constructivo:**

DESCRIPCION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	
1. TIPO DE CONSTRUCCION	Observaciones
Acero	
2. SISTEMA CONSTRUCTIVO	
Viga-Columna	
3. PROCESO CONSTRUCTIVO	
Preindustrializado	
4. ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA	
Obras exteriores	
5. SUBACTIVIDAD CONSTRUCTIVA	
Mampostería cemento	

Tabla 9. Esta información permite tener un orden lógico de una secuencia típica del proceso, adicionalmente cuenta con un espacio para las observaciones pertinentes que deben ser mencionadas para tener en cuenta.

3. Análisis tendencia de impacto:

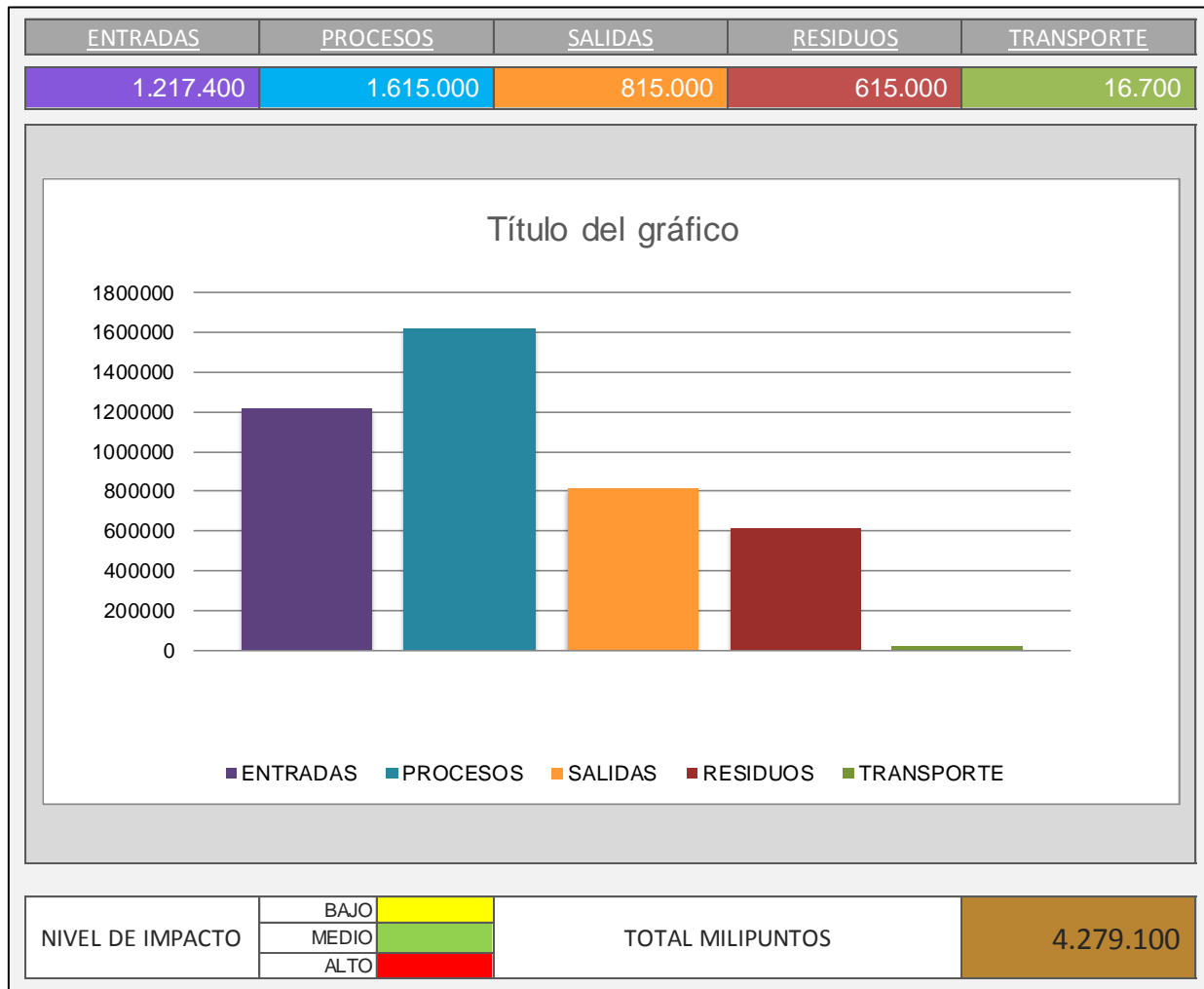


Tabla 10. Esta parte de la interfaz muestra la interpretación a través de una gráfica de barra (fácil interpretación) de la evaluación realizada, esta grafica indica el valor generado de cada etapa desde una sumatoria aritmética de milipuntos.

**Segunda interfaz: Entradas.**

**Entradas de la segunda interfaz**

MATERIAL IN	TIPO	INDICADOR (milipunto/Kilogramo)	Kg.	MILIPUNTOS
Producción_de_material_de_construcción	Hormigón_sin_refuerzo	3,8	50	190
Producción_de_material_de_construcción	Cemento	20	100	2000
Producción_de_material_de_construcción	Vidrio_templado_no_revestido	49	50	2450
Producción_de_material_de_construcción	Gravilla	0,84	30	25,2
			TOTAL	4665,2

Tabla 11. La información correspondiente a esta interfaz es la de los Materiales, Energía y Transporte; para los cuales corresponde un único indicador numérico ubicado en la columna *Indicador (milipunto/kilogramo)* dependiendo de la opción seleccionada en el menú desplegable, en la columna *Kg.* se ubica manualmente la cantidad utilizada en la edificación y en la columna *Milipuntos* se obtiene el resultado de multiplicar el indicador por el total de Kg. utilizados; finalmente el total se ve reflejado en la gráfica de reporte de la primera interfaz sobre la barra “Entradas”.

**Tercera interfaz: Procesos.**

**Procesos de la tercera interfaz**

PRODUCCION	TIPO	INDICADOR (milipunto/Kilogramo)	Kg.	MILIPUNTOS
Producción_de_caucho	Gomas_EPDM	360	10	3600
Producción_de_plástico_granulado	PET	380	10	3800
Producción_de_materiales_de_embalaje	Vidrio_marrón	50	400	20000
Producción_de_material_de_construcción	Cemento	20	350	7000
			TOTAL	34400

Tabla 12. El funcionamiento de esta interfaz es exactamente igual a la anterior, pero la información que maneja es la de proceso de cada material seleccionado.

**Cuarta interfaz: Salidas**

**Salidas de la cuarta interfaz**

MATERIAL OUT	TIPO	INDICADOR (milipunto/Kilogramo)	FACTOR DE DESPERDICIO (Kg.)	MILIPUNTOS
Producción_de_material_de_construcción	Material_cerámico	28	1%	0,28
Producción_de_plástico_granulado	PET	380	1%	3,8
Producción_de_materiales_de_embalaje	Vidrio_blanco	58	1%	0,58
TOTAL				4,66

[Tabla 13.](#) El funcionamiento de esta interfaz es exactamente igual a la anterior, sin embargo la información que se ingresa es el porcentaje de desperdicio que oscila entre el 1% y el 5% dependiendo de cada material, lo que indica que el producto resultado de estos factores (indicador y cantidad) es el material asumido como salida. Es importante tener en cuenta que desde la administración y control de procesos de obra, se ha establecido mediante un cálculo de tipo estadístico el porcentaje de desperdicio por material, y esta información es estandarizada para cualquier proyecto (Martínez, 2013).



**Quinta interfaz: Tratamientos de residuos**

**Residuos de la quinta interfaz**

MATERIAL IN	TIPO	INDICADOR (milipunto/Kilogramo)	Kg.	MILIPUNTOS
Producción_de_caucho	ABS	400	120%	480
Procesado_de_metales	Cromado electrolítico	1100	100%	1100
Procesado_de_metales	Soldadura fuerte (con plata, cobre o latón)	4000	50%	2000
Procesado_de_metales	Curvado-acero	0,00008	10%	0,000008
			TOTAL	3580,000008

Tabla 14. Nuevamente es una hoja de cálculo con menús desplegables. Esta hoja contiene la información del tratamiento que se hace a los residuos generado en el proceso, asumiendo que este material será reciclado, una vez se calcula el porcentaje de desperdicio, el indicador numérico que se adjudica es negativo, ya que se interpreta como una mitigación al impacto lo que indica que este tiende a disminuir.

**Sexta interfaz: Transporte**

**Transporte de la sexta interfaz**

MATERIAL IN	TIPO	INDICADOR (milipunto/Kilogramo)	Kg.	MILIPUNTOS
Transporte	Camión_40ton	15	1000	3700
Transporte	Transporte_carretera_por_kr	29	1000	39000
			TOTAL	42700

[Tabla 15.](#) Esta hoja cumple el mismo funcionamiento de las anteriores. Como se menciona en la Figura 7. Descripción del sistema durante la etapa constructiva, el transporte es el conector de cada proceso, por lo tanto es importante saber que cada etapa involucra un tipo de transporte a lo cual se le adjudica un Ecoindicador (la energía motriz, la distancia y el tiempo recorrido ya está incluido).

Análisis

**Resultados en cada proceso**

PROCESO	ACTIVIDAD	MILUPUNTOS POR ACTIVIDAD	TOTAL MILIPUNTOS	NIVEL DE IMPACTO
Preliminares	Descapote	1556	5170	BAJO
	Descapote mecánico	0		
	Excavación manual	1625		
	Excavación mecánica	0		
	Descapote de zanjas	1989		
	Entibados	0		
Cimentación	Muro ciclópeo	0	26192	MEDIO
	Viga corrida	11503		
	Zapata aislada	14689		
	Zapata corrida	0		
	Zapata atirantada	0		
	Micropilote	0		
	Placa nervada de cimentación	0		
	Placa flotante	0		
	Pilote concreto in situ	0		
	Pilote concreto prefabricado	0		
	Pilote en acero	0		
	Pilote en madera	0		
	Pilote prefabricado	0		
	Caisson	0		
Estructura	Columnas	13289	53512	MEDIO
	Vigas	11569		
	Pantalla	0		
	Muro estructural	0		
	Muro de carga	0		
	Placa contrapiso	18297		
	Placa entrepiso aligerada	10357		
	Placa entrepiso maciza	0		
	placa entrepiso bloque cerámico y	0		

	concreto			
	Placa steel deck	0		
Muros	Mampostería cerámica	20567	20567	MEDIO
	Mampostería cemento	0		
	Mampostería adobe	0		
	Mampostería piedra	0		
	Mampostería refractaria	0		
	Madera	0		
	Dry wall	0		
Instalaciones	Instalaciones eléctricas	1250	7375	BAJO
	Instalaciones sanitarias	6125		
	Instalaciones de voz y datos	0		
	Instalaciones mecánicas	0		
Obras Exteriores	Construcción obras exteriores	3506	3506	BAJO
Escaleras	construcción de escaleras	8879	8879	BAJO
Chimeneas	construcción e instalación de chimeneas	4561	4561	BAJO
Acabados	Pintura electrostática	0	71603	MEDIO
	Pintura base aceite	0		
	Pintura vinílica	10894		
	Cielo raso dry wall	6742		
	Cielo raso metálico	0		
	Cielo raso madera	0		
	Cielo raso fibra	0		
	Estuco plástico	0		
	Estuco yeso	0		
	Apliques yeso	0		
	Puerta madera	1925		
	Puerta acero	6054		
	Puerta aluminio	2351		
	Ventana acero	4561		
	Centana aluminio	5254		
	Ventana madera	0		
	Enchape cerámico	7264		
	Piso gres	5148		
	Piso baldosa	0		
	Piso madera	3428		

	Piso mármol	0		
	piso granito	0		
	Piso vinilo	0		
	Recubrimiento madera	0		
	Recubrimiento mármol	0		
	Recubrimiento polímero	10087		
	mueble fijo madera	7895		
	Mueble fijo polímero	0		
Demolición	Demolición de estructura y muros	3587	3587	BAJO
			Milipunto	Impacto ponderado
			201365	ALTO

[Tabla 16.](#) El cuadro resume los resultados ponderados en milipuntos, por cada proceso evaluado.

Los valores con cifra cero (0), corresponden a proceso que no se llevan a cabo en el ejemplo específico dadas las características del proyecto; el resultado aritmético obtenido en cada etapa del proceso corresponde a un valor en milipuntos, que indica el nivel de impacto negativo.

**Mitigación de impacto por recursos afectados**

PROCESO	AFECTACION EN RECURSOS Y BIODIVERSIDAD	RECOMENDACIONES DE MITIGACION
<b>Preliminares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso agua</li> <li>• Recurso Atmosfera (aire)</li> <li>• Recurso Suelo</li> </ul>	Reutilizar la capa vegetal retirada Realizar control de ruido Reutilizar el suelo removido
<b>Cimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso suelo.</li> <li>• Biodiversidad especies animales</li> </ul>	Reutilizar el suelo removido Realizar programa de recuperación para Biodiversidad
<b>Estructura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> </ul>	Control de material particulado y ruido Manejo controlado del recurso hídrico Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias.
<b>Muros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> <li>• Recurso suelo.</li> </ul>	Implementación de sistemas de control para material particulado Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias. Programa de manejo de residuos solidos
<b>Instalaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> <li>• Recurso Suelo</li> </ul>	Control de material particulado y ruido Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias. Programa de manejo de residuos solidos
<b>Obras exteriores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> </ul>	Control de material particulado y ruido
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Agua.</li> </ul>	Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso suelo.</li> </ul>	<p>Programa de manejo de residuos solidos</p>
Escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> <li>• Recurso suelo.</li> </ul>	<p>Control de material particulado y ruido</p> <p>Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias.</p> <p>Programa de manejo de residuos solidos</p>
Chimeneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> <li>• Recurso suelo.</li> </ul>	<p>Control de material particulado y ruido</p> <p>Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias.</p> <p>Programa de manejo de residuos solidos</p>
Acabados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso Atmosfera (Aire).</li> <li>• Recurso Agua.</li> <li>• Recurso suelo.</li> </ul>	<p>Control de material particulado y ruido</p> <p>Reutilización de aguas servidas y aguas lluvias.</p> <p>Programa de manejo de residuos solidos</p>
Demolición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso suelo.</li> <li>• Biodiversidad especies animales y vegetales.</li> </ul>	<p>Programa de manejo de residuos solidos</p> <p>Realizar programa de recuperación para Biodiversidad</p>

[Tabla 17.](#) Se resume las recomendaciones de mitigación de impactos, clasificados por recursos afectados.

### Conclusiones

Una de las disciplinas implicadas en la gestión y planificación de la ciudad física es la Arquitectura, por lo tanto desempeña un papel importante en lo ecológico, y teniendo en cuenta que la problemática ambiental a lo largo de la historia, señala a la ciudad como foco principal del desequilibrio ecológico y afectación global, se hace necesario describir con precisión la “arquitectura sostenible”, desde su concepción hasta su elaboración y uso, teniendo siempre presente los tres pilares del concepto de sostenibilidad.

La inquietud de garantizar una provisión continua de recursos naturales surge tiempo atrás con el análisis de oferta – demanda, ya que al tener una continua demanda de recursos se obligaría al sistema a plantear un ambiente sostenible, con el fin de mantener un equilibrio constate; sin embargo la historia ha demostrado que el incrementado del deterioro en la estructura ecológica ha sido cada vez mayor, lo cual, conlleva a problemas de orden sociopolítico y económico, arraigados a la desnaturalización del ser humano en el ecosistema.

Este efecto, inicia en las metrópolis, ya que su evolución económica y social ofrece al hombre remuneración inmediatas y aparentemente una mejor calidad de vida, cosa que las actividades ecológicas no, ya que depende de los ciclos de vida, teniendo como consecuencias el



traslado de la población rural a las ciudades; una vez esto ocurre, el sistema económico busca el equilibrio oferta - demanda, lo que hace necesaria la expansión territorial y se dispone de más recursos naturales acarreado consigo problemas ambientales urbanos.

A partir de este fenómeno, los entes gubernamentales se ven obligados a tomar medidas que garanticen la perpetuidad del sistema ecológico, y surgen políticas urbanas encaminadas al uso racional del suelo, en busca de una dinámica que permitiese un manejo ambiental basado en las actividades económicas.

Sin embargo, no solo los estados inician un plan de acción, sino que las diferentes disciplinas, especialmente la Arquitectura implementa la teoría de reivindicación con la naturaleza como principio ordenador del hábitat, buscando una apropiación de este a través de grandes franjas verde en el tejido urbano.

A lo largo del tiempo, la humanidad ha tenido diversas ideas en cuanto a la búsqueda de dicho equilibrio, pasando por visiones funcionalistas de confort, teorías urbanas como la proposición de parámetros básicos para diseñar ciudades más saludables y ambientalmente controladas o teorías como lograr metrópolis verticales auto-sostenibles (no contempla aspectos tales como el consumo energético y de recursos los cuales, no están en relación directa con la forma urbana sino con la densidad de la metrópolis).

Así mismo, después de la primera crisis energética se definen tres corrientes principales para contribuir a la recuperación del medio ambiente: conservacionismo, ambientalismo y ecologismo. Sin embargo es la tercera corriente la que se acerca más al concepto de desarrollo ambientalmente sostenible, ya que esta pretende lograr una visión en la interrelación ecosistema y ser humano, para comprender y optimizar las relaciones sistémicas y las dinámicas biológicas en aras de un beneficio mutuo.

Por tal motivo, cuando se busca plantear una arquitectura sostenible, se debe enmarcar dentro de los lineamientos de acción del mismo (economía – sociedad – ecosistema) para que tenga una validez de disciplina.

Al discutir el tema de sostenibilidad se hace necesario abordar el tema de lo particular a lo general, ya que el análisis inicia en los elementos básicos del conjunto buscando su repercusión en todo el sistema, y al llevar este principio al de un sistema sostenible, se aclara que un elemento del conjunto debe repercutir sincrónicamente en la totalidad.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que la ciudad se define como un sistema abierto y complejo cuya unidad básica es la edificación, por ende al analizar el edificio será claro el comportamiento de la ciudad como sistema, basados en esta teoría, el estudio ambiental propuesto se realiza de lo particular a lo general.

Dado lo anterior se infiere que para comprender la repercusión de un elemento básico en el conjunto debe abordarse la problemática ambiental urbana como un conjunto de elementos básicos en una relación sistémica. Con base a lo anterior y teniendo en cuenta el desarrollo de la investigación, podemos indicar que: “De esta manera, al analizar por ejemplo la cantidad de material particulado en la atmosfera, no es necesario realizar un muestreo para conocer todo el espectro. Basta con analizar sistémicamente una pequeña porción del material para saber datos precisos sobre: origen, naturaleza, patrones de comportamiento, e impacto ambiental. De la misma manera, si bien la evaluación ambiental nos genera un diagnóstico del entorno, la única forma de lograr una valoración precisa del ecosistema, es analizando sus elementos finitos. Ello implica que la información cualitativa no es suficiente, sino que por el contrario, son los datos cuantitativos los que van a permitir realizar la descripción precisa del comportamiento ambiental, en tanto los mismos, describen los elementos del sistema, para luego generar modelos matemáticos” (UGC, 2013).

Por otro lado contamos con la construcción, que se define como el proceso que materializa el hábitat, cuyo proceso está ligado a dinámicas macroeconómicas, y se hace de gran importancia comprender las líneas productivas que se enfocan en ese fin último de la construcción (entradas – procesos – salidas).

Por último, se debe tener presente que el análisis del edificio ambientalmente sostenible debe caracterizarse por los procesos, lo que indica que debe excluirse del proceso el uso de los

mismos y el factor humano (inicialmente). Contando con esta perspectiva, “la edificación sostenible se define como aquella estructura capaz de albergar al ser humano con una destinación específica, producto de un proceso productivo (construcción), y que garantiza el equilibrio entre sujeto y medio” (Martínez, 2013).

Concluido los temas mencionados anteriormente, continuamos con los indicadores, ya que pertenecen a una de las variables principales que recolectan y validan la información para la evaluación ambiental, ya que son parámetros comparativos que muestran el estado de un sistema determinado, y su carácter es una guía para comprender una parte del sistema analizado siendo la integralidad sistémica una meta a alcanzar con la única finalidad de lograr un conjunto de información articulada e interrelacionada desde lo global hasta lo particular.

En el momento que un indicador ambiental nos presenta una cifra, se asocia a una única parte y desde un único punto de vista, y cuya información carece de relevancia cuando no es susceptible a la comparación entre sistemas. Por lo tanto se hace necesaria la comparación entre sistemas una vez se obtiene un diagnóstico preciso del estado del medio.

Adicionalmente, los indicadores ambientales deben ser agrupados en un sistema de gestión y análisis, con el fin de obtener una visión sistémica de la información; y deben estar

estrechamente relacionados en escalas contextuales, ya que carece de validez si un indicador no muestra cuál es su real implicación a nivel global, regional, local y particular simultáneamente.

Es por esto que se escogen indicadores caracterizados como técnicos para la medición ambiental propuesta, que permiten crear modelos matemáticos de predictibilidad, así como ponderaciones comparativas desde valores ya establecidos en tablas y formulaciones previamente diseñadas. De igual manera, se hace necesario conocer el estado de los dos sistemas (edificio y medio) para ser comparados y obtener el impacto real que la edificación imprime sobre el medio ambiente, adicionalmente, estos indicadores se seleccionaron por la incidencia directamente relacionada con el objeto a analizar, por tal motivo, los indicadores que se emplean se han seleccionado de la tabla de indicadores locales diseñados por la agendas ambientales de Bogotá, y cuya incidencia está directamente relacionada con la actividad constructora.

Una vez se aclara el tema de indicadores, continuamos con el de la evaluación ambiental, teniendo en cuenta que para el presente trabajo utilizamos el ACV, que contribuye a mejorar los componentes de los edificios desde el punto de vista ambiental, incluso durante la etapa de uso, ya que es posible evidenciar los impactos ambientales negativos (reales y potenciales) que cada proceso y actividad imprimen en el medio, pudiendo identificar los materiales o las etapas que los causan, cuantificando su influencia. El ACV fue seleccionado ya que contabiliza todo el ciclo de vida de un proceso o servicio e involucra el consumo energético (en este caso el proceso constructivo).

### Bibliografía

1. Camargo, G. Ciudad ecosistema: Introducción a la ecología urbana; 1ª ed.; 2088; Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
2. Leucona, A., Izquierdo, M., & Rodríguez, P. (2005). Investigación e impacto ambiental de los edificios. Informes de la Construcción.
4. Acosta, D. (2009). Arquitectura y Construcción Sostenible de arquitectura.
5. Bettini, V. (1998). Elementos de ecología urbana. (M. P. Lorca, Trans.) Torino: Editorial Trotta.
6. Deléage, J. (1991). Histoire de l'écologie, une science de l'Homme et de la Nature,. Paris, Francia: Découverte.
7. Di Pace, M., & otros. (2004). Ecología de la Ciudad. Buenos Aires: Prometeo.
8. Friends, A., & Raport, D. (1979). Towards a Comprehensive Framework for Environment Statistics. Ottawa: Statistics C.
9. Gallopin, G. (1997). Indicators and their use: Information for decision-making. Ottawa: Band S. Billharz.
10. Gallopin, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Santiago de Chile: CEPAL.
11. Gaviño, N. (1997). Indicadores ambientales y su aplicación. La Plata, Argentina: UNESCO.
12. Gayoso, J., & Iroume, A. (1991). Metodología para estimar la fragilidad de terrenos forestales. Medio Ambiente.

13. Hammond, A. (1995). *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. Washington D.C.: World Resource Institute.
14. Hunsaker, C. (1990). *Ecological Indicators for the Environmental Monitoring and Assessment Program*. North Caroline: EPA.
15. Ibbotson, S., & Kara, S. (13 de 6 de 2012). LCA case study. Part 1: cradle-to-grave environmental footprint analysis of composites and stainless steel I-beams. *The International Journal of Life Cycle Assessment* , 1-2.
16. Instituto colombiano de normas técnicas y certificación - Icontec. (2008). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14040*. Bogotá: Icontec.
17. McKenzie, D., Hyatt, D., & McDonald, V. (1993). *Ecological Indicators*. New York: Elsevier.
18. Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
19. Montenegro, R. (2000). *Ecología de los sistemas urbanos*. Mar del Plata: Universidad nacional Mar del Plata.
20. Odum, E. (2006). *Fundamentos de ecología*. México: Internacional Thomson Editores.
21. Rueda, S. (1999). *Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana*. (pp. 2-35). Cataluña: Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
22. Schmitt, H., & Heene, A. (2009). *Tratado de construcción* (8 ed.). Barcelona: Editorial Gustavo Gili. Secretaria distrital de ambiente - SDA. (2010). *Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.

23. Society Of Enviromental Toxicology And Chemistry - SETAC. (1993). Conceptual Framework for Life--Cycle Impact Assessment Society of Enviromental Toxicology And Chemistry, Foundation for Environmental Education. Florida: Inc. Pensacola.
24. Solminihact., H. D., & Thenoux Z., G. (2002). Procesos y Técnicas de Construcción. México, D.F.: Alfaomega grupo Editos S.A. de C.V.
25. Stren, R., White, R., & Whitnwey, J. (1992). Sustainable cities: urbanization and the environment in international perspective. London: Westview Press.
26. Tendero, R. (2002). Conferencia del Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente. Arquitectura integrada en el medio ambiente (pp. 2 - 6). Madrid: ETSAM.
27. TINEO, J. A. (1994). Historia de la Construcción: de la caverna a la industrialización. Barcelona: Montesinos Editor S.A.
28. Trama, L., & Troiano, J. (2001). Análisis del ciclo de vida según las normas de la subserie IRAM---ISO 14040.