

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD COMO
HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES PARA LA GESTIÓN DE
PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA.**

PAULA ANDREA GAVIRIA GAVIRIA

**UNIVERSIDAD EAFIT
ANTIOQUIA
MEDELLÍN
2013.**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD COMO
HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES PARA LA GESTIÓN DE
PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA.**

PAULA ANDREA GAVIRIA GAVIRIA

**Trabajo de Grado para
Optar al Título de Maestría en Ingeniería
Con énfasis en la Gestión de la Construcción**

Asesor:
Luis Fernando Botero Botero

**Universidad EAFIT
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil
Gestión de la Construcción
MEDELLÍN
2013**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, 13 de Febrero de 2013

*Quien abra los ojos a las posibilidades de la evolución en su infinita
variedad aborrecerá el engaño y la violencia y desdeñará la
prosperidad a costa de sus semejantes.*

Svante Arrhenius, 1909

*Desde el espacio puede verse cómo la especie humana
Ha transformado la tierra [...]. La explotación del planeta
Por parte del hombre está llegando a un límite crítico.*

Stephen Hawking, 2007

DEDICATORIA

A mi abuela Tulia *Q.E.P.D.*

A mi hermosa Familia.

Y a *William Rouge* por su apoyo incondicional en la búsqueda de este sueño.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad EAFIT por ser la casa del presente estudio, a mi asesor el Ingeniero Luis Fernando Botero y al grupo de personas que aceptaron ser entrevistadas, compartiendo su tiempo y nutriendo el presente trabajo de sus conceptos de sostenibilidad; conectado la sinergia de los centros urbanos con el principio de hacer más con menos, ellos son: Doctor Juan Luis Mejía Arango, rector de la Universidad EAFIT, Carlos Mario Bernal del Clúster de la construcción- Antioquia, John Jairo Agudelo ,Jefe de la carrera de Ingeniería Civil- EAFIT, Michele Hermelin, Geólogo- Investigador Universidad EAFIT, Olga Inés Restrepo Ocho, funcionaria del Municipio de Envigado, Jesús Gaviria , funcionario de la Alcaldía de Medellín, Juan Fernando Mesa Accionista y Diseñador Empresa ICC, Eduardo Fistman Gerente de la empresa MASBIO, Germán Vélez Gerente de Hato Vial , Santiago García Cadavid director de Infraestructura CONINSA RAMON-H, Nora Cadavid Investigadora de la empresa URBAM, Andrés Villegas Hortal director ejecutivo del centro de investigación CIDICO y Mauricio Bedoya Arquitecto- Docente -Investigador del Colegio Mayor.

GLOSARIO

Desarrollo sostenible: El desarrollo sostenible es aquél que “satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.”

Ecoeficiencia: Racionalización de los sistemas de producción para producir “más” con “menos” recursos naturales y menor impacto ambiental.

Sostenibilidad integral: En la triple dimensión ecológica, económica y social

Sostenibilidad refiere a una convivencia dinámica, compleja y en equilibrio de los elementos bióticos y abióticos que conforman nuestra Tierra.

Indicador: Un indicador es más que una estadística, es un variable que en función del valor que asume en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente, y que los usuarios decodificarán más allá de lo que muestran directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo

Indicador de Sostenibilidad: Es un indicador que aplica su conjunto genérico de ideas al sistema particular, conjunto de valores y metas evocadas en el concepto de sostenibilidad. Así, los indicadores de sostenibilidad proveen señales que facilitan la evaluación de progreso hacia objetivos que contribuyen a lograr la meta de lograr el bienestar humano y ecosistémico en forma simultánea.

Variable: Fenómeno que se estudia y cuyo valor en el tiempo o en el espacio, varía. Una variable es una representación operacional de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema.

Construcción sostenible: comprende, no sólo las obras de construcción propiamente dichos, sino también cuenta el entorno y la manera cómo se integran para formar las ciudades.

Infraestructura: es el conjunto de obras civiles o servicios que están considerados como necesarios para que un Estado o organización pueda funcionar bien o para que una actividad se desarrolle efectivamente.

RESUMEN

Desde el uso del concepto de desarrollo sostenible y su aplicación en las diversas áreas de la planeación urbana y a los proyectos de construcción en general, un contado número de indicadores de sostenibilidad han aparecido. Este trabajo analiza la necesidad de establecer un sistema formado por un grupo de indicadores que incluya a todos los partícipes involucrados en el ciclo de vida de un proyecto de Infraestructura, para hallar criterios de registro y evaluación de la sostenibilidad. Por lo tanto, se identifica, clasifica y prioriza las diferentes variables de la sostenibilidad que conforman un instrumento de gran utilidad dentro de los mecanismo de toma de decisiones o como herramienta de gestión integral de la obra civil, aplicado a las áreas ambiental, social, económico, institucional y tecnología/innovación. La aplicación de este método para proyectos de infraestructura en Colombia es el primer paso para controlar los procesos y su evaluación en diferentes ámbitos de la sostenibilidad de una obra de infraestructura en vía de mejorar el sector de la construcción y el medio ambiente construido.

PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad.

Indicadores.

Infraestructura.

Construcción sostenible.

CONTENIDO

Agradecimientos

Glosario

Resumen

Palabras Clave

Contenido

Lista de Tablas

Lista de Figuras

Lista de Anexos

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. MARCO DE REFERENCIA	27
4.1 MARCO TEORICO	27
4.1.1 Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible	27
4.1.1.1 Dimensiones de la Sostenibilidad.....	34
4.1.1.2 Evolución del Concepto de Desarrollo Sostenible:.....	39
4.1.1.3 Agenda 21, los Objetivos del Desarrollo del Milenio	47
4.1.2 La construcción sostenible:	50
4.1.3 Legislación y política nacional sostenible y ambienta.....	65
4.1.4 Teoría de Sistemas	82
4.1.5 Indicadores.....	95
4.1.6 Gestión del riesgo en proyectos de construcción sostenible.....	110

4.1.6 Métodos de análisis de procesos	118
4.2 ESTADO DEL ARTE	121
4.2.1 La construcción sostenible en América Latina y el Caribe	126
4.2.2 Infraestructura Sostenible:.....	130
4.2.3 Metodologías de evaluación de la sostenibilidad	139
4.2.4 Implementación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura...	145
4.2.5 Estándares para la Evaluación de la Sostenibilidad	150
4.2.6 Métodos de Evaluación de la Sostenibilidad:	155
5 MARCO METODOLOGICO	161
5.1 INTRODUCCIÓN.....	161
5.2 TEMÁTICAS INCORPORADAS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA INFRAESTRUCTURA	163
5.3 INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	167
5.4 BASE PARA UNA METODOLOGÍA PRELIMINAR	184
5.4.1 Propuesta de identificación, priorización y selección de indicadores sostenibilidad:.....	190
5.4.2 Validación y evaluación de Indicadores de Sostenibilidad	199
5.5 INSTRUCTIVOS PARA LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA	216
5.6 FICHAS PARA LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN INFRAESTRUCTURA	229
5.7 ESTANDARIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LOS INDICADORES.....	263
5.8 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	266
5.9. PROPUESTA SEGUNDA ETAPA DEL SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA.....	268
CONCLUSIONES	271
BIBLIOGRAFÍA	276
ANEXOS.....	283
Anexo A. Cuestionario para Entidades del Estado	283
Anexo B. Cuestionario para Diseñadores Estructurales	287
Anexo C. Cuestionario para Empresas Constructoras.....	289

LISTA DE TABLA

Tabla 1 Panoramas Teóricos sobre el desarrollo sostenible.	30
Tabla 2. Definiciones de la construcción sostenible.....	51
Tabla 3. Políticas del sector Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial	68
Tabla 4. Actividades económicas que requieren presentación de EIA.	69
Tabla 5. Normas ambientales formuladas en la vigencia (2010-2011)	76
Tabla 6. Sistema de indicadores de sostenibilidad de la edificación.....	144
Tabla 7. Propuesta de la Evaluación sostenible en la ingeniería civil.	149
Tabla 8. Estándares relacionados con la aplicación de la sostenibilidad en la edificación.....	151
Tabla 9. Grupos temáticos de la sostenibilidad en la infraestructura.	166
Tabla 10 Actores Y factores que intervienen en la infraestructura sostenible.....	169
Tabla 11 Actores y Entidades analizadas en el estudio.....	170
Tabla 12 Identificación de personas entrevistadas	171
Tabla 13 Resumen de los datos demográficos de los entrevistados.	174
Tabla 14 Calificación según indicador de aptitud.....	176
Tabla 15 Conocimiento del tema por parte de los actores.....	177
Tabla 16. Infraestructura relativa a indicadores de sostenibilidad	182
Tabla 17 Evaluación de las normas PRAM y PMBOX por fases	186
Tabla 18 Resumen de los temas para la infraestructura sostenible.....	188
Tabla 19. Lista No 1 Revisión de documentación y legislación.	194
Tabla 20. Lista No 2 Tormenta de ideas.	195
Tabla 21. Lista No 3 Políticas internacionales y regionales	196
Tabla 22. Lista No 4 A Edificación.	197
Tabla 23. Lista 4 B Sostenibilidad Urbana.	198
Tabla 24. Valoración de los Indicadores con relación a los criterios de sostenibilidad	206
Tabla 25. Clasificación de indicadores y evaluación final	208
Tabla 26. Indicadores finales del sistema y su peso.....	211
Tabla 27. Indicadores y variables finales	214

Tabla 28 1.1 Dimensión Institucional- Grupo de indicadores y variables.....	217
Tabla 29. 1.2 Dimensión Tecnología e Innovación- Grupo de indicadores y variables.	219
Tabla 30 2.1 Dimensión Económica- Grupo de Indicadores y variables.....	221
Tabla 31 Dimensión Ambiental- Grupo de Indicadores y variables.....	223
Tabla 32. 2.3 Dimensión social - Grupo de indicadores y variables.....	227

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Integración e interacción de los subsistemas económico, medioambiental y social.....	36
Figura 2. Desarrollo sostenible y sus elementos en el tiempo.	44
Figura 3. Estructura general para la elaboración de EIA.	74
Figura 4. Interrelación de indicadores de sostenibilidad.	104
Figura 5. Diagrama de causa-efecto en una etapa del ciclo de vida de un proyecto.	116
Figura 6. Diagrama de proceso.....	118
Figura 7. Sostenibilidad de la construcción, incorporación de parámetros de sostenibilidad	126
Figura 8. Modelo Presión-Estado -Respuesta.	157
Figura 9. Modelo por Familias.....	159
Figura 10 Desarrollo de la metodología para el desarrollo de indicadores.	168
Figura 11 Contribución de valor total en la demografía	174
Figura 12 Contribución de cada actor frente al conocimiento del tema	178
Figura 13 Dimensiones de la sostenibilidad en la infraestructura	181
Figura 14 porcentaje de las dimensiones por proceso.....	183
Figura 15. Normas Base de la metodología.....	185
Figura 16. Fases de Identificación de la sostenibilidad.....	190
Figura 17. Listas de Evaluación.	192
Figura 18. Componentes de la competitividad en la infraestructura sostenible. ...	200
Figura 19. Desglose de la sostenibilidad en la infraestructura.	205
Figura 20. Valor en porcentaje de las dimensiones evaluadas.....	209
Figura 21. Radar final del peso de indicadores en los actores.....	215
Figura 22. Integración de Indicadores de sostenibilidad para el sistema de indicadores de infraestructura.....	267

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cuestionario para Entidades del Estado	283
Anexo B. Cuestionario para Diseñadores Estructurales	287
Anexo C. Cuestionario para Empresas Constructoras.....	289

INTRODUCCIÓN

La estructura y contenido de este trabajo de grado, integra el diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad como herramienta en la toma de decisiones en la gestión de proyectos de infraestructura sostenible en Colombia. La elaboración del sistema de indicadores permite medir y evaluar el proceso de la sostenibilidad de una obra de infraestructura, ratificando la evaluación estratégica y la transformación de una empresa constructora a los lineamientos internacionales de sostenibilidad.

Se parte de la definición y aplicación del desarrollo sostenible en la construcción de proyectos de infraestructura aplicados a la gestión sostenible; demostrando que estos conceptos son medibles partiendo de la observación de la realidad en la que se mueve el medio de la construcción en Colombia. Existe actualmente en el país una ausencia de sistemas, métodos y técnicas que permitan abordar la planificación de la sostenibilidad en la infraestructura. En Colombia los intentos recientes solo abordan el plano de la edificación sostenible.

El concepto central que rige este trabajo de grado, es el análisis de la sostenibilidad en la infraestructura considerando las dimensiones que la conforman y describiendo de forma holística a través de indicadores y sus variables los elementos que sirven para evaluar el desarrollo sostenible de la infraestructura en el país.

El desarrollo del contenido estará ligado a las políticas ambientales y la legislación vigente en Colombia en materia de sostenibilidad y construcción, bajo el marco del plan nacional de desarrollo 2010-2014 , dirigido a los componentes y estrategias a cargo del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y al Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, al igual que las directrices y visiones de las siguientes organizaciones nacionales e internacionales: La organización de

Naciones Unidas (ONU) , División de desarrollo Sostenible, World Green Building Council. (The world GBC), Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), World Business Council for Sustainable Development,(WBCSD) ,Agencia Nacional de infraestructura de Colombia (ANI) y la Cámara Colombiana de Infraestructura (CCI).

El trabajo de grado está dispuesto en los siguientes capítulos: en los capítulos uno dos y tres respectivamente se realiza una introducción al tema principal del trabajo de grado como contextualización a la importancia de la construcción sostenible aplicada a la infraestructura como punto importante del desarrollo sostenible. Hablando de sostenibilidad sin dejar de buscar el cuidado del entorno. La innovación y la eco-eficiencia herramientas para ahorrar recursos y minimizar el impacto ambiental, en especial en lo referente al uso de la energía, cuyo ahorro constituye uno de los principales retos. Se muestra además en la estructura del trabajo el planteamiento del problema,abordando este problema con el objetivo de aportar una solución equilibrada e innovadora que fomenten la incorporación de criterios ambientales, económicos y sociales en todas las fases de la construcción y sirvan de punto de partida para otros actores, en especial a las administraciones públicas; la justificación y los objetivos generales y específicos del trabajo están dirigidos a lograr con el sistema de indicadores que las actividades generen bienestar a la sociedad. En primer lugar hacia los ciudadanos, a través de la integración de la infraestructura en un modelo de ordenación del territorio, que proporcione cohesión social y una calidad de vida saludable. En segundo lugar, hacia la propia empresa, buscando las mejores condiciones laborales, de seguridad y salud para los trabajadores.

En el capítulo cuatro, marco de referencia del diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad como herramienta en la toma de decisiones en la gestión de proyectos de infraestructura en Colombia; se encuentra una primer fase con el marco teórico donde se realiza la percepción teórica de la construcción sostenible a nivel global desde las temáticas de sostenibilidad, desarrollo sostenible,

legislación y políticas nacionales en los temas ambiental y sostenible, realizando una investigación en la teoría de sistemas y los indicadores de sostenibilidad vinculados en los aspectos ambientales, económicos y sociales. En el estado del arte se realiza una investigación de los antecedentes sobre las metodologías para la construcción de la evaluación de la sostenibilidad, aplicables en el contexto de la construcción sostenible, los métodos para la evaluación de esta en dos áreas la edificación y la infraestructura, mostrando de esta última la poca documentación existente, además se estudia los sistemas de indicadores que existen en el medio internacional que describen los tipos de indicadores según las dimensiones que se han optado para la evaluación de la sostenibilidad.

En el capítulo cinco el marco metodológico expone los métodos empleados para obtener los criterios y demás parámetros que definan una metodología aplicable en Colombia. Las reuniones con personas expertas y entrevistas semi-estructuradas fueron utilizadas para identificar el método de evaluación; este ciclo de investigación se cierra con el desarrollo de hojas metodológicas que permitan evaluar las variables que integran los indicadores de las dimensiones identificadas para el sector de la infraestructura que otorgarán la evaluación final en términos de sostenibilidad.

Por último se encuentran las conclusiones del trabajo donde se exponen las limitaciones y validez del mismo, desde la propuesta metodológica como su aplicación en la obtención de un conjunto de indicadores sostenibles de la infraestructura en el medio Colombiano.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El reto actual en Colombia es incorporar el desarrollo sostenible dentro la gestión de los proyectos de construcción. En el tema específico de infraestructura, el país debe garantizar la alineación del proyecto con la visión de región y con los objetivos de desarrollo como directriz para el crecimiento, pero este tema solamente es posible cuando se tiene una visión del país en cuanto al papel de sus sectores competitivos en el comercio exterior, priorizando las inversiones de acuerdo a su impacto. Para llevar a cabo este cometido primero las firmas constructoras, deben mejorar su nivel de madurez, su capacidad gerencial, financiera, y su papel en operaciones como las concesiones y la garantía de innovación en un ambiente globalizado.

Teniendo una visión estratégica del desarrollo sostenible, se identifican las falencias en la relación sostenibilidad y economía que maneja la industria de la construcción en Colombia, hallando la carencia de un sistema que maneje indicadores que expongan los beneficios obtenidos en el ciclo de la obra, tema fundamental para identificar el buen uso del concepto de sostenibilidad de un proyecto.

En la industria de la construcción los costos son mezclados con otras etapas del proceso ignorando el valor real de la implementación sostenible, colocándose esta como unas de la primeras barreras en la implementación de productos competitivos en el mercado ambiental; motivo por el cual el amplio y disperso sector de la construcción necesita desarrollar sistemas de análisis que empiecen a definir los indicadores y las variables de los productos sostenibles en el mercado.

El estado actualmente no tiene un instrumento específico que permita el análisis de indicadores dejados por un proyecto de infraestructura que sea suministrado por el contratista que sirva como regulador de la inversión económica-ambiental-social desarrollada en el proyecto. Esto genera poca fiabilidad en la asignación

inteligente de los recursos, al igual se está perdiendo en el tiempo, el registro de los beneficios económicos logrados al desarrollar un proyecto de infraestructura sostenible que sirva como prueba a los entes internacionales de la inversión que se realiza en el desarrollo sostenible del país. La evidencia de esto es que no se encuentran en el medio publicaciones, estadísticas o índices que comprueben el manejo de estos por parte de las empresas o del estado, y en términos de sostenibilidad el país actualmente no cuenta con un indicador que pueda mostrar la sostenibilidad de la infraestructura o el manejo de las obras de ingeniería en general, no existe una hoja metodológica¹ en este indicador específico, no se han definido mecanismos de captura de información, no se adelanta un proceso de integración y validación técnica de la información y actualmente el reporte del indicador no se está dando.

Entonces ¿cómo pueden el estado y los constructores que trabajan en proyectos de infraestructura sostenible, evaluar la sostenibilidad para aplicar eficazmente las estrategias nacionales e internacionales de sostenibilidad y medir los resultados de los objetivos de sostenibilidad propuestos para la buena gestión de un proyecto de obra civil?. Esta pregunta es el cuestionamiento central del presente trabajo el cual es considerado a partir de la relevancia que la sostenibilidad ha ido adquiriendo para las empresas y tras haber planteado la problemática, las soluciones vinculadas a esta deben reflejar un nuevo enfoque de trabajo en el manejo de la sostenibilidad en la construcción mediante el manejo de un sistema de indicadores de sostenibilidad identificados que permitan evaluar posteriormente de forma medible la viabilidad de esta en una obra de infraestructura.

Esto significa que dentro del sistema de desarrollo sostenible debería preverse la incorporación del sistema de indicadores implementado por la empresa dentro del

¹ La Hoja Metodológica es la herramienta central del trabajo de construcción de indicadores en todo ámbito temático. La Hoja Metodológica permite objetivar los contenidos, significados, alcances, limitaciones, metodologías y disponibilidad de los indicadores que se encuentran en proceso de construcción, permitiendo que los participantes en el esfuerzo entiendan lo mismo a lo largo de cada paso del trabajo. Llenar las Hojas Metodológicas permitirá al equipo diferenciar entre aquellos indicadores que debido a sus características técnicas y su validación estadística pueden ser parte del primer conjunto a publicar, y aquellos que necesitan quedar para sucesivas fases de trabajo.

sistema general de gestión integral adoptado por ella, de acuerdo con las normas vigentes en el entorno de actuación y determinado por el análisis las fuerzas y debilidades de la organización, además de las amenazas y oportunidades del sector. Por ello es importante encontrar un método sistemático de acumulación, registro, aplicado al producto con medición de las variaciones entre el indicador de la actividad y la absorción de la misma por los bienes y servicios prestados.

2. JUSTIFICACIÓN

El apresurado crecimiento y desarrollo de los países Latinoamericanos, la creencia de que los recursos disponibles son ilimitados, el desmedido crecimiento demográfico, unido a que los impactos que se producen sobre el entorno son, generalmente, tan a largo plazo que no se consideran directamente, hacen que las consecuencias del modelo de desarrollo lo sufran las generaciones venideras. Lo certero es que los recursos son limitados, la naturaleza tiene unos límites de producción de materias y servicios así como de absorción de residuos, existen enormes diferencias sociales y económicas entre los países en vía de desarrollo que evidencia la exclusión social. Todo ello hace que en los últimos años se haya empezado a plantear un nuevo modelo de desarrollo social y económico: el desarrollo sostenible.

La introducción del desarrollo sostenible en la ingeniería es un nuevo reto que trata de conciliar las necesidades del hombre con la capacidad del planeta. De hecho, si los actuales esquemas no cambian, la expansión de la construcción destruirá o al menos perturbará los ecosistemas mundiales.

Posiblemente no existe un sector con mayor potencial de participación a la sostenibilidad que la construcción. La construcción emplea aproximadamente la mitad de los recursos que el hombre consume de la naturaleza, lo que lo convierte en uno de los sectores con más influencia en el cambio climático. Lo cual nos pone en el camino de generar proyectos que se han de realizar con criterios de construcción sostenible pues los impactos sobre el entorno social, ambiental y económico son enormes.

El trabajo de grado presentado siguiendo un enfoque de sostenibilidad pretende el diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad en un proyecto de infraestructura, tomándolo como un aspecto fundamental para la investigación de la productividad de la empresa, en equilibrio con el medio ambiente y la sociedad

convirtiéndose en un valor agregado determinante para incrementar la eficiencia y competitividad de la compañía.

Existen diferentes indicadores en la construcción, pero muy pocos se ha enfocado a la sostenibilidad del proyecto; el avance de la medición verde en la empresa, actualmente solo es medido en porcentaje de ahorro ambiental dado por las certificaciones, pero no hay valores claros que influyan en la determinación de generar o no un producto con sello verdes²,dejado actualmente a una necesidad normativa o una moda de innovación sin medir la aplicación de la sostenibilidad la cual puede ser mejorada si cuenta con un sistema de análisis previo de indicadores. La mejora del uso de los indicadores de sostenibilidad puede ayudar a asegurar la competitividad en el mercado internacional. La idea de comenzar a identificar los indicadores desde la gestión del proyecto como un parámetro medible y evaluable puede ayudar a la parte administrativa y económica logrando un balance de los costos e identificando la forma de reducir los mismo aumentando los beneficios.

En segunda instancia se verá beneficiado el estado al poder utilizar el sistema de análisis como herramienta de apoyo para optimizar las inversiones, mejorando la gestión económico-ambiental en la obras y garantizando una mejor toma de decisiones, resultado del proceso del análisis previo de los indicadores del proyecto. El desarrollo del sistema puede de igual forma incluir al ciudadano como actor ya que se le podrán mostrar en números los indicadores de sostenibilidad y los beneficios del proyecto de infraestructura a ejecutar en la región.

La importancia del problema radica en dar un paso a la mejora continua de la industria de la construcción desde la generación de pautas como lo es un sistema

² *Sello verde*: Es un medio visual que permite orientar a los consumidores al interior de una sociedad, buscando que estos prefieran productos o servicios que afecten en menor grado el medio ambiente, en comparación con productos o servicios similares, se trata de un conjunto de símbolos registrado y reconocidos, que certifican ante la sociedad que el producto cumple con una serie de requisitos y normas establecidas en mira en proteger el ambiente de una comunidad.

de análisis de indicadores de sostenibilidad que permitan adelantarse a reducir efectos negativos en las inversiones iniciales y que permitan controlar la intervención económica desde el mejor uso que garantice productos deseables en nuestro medio ambiente y al consumidor final.

Al tener identificados los indicadores de sostenibilidad en el medio de la construcción de proyectos de infraestructura se mejorarían las políticas de inversión de los municipios y los constructores tendrían más claras los instrumentos económicos, ambientales y sociales que pueden aplicar para la promoción del desarrollo sostenible.

La investigación de los indicadores en la gestión con estándares técnicos pueden resolver parte del problema actual de la construcción en la infraestructura en lo que se refiere a tener una economía ambiental clara de inversión en la industria, abriendo la migración de la actividad constructora a proyectos enmarcados en los nuevos enfoques políticos y sociales de producciones más limpias, que rigen el mercado mundial.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de indicadores de sostenibilidad para la gestión de proyectos de infraestructura en Colombia, identificando las principales variables claves relacionados con la sostenibilidad de los mismos, para proporcionar una herramienta de orientación para la evaluación holística de la sostenibilidad en la infraestructura colombiana.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar mediante el estado del arte, los diferentes modelos y herramientas de evaluación de la sostenibilidad en el sector de la construcción.
- Estudiar los indicadores de sostenibilidad aplicados a la gestión de proyectos de infraestructura civil.
- Establecer las dimensiones que abarca la construcción sostenible en la infraestructura.
- Determinar y plantear una metodología para identificar y seleccionar las variables de la sostenibilidad en la gestión de proyectos de infraestructura con el objetivo de construir los indicadores de sostenibilidad, en la gestión de un proyecto de infraestructura que sirva como modelo para la toma de decisiones bajo criterios de sostenibilidad.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEORICO

El desarrollo de infraestructura sostenible es complejo, ya que requiere tener en cuenta la interacción social, económica y ambiental. La tarea se hace aún más difícil debido a la amplia variedad de partes interesadas (los planificadores, diseñadores, constructores, empresas y público en general) que pueden estar involucrados en el proceso y a la falta de un lenguaje común para que todos puedan entender un proceso sostenible. En este trabajo se describe en el marco teórico contenidos básicos que permiten visualizar el tema de la sostenibilidad, la construcción sostenible, la legislación vigente en Colombia y su interacción entre la teoría de sistemas y los indicadores mostrando al lector las temáticas en el medio de la construcción sostenible. Al adoptar este enfoque infraestructura-sostenibilidad- indicadores se proporciona un lenguaje común para la teoría de la sostenibilidad que será entendido por todos los interesados. Además, permitirá la evaluación de las teorías aplicadas en el medio, de las decisiones relativas a las consecuencias a corto y largo plazo y de las acciones de sostenibilidad alternativas en el entorno de la infraestructura colombiana.

4.1.1 Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: El concepto de desarrollo sostenible (DS) ha sido sometido a múltiples debates; se ha definido como la expresión máxima de convivencia entre los objetivos de la conservación ambiental y el crecimiento económico. Se atribuye la necesidad de rescatar la sostenibilidad como un concepto solo vinculado con el tema ambiental. El propósito de este punto es mostrar las diferencias y concurrencias entre la sostenibilidad y el DS.

Desde el año 1972 se marca el proceso de evolución del concepto del DS, siendo el principio de un cambio en la conciencia global frente al desarrollo y medio ambiente, donde se busca unir ambos conceptos en las estrategias de producción.

La siguiente etapa de evolución del concepto de DS logra en la década de los ochenta, cuando se adquiere un alcance global en las políticas oficiales y se define que el desarrollo debe proteger al medio ambiente. El término sostenibilidad, aparece en 1987, cuando en el informe de nuestro futuro común conocido como Informe *Brundtland* de las Naciones Unidas, reconoce al medio ambiente como el límite del desarrollo. En dicho informe se define el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface todas las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Esa frase, fue creada mediante el uso del término sostenible como un adjetivo que define y establece el proceso de evolución del mundo.

El Informe *Brundtland* sentó las bases conceptuales de la idea de desarrollo sostenible. La sostenibilidad se convirtió en el concepto clave y el modelo para la política internacional, regional y local en muchos países alrededor del mundo. En el informe, la Comisión de *Brundtland* señala los límites del sistema de la sociedad industrializada y retoma el análisis del Club de Roma³ en su informe: los límites del crecimiento. La Comisión señalaba que "el concepto de desarrollo sostenible no implica límites, no límites absolutos, sino limitaciones impuestas por la tecnología actual y la organización social sobre los recursos ambientales y por la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas" (*Brundtland et ál.*, 1987). Entendido de este modo, el concepto de medio ambiente como sólo una parte del tema global que implica la sostenibilidad.

Igualmente se expuso que la economía y el medio ambiente no pueden ser tratadas separadamente "las políticas económicas que han asumido una biosfera

³ El Club de Roma es una no-organización no-gubernamental y no lucrativa (ONG), la cual reconcilia a científicos, economistas, hombres de negocio, funcionarios internacionales y jefes de estado de los cinco continentes quienes están convencidos que el futuro de género humano está aún por determinar y que cada ser humano puede contribuir a la mejora de nuestras sociedades. (www.clubderoma.net)

ilimitada y autogeneradora, deben ahora cambiar y reconocer serios límites ecológicos” (*Brundtland et ál.*, 1987).

El término ha sido adaptado a una variada serie de interpretaciones que la han conducido a un desempeño en contra de su operatividad. Existen semejanzas de las interpretaciones desde la ciencia ecológica, económica o desde la sostenibilidad ambiental. Martínez Alier (1998), indica que el DS enfrenta probablemente lo que él denomina una cuestión ecológica política y por tanto materia de debate y decisiones de carácter global y estructural. Al realizar una revisión de estos significados se encuentran algunas definiciones desarrolladas por lo general por científicos centrados sólo en la sostenibilidad del medio ambiente (uso de los recursos naturales, capacidad de carga, producción limpia etc). En estas definiciones rara vez se consideran los aspectos sociales y sus interrelaciones con los aspectos económicos y ambientales.

Es posible separar las diferentes definiciones DS en las siguientes categorías:

1. la perspectiva de los economistas convencionales
2. la visión no ambiental desde una perspectiva de degradación
3. perspectiva integradora, es decir, que abarque los aspectos económicos, ambientales y sociales
4. perspectiva intergeneracional⁴
5. perspectiva holística.⁵

En la siguiente tabla se encuentra una compilación de perspectivas teóricas utilizadas para describir el DS:

⁴ El foco perspectiva intergeneracional principal está en la perspectiva del tiempo, teniendo en cuenta los efectos a largo plazo de las decisiones de hoy, como el Informe Brundtland indica la satisfacción de las necesidades de las sociedades actuales sin comprometer las necesidades de las sociedades del mañana.

⁵ La perspectiva holística explícitamente combina las perspectivas integracionales e intergeneracional.

Tabla 1 Panoramas Teóricos sobre el desarrollo sostenible.

Teoría	Caracterización del Desarrollo Sostenible
Neoclásica/Equilibrio	Bienestar no decreciente (antropocéntrico); crecimiento sostenible basado en tecnología y sustitución; optimiza las externalidades ambientales; mantiene el acervo agregado de capital natural y económico; los objetivos individuales prevalecen sobre las metas sociales; la política se aplica cuando los objetivos individuales entran en conflicto; la política de largo plazo se basa en soluciones de mercado.
Neoaustriaca - temporal	Secuencia teleológica de adaptación consciente y orientada al logro de las metas; previene los patrones irreversibles; mantiene el nivel de organización (negentropía) del sistema económico; optimiza los procesos dinámicos de extracción, producción, consumo, reciclaje y tratamiento de desechos.
Ecológica-Evolutiva	Mantiene la resiliencia de los sistemas naturales, contemplando márgenes para fluctuaciones y ciclos (destrucción periódica); aprende de la incertidumbre de los procesos naturales; no dominio de las cadenas alimentarias por los seres humanos; fomento de la diversidad genética/biótica/ecosistémica; flujo equilibrado de nutrientes en los ecosistemas.
Tecnológica-Evolutiva	Mantiene la capacidad de adaptación co-evolutiva en términos de conocimientos y tecnología para reaccionar a la incertidumbre; fomenta la diversidad económica de actores, sectores y tecnologías.
Físico – Económica	Restringe los flujos de materiales y energías hacia y desde la economía; metabolismo industrial basado en política de cadena materiales-producto: integración de tratamiento de desechos, mitigación, reciclado y desarrollo de productos.
Biofísico- Energética	Estado estacionario con transflujo de materiales y energía mínimo; mantiene el acervo físico y biológico y la biodiversidad; transición a sistemas energéticos que producen un mínimo de efectos contaminantes
Sistémico - Ecológica	Control de los efectos humanos directos e indirectos sobre los ecosistemas; equilibrio entre los insumos y productos materiales de los sistemas humanos; minimización de los factores de perturbación de los ecosistemas, tanto locales como globales.
Ingeniería- Ecológica	Integración de las ventajas humanas y de la calidad y funciones ambientales mediante el manejo de los ecosistemas; diseño y

Teoría	Caracterización del Desarrollo Sostenible
	mejoramiento de las soluciones ingenieriles en la frontera entre la economía, la tecnología y los ecosistemas; aprovechamiento de la resiliencia, la auto-organización, la autorregulación y las funciones de los sistemas naturales para fines humanos.
Ecología- Humana	Permanencia dentro de la capacidad de carga (crecimiento logístico); escala limitada de la economía y la población; consumo orientado a la satisfacción de las necesidades básicas; ocupación de un lugar modesto en la red alimentaria del ecosistema y la biosfera; tiene siempre en cuenta los efectos multiplicadores de la acción humana en el tiempo y el espacio.
Socio- Biológica	Conservación del sistema cultural y social de interacciones con los ecosistemas; respecto por la naturaleza integrado en la cultura; importancia de la supervivencia del grupo.
Histórico Institucional	Igual atención a los interés de la naturaleza, los sectores y las generaciones futuras; integración de los arreglos institucionales en las políticas económicas y ambientales; creación de apoyo institucional de largo plazo a los intereses de la naturaleza; soluciones holísticas y no parciales basadas en una jerarquía de valores.
Ético- Utópica	Nuevos sistemas individuales de valor y nuevos objetivos sociales; atención equilibrada a la eficiencia, distribución, escala; fomento de actividades en pequeña escala y control de los efectos secundarios; política de largo plazo basada en valores cambiantes y estimulante del comportamiento ciudadano en contraposición al comportamiento individualista.

Fuente: adaptada Berg y Jeroen (1996).

En 1992, la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Rio institucionalizó el uso de la palabra sostenible como un adjetivo, que en los años posteriores ha transformado la sostenibilidad en un sustantivo más amplio.

El desarrollo sostenible es a menudo confundido con la sostenibilidad. Una cosa es sostenible cuando se puede mantener en un estado determinado en un tiempo

indefinido. Por lo tanto, la sostenibilidad es la propiedad para que una cosa sea sostenible. No hay acuerdo sobre el significado de evaluación de la sostenibilidad.

Al someter el desarrollo sostenible a un concepto se forman vínculos claros con muchos temas de preocupación: la calidad del medio ambiente, la seguridad, el control de la población etc. El terreno del desarrollo sostenible se subdivide en tres áreas: económica, ambiental y social. Estos denominados pilares o dimensiones de la sostenibilidad deben ser abordados en la evaluación de la sostenibilidad de un proyecto. Por lo tanto, la interpretación limitada en la que se tiene la sostenibilidad y el desarrollo sostenible para el pilar ecológico solo, se sustituye por la interpretación más amplia donde los tres pilares están cubiertos.

En los años setenta y ochenta se habían establecido dos cosas. En primer lugar, la crisis ambiental era real. En segundo lugar, lo que el mundo estaba dispuesto a hacer al respecto, la prioridad del mundo para el crecimiento económico era invariable. Los marcos legales y regulatorios que se han creado para proteger al mundo de que el crecimiento ha hecho mucho bien, pero no había cambiado nada fundamental.

En su informe, la Comisión de *Brundtland* no puso en duda el paradigma del desarrollo industrial en sí, sino más bien el objetivo de integrar los objetivos ecológicos, sociales y económicos. La conciliación de estos objetivos en los planos nacional e internacional es el mensaje básico del concepto de sostenibilidad.

El interés por la sostenibilidad ha crecido en los últimos años. La sostenibilidad es un problema que integra el medio ambiente y la economía de una manera que ambas partes puedan coexistir con ella y utilizarla como un nuevo punto de partida para hacer frente a lo que es básicamente el mismo problema que existía en 1970: cómo reestructurar la relación de la economía a la tierra. Para los intereses ambientales, la sostenibilidad reconoce la realidad de la crisis ambiental. En los

intereses económicos, la sostenibilidad identifica la legitimidad de crecimiento económico para satisfacer las necesidades humanas.

En el mundo se está tratando de desarrollar e implementar métodos, prácticas, programas y tecnologías que satisfagan las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, y las organizaciones tratan de equilibrar las necesidades del medio ambiente, la economía y la sociedad. Las ponencias acerca de lo que realmente significa la sostenibilidad y la forma de lograrlo son tan múltiples como las entidades luchando por ello. Kirkby et al. (1995) señaló que al menos 70 diferentes definiciones de desarrollo sostenible han aparecido en la literatura entre 1974 y 1992. Este número ha crecido exponencialmente, dado que prácticamente todas las disciplinas y organizaciones tienen un interés personal en el movimiento por la sostenibilidad. El rango de las definiciones es tan variado que Lozano (2008) fue capaz de separar en 5 categorías completamente diferentes. En sus esfuerzos por aclarar la ambigüedad y los términos utilizados en la clasificación de campo de la sostenibilidad, Glavic y Lukman (2007) defienden que "el desarrollo sostenible debe estar apoyado de indiscutibles terminologías, aplicables al mundo real". Con tantas opiniones y definiciones que circulan con respecto a la sostenibilidad, existe la necesidad de un conjunto de principios básicos que se pueden aplicar de manera uniforme en todos los segmentos de la sociedad y las disciplinas. Los principios son significados fundamentales que sirven de plataforma para las acciones, y como un marco esencial para el constitución de un sistema más complejo (Glavic y Lukman, 2007).

El "Paso Natural" (Robert, 2000) fue una de las primeras guías para establecer los principios del DS; fue compilado por diez científicos de sostenibilidad, pioneros centrados en los principios de desarrollo sostenible. El documento establece los principios que "en una sociedad sostenible, la naturaleza no está sujeta al aumento sistemático de:

1. Concentraciones de sustancias extraídas de la corteza de la Tierra;
2. Las concentraciones de las sustancias producidas por la sociedad;
3. Degradación por medios físicos, y, en esa sociedad, las personas no están sujetas a las condiciones que sistemáticamente socavan su capacidad para satisfacer sus necesidades⁶.

El concepto de sostenibilidad, se escucha en todo el mundo, las ideas de sostenibilidad y el desarrollo sostenible han sido uno de los conceptos de más rápida propagación intelectuales del siglo.

En conclusión, la sostenibilidad ofrece a las empresas y a otros intereses corporativos una oportunidad de cambiar la matriz organizativa sin comprometerse a cambiar nada fundamental sobre sus operaciones. El principal valor de la sostenibilidad ha sido la de articular una meta de reducción de la brecha entre los límites del medio ambiente y las aspiraciones económicas de la humanidad y para incitar al debate acerca de cómo hacerlo posible.

Esto era necesario para dar a las naciones en desarrollo alcance suficiente para el futuro desarrollo económico y social sin sobrecargar el sistema ecológico. Este fue el compromiso histórico, la comisión trató de encontrar entre los países desarrollados y en desarrollo, un compromiso que es mucho más difícil de aplicar en la política real.

4.1.1.1 Dimensiones de la Sostenibilidad: Partiendo desde una perspectiva integradora de la sostenibilidad, la característica clave es la integración de los aspectos económicos, ambientales y sociales, denominados los principales pilares de la sostenibilidad y las relaciones entre ellos. La siguiente cita es un ejemplo clave de esta perspectiva: " Desarrollo sostenible implica el ejercicio simultáneo de

⁶ El Paso Natural (The Natural Step) concebido por Robert (1995) después de alcanzar el consenso entre un amplio conjunto de expertos. En las bases de este programa se halla el principio, inspirado en millones de años de evolución natural, de que los únicos procesos que podemos prolongar indefinidamente son cíclicos; todo proceso lineal llegará, con el tiempo, a su fin.

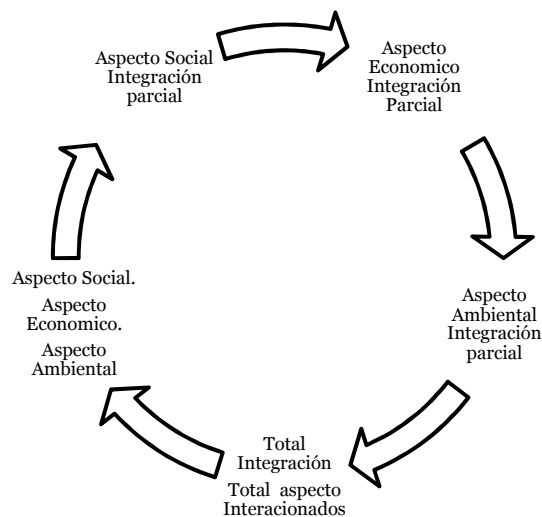
la prosperidad económica, calidad ambiental y la equidad social” (Caníbales con tenedores. John Elkington. (1997)).

Lo primero en la búsqueda de la sostenibilidad sería ayudar a equilibrar la importancia y la integración de los tres pilares básicos, donde la importancia y el impacto de los aspectos económicos deben ser igual a la de los ambientales y sociales; la tendencia es pasar de la perspectiva económica salvaje a generar una integradora; la sostenibilidad no solo tiene un enfoque, las propuestas conceptuales de los diferentes modelos se pueden plasmar con graficas diferentes según la importancia que cada autor le dé a las dimensiones de la sostenibilidad.

La interpretación visual es parte vital en el entendimiento del concepto y entre las figuras más importantes hallamos: los diagramas de Venn, en los círculos concéntricos y no concéntricos, en el triangulo de la sostenibilidad como propuesta geométrica y las representaciones vectoriales. Estos modelos están en continua evolución al igual que el concepto en sí, este concepto que se configura como un concepto multidimensional y multifuncional. Al hablar de los modelos integracionales⁷ se parte de los subsistemas que lo integran de modo que se analizan las interconexiones entre sistemas dando la importancia a cada uno y por medio de un modelo estático se obtiene una combinación de los aspectos valorados que dan paso a un proceso dinámico, la figura 1 muestra un diagrama Venn.

⁷ Modelos integracionales se explica desde el concepto de que no hay un solo enfoque de la sostenibilidad. Son las diversas propuestas conceptuales pueden representarse gráficamente, de forma que cada modelo resultante plasma la importancia que el/la autor/a otorga a las diferentes dimensiones que configuran la sostenibilidad.

Figura 1. Integración e interacción de los subsistemas económico, medioambiental y social.



Fuente: Adaptado de Lozano (2008)

Las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad son: social, medioambiental y económica y algunos autores que incluyen una cuarta institucional- política y hasta una quinta como cultural, se piensa que dentro de las tres dimensiones también es importante la sostenibilidad educativa para completar el carácter complejo que abarca este concepto. A continuación se explica cada una de los pilares de la sostenibilidad tenidos en cuenta en el DS actual:

- ***Dimensión ambiental o ecológica***

La dimensión ambiental de la sostenibilidad es el origen de la protección de los recursos naturales necesarios para la seguridad energética y alimentaria de los pueblos y de igual forma pretende el crecimiento de la producción para satisfacer a las metrópolis en crecimiento demográfico. Esta dimensión tiene un delgado vínculo con el desarrollo de las sociedades las cuales provocan sobre consumo o insostenibilidad de los recursos naturales obedeciendo de si son desarrolladas o subdesarrolladas, siendo la pobreza el principal enemigo del medio ambiente.

- ***Dimensión social***

La sostenibilidad social, implica entablar un nuevo estilo de desarrollo que ayude al uso de los recursos naturales y la preservación de la biodiversidad y como dice Guimarães, Roberto P. (1998). “socialmente sustentable en la reducción de la pobreza y de las desigualdades sociales y promueva la justicia y la equidad; que sea culturalmente sustentable en la conservación del sistema de valores, prácticas y símbolos de identidad que, pese a su evolución y reactualización permanente, determinan la integración nacional a través de los tiempos; y que sea políticamente sustentable al profundizar la democracia y garantizar el acceso y la participación de todos en la toma de decisiones públicas. Este nuevo estilo de desarrollo tiene como norte una nueva ética del desarrollo, una ética en la cual los objetivos económicos del progreso estén subordinados a las leyes de funcionamiento de los sistemas naturales y a los criterios de respeto a la dignidad humana y de mejoría de la calidad de vida de las personas”

- ***Dimensión económica***

El contenido de la dimensión económica pide un desarrollo económicamente eficiente y equitativo dentro y entre las generaciones presentes y futuras. La puesta en marcha de procesos de producción más limpia y eficiente y la agregación de valor a las materias primas demuestran que en el esquema de sostenibilidad lo que es importante no es el crecimiento de la producción sino la calidad de los servicios que se prestan.

- ***Dimensión política e institucional***

La sostenibilidad es afín a los causas de cimentación de la ciudadanía, y busca avalar la asociación plena de las personas a los beneficios de la sostenibilidad. El primer reto es fortalecer el potencial de las organizaciones sociales y comunitarias; el acercamiento a la información por parte de los ciudadanos sobre el medio ambiental, y el aprendizaje para la toma de decisiones, en una segunda instancia se logra a través de la intervención del ciudadano al estado y la asimilación del concepto de responsabilidad política en la actividad pública. Estos son los

desafíos políticos, que se podrán enfrentar a través de la construcción de asociaciones entre diferentes grupos sociales, con el fin de lograr un consenso para el cambio de estilo de vida hacia un mundo sostenible.

- ***Dimensión tecnológica***

Es necesario un incremento de la innovación y el desarrollo tecnológicos para disminuir el contenido en recursos naturales de especificadas actividades económicas, así como para mejorar la calidad de la producción. Esta dimensión conlleva a la búsqueda y cambio de tecnologías más eficientes en el caso puntual de los países industrializados y el desarrollo de tecnologías más eficientes y limpias en países subdesarrollados.

- ***Dimensión geográfica***

Las dimensión geográfica o territorial adaptado de Guimarães, Roberto (2006) pone en consideración que la sostenibilidad funda uno de los principales retos de las políticas públicas contemporáneas, de ordenamiento y planificación ambiental, que pretenden la sostenibilidad ambiental y social del desarrollo y también el crecimiento de las regiones, avalando que las actividades productivas de las distintas economías regionales promuevan la calidad de vida de la población y protejan el patrimonio natural para las generaciones próximas.

- ***Dimensión cultural***

El cambio de mentalidad lleva a realizar un cambio en el modelo de civilización hoy dominante, en lo que se refiere a los patrones culturales de relación sociedad, naturaleza. La sostenibilidad no sólo debería promover también los patrones culturales y la diversidad cultural de los pueblos esto comprende la situación de equidad que promueve que los miembros de una comunidad, posean acceso igual a oportunidades de educación y aprendizaje de valores de acuerdo con un mundo en crecimiento y de un elemento de respeto absoluto con la naturaleza y su relación con la humanidad.

4.1.1.2 Evolución del Concepto de Desarrollo Sostenible: En las primeras décadas de presencia de las Naciones Unidas las cuestiones relacionadas con el medio ambiente intentaban figurar entre las preocupaciones de la comunidad internacional. La tarea de la organización en ese ámbito se ajustaba en el estudio y la utilización de los recursos naturales y en negociar con los países en desarrollo, para que controlaran sus propios recursos. En la década de los sesenta se convinieron acuerdos sobre la contaminación marina, principalmente sobre los derrames de petróleo, pero ante el aumento del deterioro del medio ambiente a escala mundial, la comunidad internacional se manifestó cada vez más preocupada por las consecuencias que podía tener el desarrollo para la ecología del planeta y el bienestar de la humanidad. Las Naciones Unidas han sido unos de los principales defensores del medio ambiente y uno de los mayores impulsores del desarrollo sostenible.

En los años 60 se emprendieron acuerdos y diversos instrumentos jurídicos para evitar la contaminación marina y en los años 70 se aumentaron los esfuerzos para ampliar la lucha contra la contaminación en otros ámbitos. En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano de Estocolmo, 1972 se implantaron los temas de trabajo de la comunidad internacional, la relación entre el desarrollo económico y la degradación ambiental. Después de la conferencia, fue creado el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) que hasta el día de hoy es el principal organismo mundial en la materia. En el año 73 se crearon nuevas metodologías y se buscaron medidas específicas y nuevas búsquedas de conocimientos para solucionar los problemas ambientales a nivel global.

En el año 1973 se creó la oficina de las Naciones Unidas para la región Sudano-Saheliana (ONURS) con el objetivo de impulsar la lucha contra la expansión de la desertificación en África occidental. Pero todas las energías por integrar las cuestiones ambientales con la planificación económica y la adopción de decisiones a nivel nacional se mueven de manera lenta, el medio ambiente

continúa su vía al deterioro y los problemas son cada vez más graves como el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono y la contaminación del agua, mientras que la destrucción de los recursos naturales se ha acelerado ágilmente.

En el desarrollo de las conferencias de la ONU sobre temas ambientales sumado al trabajo realizado por el PNUMA se han divulgado y estudiado temas ambientales de suma importancia para el planeta tales como:

- ✓ La desertificación.
- ✓ El desarrollo sostenible y los bosques.
- ✓ La protección de la capa de ozono.
- ✓ El cambio climático y el calentamiento de la atmósfera.
- ✓ Agua, energía y recursos naturales.
- ✓ La biodiversidad y la pesca excesiva.
- ✓ El desarrollo sostenible de los pequeños Estados Insulares (islas).
- ✓ El medio marino.
- ✓ La seguridad nuclear y el medio ambiente.
- ✓ Estados Insulares en Desarrollo (Islas).
- ✓ Poblaciones de peces altamente migratorias y transzonales.

Estos temas sumaron esfuerzos a la conservación del Planeta.

En los años 80 los estados miembros mantuvieron negociaciones históricas sobre cuestiones ambientales como las relacionadas a los tratados para la protección de la capa de ozono y el control de los traslados de desechos tóxicos.

La comisión mundial creada en el año 1983 por la asamblea general sobre el medio ambiente y el desarrollo, advirtió que era necesario lograr urgentemente un nuevo tipo de desarrollo que asegurara el bienestar económico de las generaciones actuales y futuras protegiendo a un tiempo los recursos ambientales de los que depende todo desarrollo. En el informe presentado por la comisión a la asamblea general en 1987 se introdujo el concepto de desarrollo sostenible como enfoque alternativo al desarrollo basado simplemente en un crecimiento económico sin restricciones.

Después de examinar el informe, la asamblea general convocó la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo: Cumbre para la tierra. La base de esta nueva perspectiva era la negociación, la concertación y la autoridad política por evitar escenarios de suma cero⁸, buscando la articulación entre el beneficio económico-social y la conservación de unas condiciones ambientales que permitan, en el tiempo mantener beneficios en todos los pilares del desarrollo.

Por su parte, la agenda política ha evolucionado desde el concepto del desarrollo sostenible, expresado en la forma que conocemos actualmente como: “aquel que nos permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Este concepto aparece en el reporte elaborado por la comisión mundial para el medio ambiente y el desarrollo, también conocida como la comisión *Brundtland* del año 1985 el cual se tituló “Nuestro Futuro Común”.

⁸ Suma Cero concepto desarrollado en la teoría de Juegos de la matemática aplicada, con un objetivo inicial de entender el comportamiento de la economía- Describe una situación en que la ganancia o pérdida de un participante se equilibra con exactitud con las ganancias o pérdidas del otro participante.

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, la cual se desarrolló en Río de Janeiro en 1992, surgió la Agenda 21. En esta reunión, representantes de los gobiernos y de la sociedad civil acordaron adoptar un plan de acción que los estados deberían llevar a cabo para transformar el modelo de desarrollo actual en un nuevo modelo que fuera duradero en el tiempo, eficiente y racional en el uso de los recursos, y equitativo en los beneficios. A partir del informe al Club de Roma llamado Factor 4, se acordó duplicar el bienestar de la población con la mitad de los recursos naturales y se planteó el aumento de la productividad de los recursos para lograr la sostenibilidad del planeta.

Desde el año 1997 en el protocolo de Kyoto se fijaron compromisos ambientales los cuales han fracasado debido al mercado de interés en el problema ambiental; por lo cual se han tratado de reactivar los esfuerzos con: la reducción de las desigualdades de distribución de riqueza y el cambio de patrones de consumo y producción.

Divulgándose conceptos como coeficiencia, cogeneración, gestión del ciclo de vida del producto y ecosistemas industriales derivando de este ultimo los conceptos de espacio ambiental, huella ambiental o la huella ecológica⁹. Los cálculos indican que se han sobrepasado la capacidad del planeta y se está agotando el capital natural. También se fueron sumando los términos ecodiseño, ecotiquetado, factor 10, todos estos conceptos ayudan mitigar los impactos ambientales pero en el fondo no desarrollan la dimensión social y son estrategias aisladas con enfoque productivo.

En cuanto al manejo dado por parte de la autoridad ambiental a los problemas ambientales, se cuenta con el control, el cual a grandes rasgos establece límites de contaminación. También se está trabajando con acuerdos voluntarios, como los

⁹ "es el área productiva de la tierra requerida para suministrar los recursos naturales y absorber los desechos que genera una población" Global Footprint Network staff (2006)

convenios de producción más limpia que establecen las empresas con las autoridades ambientales y con instrumentos de carácter económico o impuestos ambientales, que son conocidos como tasas retributivas por consumo o por emisiones.

Para la ONU la cuestión del medio ambiente es parte integrante del desarrollo económico y social, los cuales no se podrán alcanzar sin la preservación del medio ambiente. De hecho, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente es el 7 Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM).

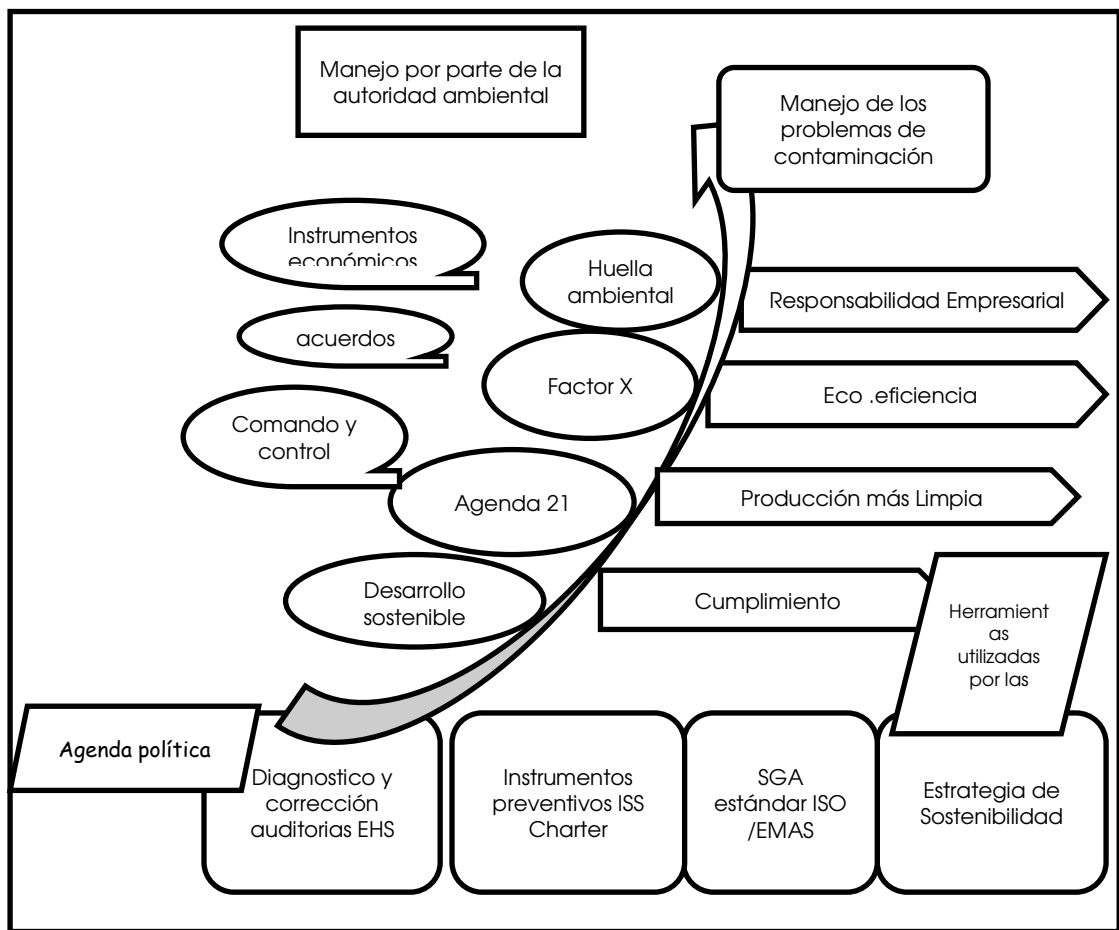
Existen muchos eventos relacionados con la historia del desarrollo sostenible a nivel global, pero el enfoque a nivel empresarial ha dado pasos escalonados. Inicialmente, las empresas se concentraron en la gestión del cumplimiento, luego trabajaron en la prevención de la contaminación, con iniciativas como la Producción más Limpia (P+L)¹⁰, posteriormente se creó la eco-eficiencia, que busca la eficiencia económica y la eficiencia ecológica, pero se observó que trabajar enfocados solamente en la ecología y en la economía no era suficiente para lograr la sostenibilidad, cuya mayor barrera es la pobreza; por ello se incorporó el tema social para conformar los tres pilares del desarrollo sostenible: crecimiento económico, progreso social y balance ecológico.

En la figura 2. se observan las herramientas con las cuales las empresas han trabajado en la sostenibilidad: al principio, orientadas hacia los temas ambientales, han trabajado con diagnósticos, con auditorías y con los temas correctivos relacionados.

¹⁰ Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Esta estrategia involucra típicamente la modificación de procesos de producción, usando un acercamiento de Análisis de Ciclo de Vida, y resultando en resolver las necesidades del cliente con los productos y servicios más ambientalmente compatibles. La PML también brinda ahorros económicos tangibles y beneficios financieros. Conceptos paralelos a la PML son: prevención de la contaminación, minimización de residuos, ecoeficiencia y productividad verde. (www.crpml.org)

Por el incremento de los costos ambientales, por la presión de la legislación y por la aparición del concepto de los pasivos ambientales, las empresas consideraron las ventajas de trabajar utilizando buenas prácticas para anticiparse a los problemas, y comenzaron a aparecer las iniciativas preventivas, tales como los principios de la Cámara de Comercio Internacional. Más adelante se crearon los sistemas de gestión estandarizados, como la ISO 14001 que trata el tema del medio ambiente, y las herramientas para la gestión social responsable, con lo cual las estrategias empresariales se orientan hacia la obtención de la sostenibilidad.

Figura 2. Desarrollo sostenible y sus elementos en el tiempo.



Fuente: Adaptado de Eco-efficiency, World Business Council for Sustainable Development- Graphicadapted.

Actualmente, la orientación empresarial de la sostenibilidad se encuentra guiada por numerosas iniciativas, y metas incluidas en la Declaración del Milenio que se intentan alcanzar para el año 2015; y el Pacto Mundial (Global Compact), que es una iniciativa de las Naciones Unidas con objetivos de desarrollo del milenio, estos ocho objetivos son:

ODM 1: erradicar la pobreza extrema y el hambre

ODM 3: promover la igualdad entre los sexos y la autonomía de la mujer

ODM 4: reducir la mortalidad infantil

ODM 5: mejorar la salud materna

ODM 6: combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades

ODM 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente

ODM 8: Fomentar una asociación mundial para el desarrollo

Se basan directamente en las actividades con el propósito de lograr un compromiso voluntario de las organizaciones hacia la responsabilidad social. Adicionalmente, se cuenta con una guía que apoya el enfoque de las organizaciones ISO 26000 –Guía Sobre Responsabilidad Social.

Colombia cuenta con una guía Técnica Colombiana de Responsabilidad Social, la cual identifica entre los aspectos significativos un enfoque socialmente responsable; la gestión de una organización orientada hacia el desarrollo sostenible, enunciando que este debe constituirse en un objetivo estratégico de corto, mediano y largo plazo de las organizaciones que quieran ser socialmente sostenibles, incluyendo el desarrollo sostenible en la formulación de valores organizacionales y en los criterios de gestión de las relaciones con las partes interesadas (*stakeholders*) e incluir este enfoque en la construcción de indicadores de gestión, así como en los procesos de verificación internos y externos, por tanto, todo enfoque de responsabilidad social se enmarca dentro del principio del desarrollo sostenible y ello implica para las organizaciones asegurar el desarrollo de tres pilares fundamentales: formalizar políticas y sistemas de gestión en las

dimensiones económica, social y ambiental, transparencia sobre los resultados alcanzados en este propósito y verificación externa de dicho resultado¹¹. Las organizaciones deben reportar anualmente la sostenibilidad publicando y divulgando a sus partes mostrando el trabajo realizado y el cumplimiento de los compromisos en las dimensiones ambiental, social y económica. El día mundial del medioambiente, que se celebra cada 5 junio, en el 2012 se realizó en Brasil, programado por la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA). Señalando que este año la jornada sería una oportunidad para invitar a la población a evaluar en qué áreas de la vida cotidiana se puede aplicar la economía verde¹². También para analizar de qué manera la economía sostenible puede ser un recurso para el desarrollo social, económico y medioambiental de los siete mil millones de habitantes que hay actualmente en el planeta, Brasil también fue sede de la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible "Río + 20", a la que asistieron líderes mundiales para discutir el diseño de un futuro sostenible con el medio ambiente. El desarrollo de estas cumbres muestra la conciencia de que es necesario preservar y mantener el medio ambiente. Esto se ve reflejado en todos los ámbitos de trabajo de las Naciones Unidas. La colaboración dinámica establecida entre la organización y los gobiernos, las ONGs, la comunidad científica y el sector privado está generando nuevos conocimientos y medidas concretas para solucionar los problemas ambientales globales. Las Naciones Unidas consideran que proteger el medio ambiente debe ser parte de todas las actividades de desarrollo económico y social. Si no se protege el medio ambiente no se podrá alcanzar el desarrollo sostenible.

¹¹ Ítem 4.3 Orientación a hacia el desarrollo Sostenible, Guía Técnica Colombia GTC 180.

¹² Una economía verde se describe como una economía que tiene como resultado mejorar el bienestar humano y la equidad social, reduciendo significativamente los riesgos ambientales y la escasez ecológica. En otras palabras, podemos pensar en una economía verde como un entorno económico que alcanza bajas emisiones de carbono, la eficiencia de los recursos y, al mismo tiempo que sea socialmente inclusiva. (<http://www.unep.org/spanish/wed/greeneconomy/>)

4.1.1.3 Agenda 21, los Objetivos del Desarrollo del Milenio: El Plan de Acción Mundial para el Desarrollo Sostenible, a menudo es llamado Agenda 21, fue el principal resultado de la Naciones Unidas para la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, En la cumbre de 178 naciones firmaron oficialmente el Programa 21 esta agenda declara que “El Programa 21 aborda los problemas acuciantes de hoy y también trata de preparar al mundo para los desafíos del próximo siglo. Refleja un consenso mundial y un compromiso político al más alto nivel sobre el desarrollo y la cooperación ambiente. Su ejecución con éxito incumbe, ante todo, responsabilidad de los gobiernos. Las estrategias, planes, políticas y procesos son fundamentales para lograrlo. La cooperación internacional debe apoyar y complementar tales esfuerzos nacionales.”

Que contiene la Agenda 21: consta de 115 programas diferentes y muy específicos diseñados para facilitar la transición al desarrollo sostenible. El objetivo, visiblemente formulado por los líderes de la Cumbre de la Tierra, es estimular un cambio en el actual sistema de naciones independientes. El programa se divide en las siguientes áreas: agricultura, biodiversidad y gestión de ecosistemas, educación, energía y vivienda, población, salud pública, recursos y reciclaje, transporte y desarrollo económico sostenible.

Esta cumbre, mostró un plan de implementación de cincuenta páginas con prioridades de acción. Manifestó metas para el 2015 sobre la asequibilidad a saneamiento básico, innovación y energías renovables, manejo de tóxicos, protección de océanos, conservación de la biodiversidad y mejora de la gestión de los ecosistemas. Presenció también el lanzamiento de más de 300 alianzas para implementar proyectos sostenibles. Cien líderes mundiales presentaron sus observaciones. Diez mil delegados, ocho mil representantes de la sociedad civil.

La Agenda 21 contempla tres aspectos: la sostenibilidad medioambiental, la justicia social y el equilibrio económico. Todas ellas obedecen de la participación ciudadana. La Agenda 21 no se puede desarrollar sin la participación de la

ciudadanía, aunque debe ser promovida por los poderes públicos y las diferentes asociaciones públicas o privadas. Las disertaciones generadas por esta cumbre en el ámbito internacional provocaron la elaboración de variados documentos, los siguientes son una muestra de ellos: "The Earth Summit. The United Nations Conference on Environment and Development" S. P. Johnson, (UNCED). "Earth Politics" de E. U. von Weizsacker, "Our Country, The Planet" de S. Ramphal. "Saving our Planet" de M. K. Tolba. "Valuing the Environment" editado por I. Serageldin y A. Steer, "Mainstreaming the Environment" del Banco Mundial, "Getting to the 21 century" de David C. Korten, "Economía Verde" de M. Jacobs, "Vital Signs", de L. Brown, Ch. Flavin y H. Kane, "Global Ecology" editado por W. Sachs y "Pensamiento Político Verde, una nueva ideología para el siglo XXI " de A. Dobson. "La economía ecológica de la sostenibilidad, Invertir en el capital natural", de R. Goodland, "Our Common Journey, A Transition Towards Sustainability" del National Research Council, de la Academia de Ciencias de EE.UU.

La Agenda 21 declara que "es un programa dinámico. Este es realizado por los diferentes actores de un estado, de acuerdo a las situaciones, capacidades y prioridades de los países y regiones con entero cumplimiento de todos los principios contenidos en la declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. Este está dispuesto a evolucionar en el tiempo en función de las nuevas necesidades y circunstancias. Este proceso marca el comienzo de una nueva asociación mundial para el desarrollo sostenible". (*United Nation* 1992).

La agenda 21 expone la primera aplicación práctica del término de sostenibilidad a escala urbana y local, en la cual propone que la aplicación de la sostenibilidad sean los indicadores como elemento para la evaluación y control de las tres dimensiones del desarrollo sostenible ambiental, social y económica. "Los indicadores de desarrollo sostenible necesitan ser desarrollados para proporcionar bases sólidas para la toma de decisiones en todos los niveles y para contribuir a una sostenibilidad autoregulada con el medio ambiente y sistemas de desarrollo"

(United Nation 1992). De acuerdo a la Agenda 21, sobre la construcción sostenible (1999), las estrategias para la construcción sostenible deben ser: “compatible con el clima, la cultura, la construcción de las tradiciones, el nivel de desarrollo industrial y de la naturaleza de los edificios. Sostenibilidad en la edificación, por consiguiente, sólo se evaluará en función de las condiciones locales y, en consecuencia, los criterios específicos nacionales son necesarios”. (Programa 21 Naciones unidas (1992))

Colombia y la Agenda 21: En el proceso hacia Rio +20, Colombia estuvo en Estocolmo, fue el primer país del planeta en emitir un código de recursos naturales y del ambiente, celebró los 10 años de Estocolmo en ECOLOMBIA 82, inicio el programa de incorporación ambiental en los programas de educación superior desde el 84, con la red de formación ambiental, declaró 56 parques naturales de más de 12 millones de hectáreas, (12% del territorio Nacional), cuenta con extensas zonas de resguardos indígenas, pertenece a la Comisión Mundial (Brundtland), a la Comisión Latinoamericana y del Caribe sobre medio ambiente y desarrollo, promulgó la Constitución del 91 “La Constitución Ambiental”, creó el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible y un Sistema Nacional Ambiental, preparó propuestas novedosas para la Cumbre de la Tierra; orientó los Diálogos Globales Hannover 2000, asistió a Johannesburgo; y admitió y confirmó los más importantes convenios ambientales de orden global. Lideró en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible “Río + 20”, la propuesta para adoptar un mandato a partir del cual se desarrollen unos objetivos de desarrollo sostenible. Estos objetivos son profundizar sobre la integración de la dimensión social, económica y ambiental del desarrollo, en unas metas concretas, de aplicación universal e implementación nacional, acordes a las necesidades de cada estado. Se centran en el futuro urbano, la energía sostenible, la seguridad alimentaria y el manejo integral del agua y los océanos. La Agenda 21, elaborada por Colombia para Rio+20, revisa la serie de principios orientadores del desarrollo sostenible. Se encuentran informes detallados de los diferentes conocimientos

sobre los ecosistemas colombianos, de sus interacciones con la gestión y las políticas en todos los sectores de la acción pública y declara el propósito y compromiso con la conservación y uso sostenible del patrimonio natural del país. Hasta hoy los resultados no han sido suficientes, y no se puede sino confiar que en el futuro el estado continúe trabajando para encaminar el país a su desarrollo sostenible.

4.1.2 La construcción sostenible: Según Aníbal Fernández de Soto, marzo 2012, cuarta asamblea de miembros del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) "la construcción sostenible se refiere a todas las acciones para el mejoramiento de la planificación y gestión de las edificaciones durante todo el ciclo de vida, incluyendo diseño, construcción y uso para minimizar el impacto del sector al medio ambiente a los recursos naturales y en el cambio climático, para contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero".

La construcción sostenible también es la aplicación del desarrollo sostenible a la industria de la construcción como dice Agg Regain 2007, la construcción sostenible aparece como termino por primera vez en la primera conferencia Internacional sobre la construcción sostenible, celebrada en noviembre de 1994 en Tampa, Florida. Se define como "la creación y gestión responsable de un medio ambiente sano construido sobre la base eficiente de los recursos y los principios ecológicos" por Kibert 1994. Muchos países, como Finlandia, Francia, Japón, Países Bajos, Sudáfrica, Reino Unido y Taiwán han desarrollado sus propios planteamientos nacionales o definiciones para la construcción sostenible (Kibert 1994 CIB ,1999 Huovila ,1999 Raynsford ,1999 CHang *et al* 2000 Huang y Kou 2002 Plessis et al 2002, Arquitectura y Edificación del Instituto de Investigación 2003). Las definiciones de la construcción sostenible se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Definiciones de la construcción sostenible

Investigador/país	Definición
<p>1era conferencia Mundial sobre la construcción sostenible (Kibert 1994)</p>	<p>La creación y gestión responsable de un medio Ambiente sano construido sobre la base eficiente de los recursos y los principios ecológicos.</p>
<p>Finlandia (Construcción sostenible Huovila 1999)</p>	<p>En sus propios procesos y productos durante su vida útil, tiene por objeto reducir al mínimo el uso de la energía y las emisiones que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud y produce información relevante a los consumidores para la toma de decisiones.</p>
<p>Japón (edificios ecológicos) (Chang et al . 2000)</p>	<p>Bajo impacto ambiental, de alto contacto con el medio ambiente, servicios y la salud.</p>
<p>Agenda 21 para la Construcción Sostenible en los Países en Desarrollo (Plessis et al . 2002)</p>	<p>Un proceso integral con el objetivo de restaurar y mantener la armonía entre lo natural y el medio ambiente urbano, y crear asentamientos que afirman la dignidad humana y promover la equidad económica.</p>
<p>Taiwán (construcción verde) (Huang y Kou 2002)</p>	<p>Construcción ecológica para lograr la coexistencia sostenible con el medio natural a través de las etapas de la planificación, diseño, construcción y vida útil, haciendo hincapié en la ética ambiental, incluyendo el consumo de energía mínimo y los recursos, la armonía con el medio ambiente y compartir con las</p>

Investigador/país	Definición
	generaciones futuras.
<p style="text-align: center;">Taiwán (verde, arquitectura) (Arquitectura y Edificación del Instituto de Investigación 2003)</p>	<p>El diseño arquitectónico orientado a la salud humana y el confort, buscando la convivencia con el medio ambiente mundial, y el fomento de la sostenibilidad de las condiciones de vida de la gente. Los edificios deben consumir los recursos naturales relativamente escasos y la fabricación de residuos relativamente poco.</p>
<p style="text-align: center;">Bedoya 2005</p>	<p>La construcción sostenible es aquella que busca la implementación de flujos no lineales en cuanto a energía y materiales, como también una política de valoración ambiental de los recursos por encima de los costos económicos. Ello implica construir reflexiva e integralmente, desde la concepción del diseño, hasta el término de la vida útil de la edificación.</p>
<p style="text-align: center;">Consejo Colombiano de Construcción Sostenible</p>	<p>Se refiere a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación) las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el impacto del sector en el cambio climático- por sus emisiones de gases efecto invernadero-el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad.</p>

Fuente: realizada por el autor.

De acuerdo con estos enunciados, la construcción sostenible se centra en cómo satisfacer las necesidades de la población de una manera eficiente de los recursos, ambientalmente amigable y saludable durante el ciclo de vida de la construcción. Los investigadores han debatido los principios de construcción sostenible, los problemas y desafíos, así como la estrategia para su aplicación. Se ha insistido constantemente por muchos investigadores de que la evaluación del desempeño es el foco de la construcción sostenible esta debe ser tratada por primera vez a nivel local y, a continuación, regional, continental y, finalmente, a nivel mundial (Gyadu-Asiedu et al 2007).

La huella de la construcción sobre el desarrollo sostenible se empezó a conocer en la década de 1990, instaurando que un proyecto de construcción puede ser considerado sostenible solo cuando todas las diferentes dimensiones de la sostenibilidad ambiental, económico social cultural, se tienen en cuenta. Los diversos aspectos de la sostenibilidad están relacionados entre sí y la interacción de una construcción con su entorno tiene múltiples ramificaciones; preocupaciones básicas como la de reducir el consumo de materiales no renovables y el agua, así como la producción de emisiones de residuos y contaminantes.

Las transformaciones acelerados que presenta el planeta como lo es el cambio climático y la acentuación del deterioro de la capa de ozono, la aparición de la lluvia ácida, la deforestación o la pérdida de biodiversidad, están causadas por las actividades económicas que tienen lugar en la sociedad. La interacción de varios sectores de la industria y los sistemas de transporte generadores de CO₂ son el origen principal de la contaminación planetaria.

Las aéreas que habitamos, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran porcentaje culpable de la contaminación. En términos estadísticos se tiene que el sector de la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados del 40% de la energía consumida y del 50% del total los residuos generados.(Anink, D., Boonstra, C., y Mak, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in

Construction and Refurbishment, Londres, 1996), lo cual va en curva de crecimiento en relación con el desarrollo. En las actividades industriales el área de la construcción es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales tales como: madera, minerales, agua y energía. Las obras, siguen siendo contaminadoras por las emisiones que producen y su impacto en la zona, convirtiéndose en una fuente indirecta para el consumo de energía y agua necesarias para su actividad. La construcción de obras civiles contiene unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía tanto en lo que se refiere a su construcción como a lo largo de su vida y el impacto ocasionado en el espacio. El material manipulado y que ha sufrido un proceso de fabricación utilizado en el campo de la construcción tiene unos efectos medioambientales muy importantes, con un contenido muy alto en energía. Por otro lado, los costes ecológicos de la extracción de los recursos minerales como la disposición de los residuos originados, que se comprenden desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las fuentes de agua; la construcción y la demolición originan una gran cantidad de residuos, el reciclaje y la reutilización de los residuos de demolición y de los residuos originados en la construcción es una solución que ayudará con el impacto ambiental que tiene la disposición final de los materiales.

Algunas construcciones crean atmósferas insalubres y peligrosas para los seres humanos. La aplicación de los criterios de sostenibilidad y de una utilización racional de los recursos naturales disponibles en la construcción requiere efectuar unos cambios importantes en los valores que ésta tiene como cultura propia. Estos criterios o principios de sostenibilidad llevarán la obra construida hacia una conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como reducciones de la energía utilizada en el ciclo de vida del proyecto. Muchas son las acciones políticas que sobre este tema se han llevado a cabo, a nivel internacional y nacional, en la última década se han incorporado algunos elementos que hacen parte de la construcción sostenible, como la arquitectura bioclimática, los eco-materiales, de

otro lado los proyectos de construcción deben ser concebidos por el ciclo de vida, lo que garantiza que la construcción cumplirá parámetros de calidad técnicos y ambientales sin desconocer su viabilidad económica. Además de disminuir el impacto ambiental la tendencia a la construcción sostenible, está dirigido a un cliente cada vez más preocupado por la degradación del planeta y que quieren mejorar la calidad de vida de las personas que usan estos espacios en el mediano plazo; estas construcciones llevan a un ahorro de dinero, aunque inicialmente estos pueden parecer mayores, según la edición web sección negocio, artículo Construcción sostenible de la revista Dinero publicado (2009/06/12) "Un proyecto de construcción sostenible puede valer entre un 10 % y un 15% más que una tradicional pero a medida que el sistema sostenible se desarrolla en el medio de proveedores estos valores pueden ir bajando esto se evidencia en USA donde no existen diferencias significativas entre una construcción sostenible y una tradicional, los estudios realizados demuestran que el valor adicional inicial se compensa durante la operación". La planificación de un proyecto de construcción sostenible a menudo se tiene en cuenta los siguientes objetivos: la optimización del potencial del sitio, la preservación de la identidad cultural y regional, la minimización del consumo de energía, la protección y conservación de los recursos hídricos, el uso de materiales ecológicos y el uso de productos saludables que generen confort en el ambiente, optimización de las practicas de operación y mantenimiento. Para lograr estos objetivos en el diseño de una obra civil sostenible se debe aplicar un enfoque sistemático e integral, desarrollando y utilizando métodos de evaluación de la construcción sostenible.

Se tratará de construir en base a unos principios, que podríamos considerarlos ecológicos que según kibert 1994. están envueltos entre la conservación de recursos, el reciclaje, la gestión del ciclo de vida, la prevención y reducción de emisiones, el manejo de la energía, aumento en la calidad de materiales y diseño. Los objetivos con los que se puede lograr la construcción sostenible pueden considerarse en el manejo del ecosistema y su biodiversidad, en el control del crecimiento en consumos, el uso eficiente de los recursos y las

políticas de planificación. En los diversos escritos sobre construcción sostenible se relaciona siempre en el ciclo de vida del proyecto las fases de: decrecer el consumo de recursos, proteger el medio natural y sustentar la obra. Es fundamental la combinación de las primicias de los pilares de la sostenibilidad donde la calidad de los ambientes se muestre en todas sus gamas desde la utilización de materiales eco-amigables hasta el mejoramiento de la calidad de vida del usuario final.

La construcción sostenible debe cumplir una serie de exigencias entre las cuales se encuentran según Lating 1996: consumir una mínima cantidad de energía y agua a lo largo de su vida; hacer un uso eficiente de las materias primas; generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida; utilizar un mínimo de terreno e integrarse correctamente en el ambiente natural; adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios; crear un ambiente interior saludable. Para resumir, podemos comprobar que la arquitectura y construcción sostenibles tendrán en cuenta, al menos, los siguientes criterios: la salud de usuario y el mínimo impacto al medio ambiente, el ahorro energético y utilización de energías renovables, la utilización de materiales naturales y eficientes, el reciclaje y la gestión racional del agua, la adaptación del diseño a la zona del proyecto y el bajo coste económico y social.

Muchos métodos se han desarrollado y aplicado para evaluar el rendimiento de la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería y construcción. El método de evaluación medioambiental (BRE) es el líder y el más ampliamente utilizado de evaluación ambiental de los edificios en el Reino Unido (BRE Global Ltd 2009). El liderazgo de la llamada en energía y diseño ambiental del sistema de clasificación de edificios verdes es un programa de certificación de terceros desarrollado en los EE.UU. que se ha convertido en el punto de referencia aceptado a nivel nacional para el diseño, construcción y operación de edificios de alto rendimiento verdes (EE.UU. Green Building Council 2008) Japón ha desarrollado el sistema de evaluación global para la eficiencia del entorno construido para evaluar el desempeño ambiental de los edificios. El desafío de construcción sostenible es un

marco de evaluación y la herramienta de software (SBTool) fue desarrollado para este caso en Canadá por un equipo de expertos internacionales bajo la dirección de un comité de marco internacional para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de construcción (iiSBE 2005). El problema es que todos los métodos introducidos anteriormente se centran en la evaluación del desempeño de sostenibilidad a nivel de proyecto. Hay una falta de métodos de evaluación que evalúan el rendimiento global de la construcción sostenible desde un punto de vista nacional. Muchos países han estado dedicando enormes esfuerzos a la construcción sostenible. Es esencial el establecimiento de indicadores para medir el progreso de una nación sobre la construcción sostenible (Guy y Kibert 1998). A través de estos indicadores, a todas las partes en la industria puede establecer objetivos comunes hacia la sostenibilidad de la industria.

4.1.2.1 La infraestructura: El concepto de infraestructura civil es lo suficientemente amplio como para dar un solo significado. Se puede aproximar la definición como un conjunto heterogéneo de elementos, de titularidad tanto pública como privada, realizados típicamente por empresas constructoras y cuyo objeto es prestar servicios distintos a una diversidad indeterminada de personas proporcionándoles una mejora en su calidad de vida o en las condiciones en que desarrollan actividades económicas, sociales o ambientales.

El término infraestructura engloba una amplia gama de servicios, desde los públicos como electricidad, telecomunicaciones, abastecimiento de agua, saneamiento y alcantarillado, recolección de residuos sólidos y eliminación, y gas canalizado, a las obras públicas como carreteras, presas y obras de canales, ferrocarriles, urbano transporte, puertos y vías fluviales y aeropuertos (Banco Mundial 1994).Las infraestructuras civiles pueden clasificarse en tres categorías según el riesgo: infraestructuras primarias, secundarias y terciarias (ITSEMAP, servicios tecnológicos MAPFRE RE compañía de reaseguros S.A. Informe Técnico sobre riesgo y seguro en la Construcción de Infraestructura Civil. REf E 189-199.Madrid Diciembre de 2003). Las infraestructuras primarias aglomerarían aquellas predestinadas al transporte y la comunicación entre núcleos de población

y a la garantía de suministros básicos: caminos rurales y carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos, líneas telegráficas y telefónicas, líneas de transporte de energía, embalses y presas, canales, oleoductos y gaseoductos, etc.

Las infraestructuras secundarias son las que facilitan servicios de primera necesidad a los habitantes de núcleos poblados: vías públicas, alumbrado, líneas de suministro de agua, gas, electricidad y telefonía, redes de saneamiento incluyendo líneas de recogida e instalaciones de depuración de aguas, red de transporte subterráneo y superficial, etc.

Las infraestructuras terciarias son las que suelen denominarse dotacionales, es decir las que proporcionan otros servicios de tipo social: sanitarios, educativos, centros de tercera edad, instalaciones deportivas, servicios de orden público y protección contra incendios, etc.

Se pueden clasificar los diferentes tipos de infraestructura de muchas formas, descartándose la siguiente en su composición mas específica en: obra civil en medio urbano, obras lineales: carreteras canalizaciones etc., obras fluviales, obras marítimas, obras especiales: conservación de espacios. Con un foco práctico, además de los elementos comunes a la mayoría de los proyectos de infraestructuras, en las características constructivas y los factores de riesgo asociados a las obras más frecuentes son: obras de urbanización, carreteras, puentes y viaductos, túneles. Al considerar las características comunes y notables en la mayoría de este tipo de obras se tiene en cuenta que los trabajos que se realizan configuran un entorno cambiante, que se ejecutan en espacios abiertos de alta exposición a los agentes ambientales, condicionantes geográficas difíciles, con participación de fenómenos desfavorables en muchas ocasiones, con ejecución de trabajos complejos y utilización de maquinaria pesada o singular y que, obligan, a una planificación y un riguroso control de gestión y grado de cumplimiento de hitos de la programación de obra. Los proyectos referentes a infraestructuras civiles suelen afectar a lo que se denomina genéricamente el interés público cuando no están directamente en el dominio público. La

realización de las grandes infraestructuras ó la mejora de las ya existentes se inician con un proceso que comienza cuando se considera que existe una necesidad por cubrir. Después será necesario estudiar las diferentes alternativas posibles, el coste económico y las repercusiones medioambientales y sociales de la obra. Finalmente se tomará la decisión de realizar la alternativa más adecuada. Este proceso podrá durar meses e incluso años.

Optimizar la infraestructura de los países en desarrollo se considera cada vez más importante para reducir la pobreza, aumentar el crecimiento y lograr los objetivos de desarrollo del milenio. Las estimaciones realizadas por la ONU a finales de los noventa sobre el impacto de las obras de infraestructura en la reducción de la pobreza mostraron que este tipo de inversión reduce la pobreza en 2,1% en los países de bajos ingresos y en 1,4% en los de ingresos medios. Los servicios de infraestructura, en forma de suministro de agua y saneamiento, y en alguna medida también en vivienda y tecnologías de la información y las comunicaciones, son mencionados explícitamente en los objetivos de desarrollo del milenio, ya que además de ser objetivos en sí mismos, estos servicios tienen un efecto importante sobre otros objetivos de desarrollo, tales como la salud, la educación y la equidad. La infraestructura es la plataforma del desarrollo social y económico. De ahí se parte que las inversiones en infraestructura son particularmente importantes en los países en desarrollo. De 1970 a 2005, más del 30% de las inversiones del Banco Mundial estuvieron en los países en desarrollo para la ejecución de diversos proyectos de infraestructura (Banco Mundial 2006). Se encuentra que un proyecto de infraestructura es un bien público en el que la política del gobierno influye en los resultados del proyecto sobre el desarrollo económico y las necesidades sociales. La promoción de proyectos de infraestructura ha hecho contribuciones significativas al desarrollo de los países en desarrollo. En Colombia, por ejemplo, el gran reto de recuperar el atraso en la infraestructura portuaria y férrea para poder articularse al mundo de los intercambios comerciales lo ha llevado a iniciar el desarrollo de obras de envergadura para adaptarse a las necesidades del medio que brinden la posibilidad de responder a las exigencias del mercado mundial. La

inversión en infraestructura es también un medio importante para incitar la actividad económica. Por ejemplo, según cifras oficiales, del gobierno colombiano ha invertido en el 2012 alrededor de 3.090 millones de dólares (2.330 millones de euros) en la mejora de las infraestructuras de transporte, como parte de un ambicioso plan para fortalecer la red nacional de carreteras, trenes, puertos y aeropuertos. Así, el director de la ANI¹³ detalló que el Gobierno colombiano planea destinar el 1,5% de su PIB a infraestructuras en 2012 y 2013, y subirlo al tres por ciento en 2014, frente al 1 por ciento del año pasado. A su vez el director de la ANI expresa que “Para que un país como Colombia pueda mantener su ritmo de crecimiento las brechas en infraestructura que tiene, hemos calculado que necesita mantener un nivel de inversiones del tres por ciento del PIB por lo menos por una década” (www.portafolio.com. Economía. Artículo del 20 de febrero de 2012. “Colombia triplicara inversión en infraestructura hasta 2014”).

El valor de una inversión en infraestructura sólo puede realizarse si la inversión está bien planeado y ejecutado. Sin embargo, a menudo se informa de que las inversiones en infraestructura son ineficiente, ineficaz y con perdidas incluso. Por ejemplo, según un estudio temprano hecho por el Banco Mundial 1994, en promedio, 40% de la capacidad de generación de energía en los países en desarrollo no se utilizó. Un informe reciente del Banco Mundial 2005, sugiere que muchos proyectos de infraestructura, tales como puerto y ferrocarriles en América Latina y el Caribe, no han sido efectivamente utilizados. Parece que muchos gobiernos de todo el mundo han estado gastando más en infraestructuras nuevas y menos en el mantenimiento de la infraestructura. En Colombia, por ejemplo, las noticias informan que para obras de mantenimiento de vías que se encuentran en mal estado o averiadas, el gobierno nacional destinó 1,2 billones de pesos, con los que se avanzarán en obras en Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Caquetá. De acuerdo con el ministro, “otra partida por 900 mil millones de pesos se viene ejecutando en la recuperación de aquellas carreteras que han sido impactadas por la fuerte ola invernal que tuvo el país, Como consecuencia de este

¹³ Director de la ANI Luis Fernando Andrade. Año 2012. Declaraciones dadas en Londres el 20 de febrero de 2012.

efecto se han atendido más de mil eventos, en derrumbes, pérdida de la banca, inundaciones y colapso de estructuras, entre los que se encuentran vías que comunican el país, a estas obras se sumarán los 300 mil millones de pesos aprobados el último consejo de ministros, con los que se dará solución a los tramos más vulnerables que hay en el país” (Periódico El colombiano, 29 de diciembre de 2011. Artículo: El Gobierno planea invertir seis billones de pesos en infraestructura vial). Debido a la falta de una buena gestión del los proyectos de infraestructura. La operación en mal estado ha inducido a diversos problemas sociales y ambientales. Por ejemplo, “varios proyectos importantes para el país como el túnel de la Línea, el Túnel de Oriente y el proyecto de El Quimbo, entre otros, han sido suspendido provisionalmente por decisión del Ministerio del Medio Ambiente o de las Corporaciones Autónomas Regionales, por problemas ambientales y desastres ecológicos en falta de estudio de impacto ambiental, por contaminación en aguas etc.”. (www.caracol.com. 03 de abril de 2012. Por problemas ambientales suspenden provisionalmente obras de infraestructura importante para el país.) Los resultados de las inversiones en infraestructura a menudo muestran más beneficios económicos pero causan ciertos efectos negativos, especialmente para las dimensiones sociales y ambientales. Los problemas identificados en los estudios existentes han puesto en duda la eficacia e idoneidad de la evaluación de la inversión en infraestructura. Las evaluaciones deben ser mejorados con la incorporación de los atributos encarnados en los principios de desarrollo sostenible, que es ampliamente descrito como una triple línea de base (es decir, económica, social o de organización y ambiental) (Griffith y Bhutto 2008).En el trayecto del fomento de los principios del desarrollo sostenible, los proyectos de infraestructura se deben desarrollar para aportar beneficios en todos los aspectos, incluidos los económicos, sociales y ambientales. “Teniendo en cuenta que los efectos de las actividades de construcción de infraestructura en el medio ambiente son más importantes que otras industrias” (Consejo Internacional para la investigación y la innovación en la Edificación y la Construcción (CIB) , 1998), muchos esfuerzos para salvaguardar el medio ambiente se han desarrollado en los últimos años para la ejecución de un

proyecto de infraestructura. Sin embargo, los efectos ambientales y sociales de los proyectos de infraestructura en muchos casos no son evaluados apropiadamente en el estudio de la viabilidad del proyecto, sino que a menudo se identifican durante o después de la ejecución del proyecto (Banco Mundial 2006). La sostenibilidad de proyectos de infraestructura ha sido estudiada desde varias perspectivas. Por ejemplo, en un orden cronológico estas son algunas propuestas que se encuentran en el medio: Choguill (1996) propuso principios para la formulación de políticas para mejorar la sostenibilidad de la infraestructura a través de servir y colaborar con las comunidades en los procesos de planificación, toma de decisiones e implementación. Otros han investigado los métodos para la evaluación ambiental estratégica (EAE) para proyectos de infraestructura (Arce y Gullón 200; Bobylev 2006, Colorni et al 1999) introdujeron un método para evaluar el efecto del medio ambiente de la infraestructura de transporte mediante el uso de un sistema de soporte de decisión. Rackwitz et al. (2005) introdujo una estrategia de mantenimiento para mejorar la eficacia de la infraestructura sobre la base de los análisis de costo-beneficio se centran en el desempeño del proyecto durante la etapa de operación. Shen et al. (2005) desarrollaron un modelo prototipo para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de construcción a través de su ciclo de vida mediante el uso de un método de sistema dinámico. Ugwu y Haupt (2007), planteó un sistema de indicadores para evaluar la sostenibilidad de la infraestructura, se centra en la etapa de operación del proyecto. Otros estudios han contribuido al examen de la sostenibilidad para los diferentes tipos de infraestructura, como el transporte, las aguas residuales y energía.

Los indicadores acogidos en estos estudios previos para la evaluación del proyecto de sostenibilidad son fragmentarios, y ningún método incorpora las tres dimensiones de los principios del desarrollo sostenible. Por lo tanto, las aplicaciones de los métodos anteriores para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto son limitados.

4.1.2.2 La Infraestructura en términos de sostenibilidad: La construcción de infraestructuras requiere una ocupación del terreno, que puede ser permanente, temporal, como en el caso de las instalaciones auxiliares, o, incluso, permanente. En cualquiera de estos casos se producirán afecciones al entorno que incluyen: molestias a la fauna o a las personas, eliminación de la vegetación y destrucción de hábitats, contaminación del aire, acústica, alteraciones en el suelo y en la hidrología etc. Estas afecciones tendrán lugar durante la obra, o después de la obra a corto, medio o largo plazo.

Es muy importante tener en cuenta el entorno en el que se ubicarán las infraestructuras a la hora de decidir la localización de la misma, de forma que se consiga que los impactos generados sean los menos posibles, y así se contribuya al desarrollo sostenible. Las infraestructuras tienen adjuntos unos impactos en su ejecución que habrán de ser evaluados y expuestos. Los impactos ambientales dependerán de qué tipo de infraestructura se trate, pero generalmente afectarán de alguna manera al medio físico-abiótico, como por ejemplo contaminación atmosférica, calidad de las aguas. También afectarán al medio biótico: flora y fauna; se producirán impactos sociales, asociados a los beneficios del uso de las infraestructuras. Además se deben considerar los impactos económicos, que se asocian a la inversión en la ejecución de la infraestructura y a su mantenimiento, que se pueden representar mediante un balance coste beneficio.

La infraestructura tiene determinados impactos que dependerán del entorno donde se construya, por sus especificaciones. La tecnología existente que se empleó en ella puede determinar que se produzcan determinados efectos sobre el ecosistema. El nivel tecnológico lo determina la capacidad económica del territorio, marcando la diferencia de los procesos entre países desarrollados y los subdesarrollados. Los impactos ambientales se describen, dependiendo del tipo de infraestructura pero de alguna manera el medio físico-abiótico¹⁴ como al medio

¹⁴ Se caracteriza porque no alberga ninguna forma de vida, como diversos elementos químicos y físicos del entorno. El aspecto físico del territorio, geografía, suelos uso actual, potencial y futuro del suelo rural, caracteriza los elementos

biótico¹⁵, se afectaran. Algunas de las afecciones al medio físico-abiótico son determinadas por Antonio Burgueño Muñoz.(FCC Construcción S.A Conferencia : La evaluación de la sostenibilidad en la obra Civil) las principales son las siguientes: geología, edafología que son las variaciones en la composición del suelo, estructura, productividad, capacidad de retención de agua, etc., hidrología e hidrogeología, atmósfera y ruido, contaminación acústica, paisaje, alteración del medio perceptual, influencia de la visibilidad de la infraestructura.

Las afecciones al medio biótico principales se centrarán en: flora y fauna, pérdida de biodiversidad y pérdida de calidad de los ecosistemas. Los costos sociales siempre están asociados a las infraestructuras. Puede ser de varios tipos, uno relacionado con el cambio del uso del suelo, los cuales pueden cambiar la actividad económica de la zona. Otro puede ser los cambios ambientales que surgen después de la obra, la contaminación auditiva, la calidad del aire que afecta a la comunidad que interactúa a diario con la obra, este costo deberá estudiarse oportunamente en el proyecto para anunciar cada uno de los costos derivados, al igual que el ciclo de vida de la obra se recibirán beneficios económicos que deben ser tenidos en cuenta.

La creación de la infraestructura lleva consigo una importante inversión que tendrá que recuperarse, durante la fase de uso, será necesario llevar a cabo un mantenimiento periódico que implicará un costo, así como los derivados de la propia explotación. Los costos de la inversión habrán de ser mostrados, así como la estimación de los costos derivados del uso y mantenimiento. Una vez implantada la infraestructura, habrá aspectos que deberán haber sido analizados, como son los impactos que se van a producir durante el uso de la misma, como los derivados del consumo energético, donde se valoran tanto impactos económicos como ambientales. Se tendrá en cuenta por ejemplo, que el costo de

formadores del paisaje, climatología, temperatura, agua, cobertura vegetal y todos los aspectos relacionados con los recursos naturales y el medio ambiente.

¹⁵ Son los componentes de la vida que es las plantas, animales y otros organismos que constituyen un ecosistema.

la energía renovable incrementará el costo inicial de obra pero que se puede ver retribuido en el mantenimiento de esta en el tiempo.

Otros aspectos son la disposición de las infraestructuras para los requerimientos de uso en el futuro y su adaptabilidad. Habrá que valorar los costos del mantenimiento y reparaciones o mejoras futuras, así como las implicaciones ambientales de dichas acciones. En determinados casos habrá que tener en cuenta el final de la vida útil de la infraestructura y valorar los costos de restauración o rehabilitación del lugar.

Los impactos asociados a la infraestructura también se pueden clasificar; se encuentran entre ellos: el impacto ambiental, que es un cambio en la calidad ambiental del entorno, adverso o beneficioso, total o parcial, resultado de los aspectos ambientales de la construcción, el impacto económico que es el resultado de los flujos económicos asociados a la infraestructura, o los cambios que se producen en éstos flujos, el impacto social que es un cambio en la comunidad, adverso o beneficioso, resultado de los aspectos sociales de los productos de construcción, a nivel de comunidad. Se tienen en cuenta, además de los costes del ciclo de vida determinados, basándose en la inversión, uso, mantenimiento y deconstrucción, también los ingresos potenciales y el desarrollo del valor durante la vida útil de la infraestructura.

4.1.3 Legislación y política nacional sostenible y ambiental: En 1974 entra en vigencia el código de recursos renovables y del medio ambiente, como respuesta a la conferencia de Estocolmo sobre el medio ambiente humano, realizada dos años antes. Esta marcó el inicio de la gestión ambiental en Colombia. Ésta conferencia dio origen a la histórica declaración de los principios sobre la protección ambiental y se acordó que los estados incorporarían en la agenda pública el tema ambiental mediante la actualización y expedición de legislaciones y la conformación de agenda pública. El código colombiano fue una ley ambiental pionera en el ámbito global y marcó el inicio de la gestión ambiental en Colombia,

en un momento en el cual el ambientalismo apenas comenzaba a surgir en el país y la región (Brañes, 2001).

En 1976 el instituto nacional para el desarrollo de los recursos naturales renovables, INDERENA, fue reformado para convertirlo en la primera autoridad ambiental del país y adecuarlo al código de 1974. La entidad conservó su carácter de institución nacional centralizada, con jurisdicción en la mayor parte del territorio nacional, exceptuando las áreas donde funcionaban las corporaciones autónomas regionales. El Inderena tuvo su mayor auge durante el gobierno de Alfonso López Michelsen (1974-1978). En la década de los setenta las corporaciones autónomas regionales adquirieron competencias como autoridades ambientales en el área de su jurisdicción, de acuerdo al código, iniciándose así la gestión ambiental del estado y entre 1974 a 1988 se crearon doce nuevas corporaciones, que sustituyeron al Inderena como autoridad ambiental en diferentes zonas del país recibiendo diversas competencias en materia de desarrollo, como la construcción de algunas obras de infraestructura. En la década de los ochenta la institucionalidad ambiental alcanzaba una situación insostenible como lo demostró un estudio adelantado por el DNP en 1989 que declaró: “ el Inderena carece de los instrumentos jurídicos, financieros y técnicos para cumplir con la responsabilidad que se le ha encargado (decreto 133 de 1976), además de que históricamente ha sido disminuida en su jerarquía institucional, en sus funciones, jurisdicción, presupuesto y personal, lo cual ha debilitado su gestión en detrimento del ambiente”. Después de diecisiete años de expedido el código colombiano, a través de la constitución de 1991 Colombia se fortaleció su normatividad ambiental, consagrando más de cincuenta artículos sobre el medio ambiente y desarrollo sostenible; veinte años después de creado el Inderena, se expidió la ley 99 de 1993 creada por el Ministerio del medio ambiente y el sistema nacional ambiental como respuesta a los compromisos adquiridos en la conferencia de naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo realizada en Rio de Janeiro en 1992. La ley 99 de 1993 organizó en el país el sector ambiental con el sistema Nacional Ambiental (SINA). Esto reflejó la incorporación de desarrollo sostenible

en la constitución (artículo 80) y en la ley (artículo 3), esta última estableció un proceso de desarrollo económico y social del país orientado según los principios del desarrollo sostenible contenidos en la declaración de Río. (art1, ley 99 de 1993). La ley 99 contiene 27 principios que hacen parte del desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental, como los de precaución, del que contamina paga, de las responsabilidades comunes y diferenciadas y de la necesidad de considerar en forma integrada el desarrollo económico y social y la protección ambiental (Campligio et al 1993).

Se otorgaron competencias ambientales a la contraloría y a la procuraduría, en el ámbito de las funciones que le son propias y se estableció una unidad de política ambiental en el departamento nacional de planeación, como uno de los instrumentos de garantizar la incorporación de la dimensión ambiental en el plan nacional de desarrollo y en las política económica y social que se sometería a consideración del consejo nacional de política económica y social (CONPES). En la ley 99 se designó como autoridades ambientales regionales a treinta y cuatro CAR, que se erigieron en un sistema de gestión regional descentralizado, autónomo y participativo, y para la gestión ambiental en las ciudades con más de un millón de habitantes se establecieron cuatro entidades ambientales urbanas. Se dotó el sistema nacional ambiental de cinco instituciones de investigación especializada con el propósito de proveer el Ministerio de información para la formulación de política ambiental.

El sector Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial cuenta más o menos con 50 políticas (Tabla 3) las cuales se realizan teniendo como referencia una serie de instrumentos de planeación y con base en un marco legal amplio y en ocasiones incoherentes que refleja los conflictos entre CAR, autoridades ambientales urbanas, autoridades municipales y resguardos indígenas, como también la problemática en el uso de recursos como regalías y las transferencias del sector

eléctrico. Se ha definido como SINA¹⁶ el siguiente marco institucional: el Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), junto con el fondo nacional ambiental (FONAM) y el fondo de compensación ambiental (FCA); UAESPNN; 33 CAR-CDS; cinco instituciones de investigación científica.

La ley 99 organizó el sistema nacional ambiental e incluyó por primera vez en la legislación el concepto de estudios del impacto ambiental (ESIA) y los decretos reglamentarios de los estudios ambientales, desde el 1.753 de 1994 hasta el 1.220 de 2005, son el marco jurídico, para que la evaluación del Impacto Ambiental (EIA), se convierta en la principal herramienta en los procesos de toma de decisiones sobre las obras o proyectos presentes y futuros que en su diseño y ejecución puedan generar impacto negativo (Toro, 2009^a).

Tabla 3. Políticas del sector Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial

Políticas VDT- APSB
Ordenamiento Territorial
Política Gestión Ambiental Urbana
Instrumentos de control Urbano
Asentamientos precarios
Macro proyectos
Espacio publico
Lineamientos para gestión urbana regional.
PDA
Política Hídrica Nacional
Lineamientos Manejo integral del agua.
Estrategia Nacional del Agua.

¹⁶ Ley 99 de 1993 Artículo 4 “ El sistema Nacional Ambiental, SINA, es el conjunto de orientaciones, normas , actividades, recursos programas e instituciones que permitan la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en esta ley”

Programa de Lavado de manos. Plan de ahorro y uso eficiente del agua. PGIRS PSMV

Fuente :adaptada de MAVDT, DNP, CAR-CDS

La evaluación ambiental la define la legislación colombiana, como un sistema de procedimientos técnicos- jurídicos, para tomar decisiones sobre proyectos, obras o actividades que potencialmente pueden generar impactos ambientales (Ley 99 de1993; decreto 1.220 de 2005), concuerda con las definiciones internacionales donde el EIA es una herramienta de gestión preventiva, para evaluar ordenada y sistemáticamente las acciones y los efectos que estas generan en el ambiente (Oloskesusi 992, Snell y Cowell 2006; Wood 1992).

El EIA, se exige actualmente a 23 sectores y actividades económicas Tabla 4, están obligados de manera previa a la planificación, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación de todas las acciones, usos de espacio, actividades e infraestructura relacionados con su desarrollo a realizar un estudio de impacto ambiental, requisito previo para la solicitud de aprobación de la licencia ambiental (LA) necesaria para poder realizar la actividad o proyecto (decreto 1220 de 2005).

Tabla 4. Actividades económicas que requieren presentación de EIA.

Sectores Económicos
Sector hidrocarburos
Sector minería Explotación
Construcción de presas, represas o embalses
Sector Eléctrico

Sectores Económicos
Proyectos de generación de energía nuclear
Sector marítimo y portuario
Construcción modificación y operación de Aeropuertos
Proyectos de la red Vial
Obras públicas en la red fluvial
Construcción de vías Férreas
Construcción y operación de distritos de riego y/o drenajes
Importación y producción de pesticidas
Proyectos en áreas de Parques Nacionales
Proyectos que requieren traslado de agua entre cuencas hidrográficas
Introducción de especies, subespecies, razas o variedades silvestres foráneas
Caza comercial y el establecimiento de criaderos de fauna silvestre
Construcción y operación de instalaciones para almacenamiento, tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos
Construcción y operación de rellenos sanitarios
Construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para mas de 200,000 usuarios

Sectores Económicos
Manufactura de sustancia químicas básicas de origen mineral
Manufacturera de alcoholes
Manufacturera de ácidos inorgánicos y sus compuestos oxigenados
Almacenamiento de sustancias peligrosas, con excepción de los hidrocarburos

Fuente: Toro Et al 2009b adaptada.

4.1.3.1 Licencia ambiental: La licencia ambiental es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, la cual sujeta al beneficiario de ésta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos e impactos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada. (Decreto 1,220 de 2005).

La licencia ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios para el desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad. La licencia ambiental deberá obtenerse previamente a la iniciación del proyecto, obra o actividad. Ningún proyecto, obra o actividad requerirá más de una licencia ambiental.

La licencia ambiental en Colombia es otorgada por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT), las corporaciones autónomas regionales

(CAR), las corporaciones de desarrollo sostenible (CDS), o las corporaciones de grandes centros urbanos (CGCU), (Toro 2009^a).

El decreto 1753 de 1994 incluyó tres tipos de licencia ambiental:

1. Ordinaria: Puede construir la obra sin tener permiso para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables.
2. Única: incluye los permisos necesarios para el desarrollo del proyecto, o actividad.
3. Global: puede ser ordinaria o única, autoriza todas las obras o actividades relacionadas con la explotación de campos petroleros y de gas.

Los proyectos u obras más invasivas que presentan incertidumbre en la predicción de los impactos ambientales se les exige la constitución de una póliza de cumplimiento, que obliga a una entidad aseguradora, en caso que el tomador de la misma no pueda, a responder pecuniariamente por los daños sucedidos al ambiente por el proyecto, por el total de tiempo de vida útil del proyecto, este seguro fue complementado por otro obligatorio para todas las actividades que requieran licencia ambiental (Ley 491 de 1999), el cual hasta el año 1999 no se había exigido a ningún proyecto con licencia ambiental concedida posterior al año 2002, por falta de reglamentación, por parte de la administración de las condiciones de la póliza de seguro y la cantidad de dinero asegurado (CGR,2006). En lo relacionado a la metodología para la evaluación de impacto ambiental no se incluyen instrucciones oficiales que permitan al solicitante de la licencia ambiental desarrollarla de acuerdo con lineamientos gubernamentales. Finalmente ordena el Ministerio del medio ambiente, establecer las instrucciones para presentar los estudios de impacto ambiental y agrupar las actividades productivas que requieren la evaluación del impacto ambiental de acuerdo a la International Industrial Uniform Codes Classification (IIUCC), adoptado por la ONU; clasificación que permite agrupar las actividades, entre otras características por el impacto ambiental potencial, además de permitir a la inclusión de la información de la evaluación de impacto ambiental en los indicadores de desarrollo sostenible y de crecimiento económico del país, orden que hasta la

fecha de la entrada en vigor del Decreto 1220 de 2005 , no se había cumplido (Toro , 2009^a).

La ley 99 de 1993 y el decreto y el Decreto 1220 de 2005, no incluye instrucciones sobre métodos o técnicas para la identificación y valoración de impactos ambientales, únicamente ordena informar, cuales impactos pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse, remitiendo esta labor específica a los términos de referencia. En general, las instrucciones para la elaboración de los estudios de impacto ambiental, poseen para todas las actividades obligadas a licencia ambiental una estructura muy similar, variando solamente en la información complementaria que corresponde a las características del proyecto o actividad (Figura 3).

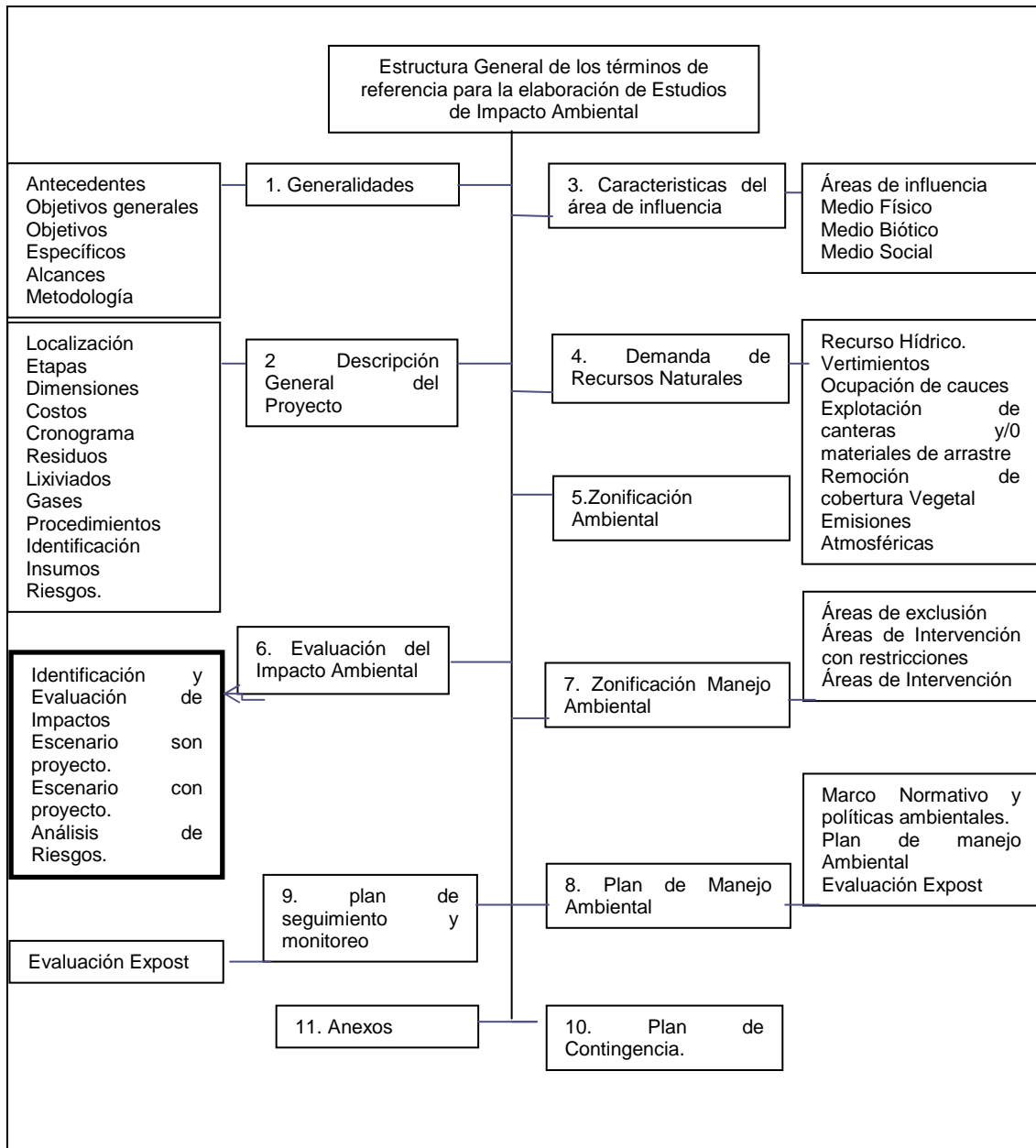
Por otra parte en Colombia, en el plan nacional de desarrollo 2010-2014, busca avanzar hacia la prosperidad democrática impulsada por cinco locomotoras: agricultura, minero-energética, infraestructura, vivienda e innovación, las cuales conforman la estrategia de crecimiento económico sostenible y de competitividad como pilar fundamental para alcanzar un mayor bienestar de la población. Esto último se expresa en la reducción de la pobreza, la igualdad de oportunidades, y la convergencia del desarrollo regional. La efectividad y eficacia de estas estrategias depende de iniciativas como las de buen gobierno y posicionamiento internacional, así como la estrategia de gestión ambiental y del riesgo.

En la sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo se incluyen cinco componentes a saber en el EIA:

- Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.
- Gestión integral del recurso hídrico.
- Gestión ambiental sectorial y urbana.

- Cambio climático reducción de la vulnerabilidad y adaptación y estrategia de desarrollo bajo en carbono.
- Buen gobierno para la gestión ambiental.

Figura 3. Estructura general para la elaboración de EIA.



Fuente: adaptada de toro et al, 2009b.

4.1.3.2 Plan de desarrollo 2010-2014: En el componente de gestión ambiental y sectorial urbana, es el plan de desarrollo 2010-2014, considera que la población colombiana está concentrada en las urbes, por lo cual se requiere realizar acciones tendientes a mejorar la calidad ambiental en las ciudades y hacerlas más amables. Con este fin, y en relación con la locomotora de vivienda y ciudades amables, se proponen las siguientes acciones: (1) implementar las directrices y estrategias establecidas en la política de gestión ambiental urbana y en la mejoramiento integral de barrios; (2) desarrollar instrumentos para el diseño y construcción de viviendas y edificaciones ambientalmente sostenibles; incluyendo la creación de una norma técnica de construcción sostenible para acceder al sello ambiental colombiano, (3) promover la incorporación de consideraciones ambientales en la política nacional de espacio público, incluyendo el incremento de las áreas verdes en las zonas urbanas y corredores lineales y de conectividad, como una medida de adaptación al cambio climático y de protección ambiental en espacios urbanos; (4) desarrollar modelos de gestión urbana con visión ecosistémica y corresponsabilidad urbano-regional; (5) aportar lineamientos ambientales a la formulación del programa de renovación urbana (RU); y (6) promover la eficiencia energética y las energías renovables en las viviendas.

Así mismo en el plan se formula que se hace necesario el cambio en los patrones insostenibles de producción y consumo, implementando la política de producción y consumo sostenible, con énfasis en: (1) establecer acciones para reducir la intensidad energética (consumo nacional de energía total/PIB) y el consumo de agua total/PIB; (2) promover la utilización de energías alternativas (solar, eólica, geotérmica, entre otras); (3) fomentar compras verdes estatales en el orden nacional y regional; (4) fomentar la certificación ambiental bajo esquemas ISO 14000 o similares y la construcción de reportes medioambientales por parte de los sectores, utilizando esquemas reconocidos internacionalmente; (5) diseñar estrategias y mecanismos orientados a diferenciar e impulsar la demanda de bienes o servicios amigables con el medio ambiente, incluyendo medidas para evitar la publicidad engañosa; (6) promover, conjuntamente con el sector de agua

potable y saneamiento básico, el ajuste a la regulación e incentivos para fomentar el aprovechamiento y valoración de residuos sólidos; (7) expedir normas post consumo para gestión de residuos prioritarios o bienes de consumo masivo; (8) construir esquemas de certificación y nuevas categorías que puedan optar por el sello ambiental colombiano.

Dentro de las 10 metas en la línea de gestión ambiental sectorial y urbana en el tema de sostenibilidad y construcción se encuentra la creación de una norma técnica en la categoría de construcción sostenible para acceder al sello ambiental colombiano bajo un indicador, una norma técnica colombiana de construcción sostenible partiendo de una línea base cero.

Continuando con el marco normativo sobresalen las disposiciones relacionadas con los procesos de licenciamiento ambiental, permisos, compensaciones y concesiones, La mayoría de normas que se expedieron en el 2010 y que muestran lo prolífico del sector en cuestión normativa se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Normas ambientales formuladas en la vigencia (2010-2011)

TIPO	NO	TEMA
Ley	1377	Reglamentación del actividad de reforestación comercial
Ley	444 1	Por la cual se escinden unos ministerios
Decreto	798	Estándares Urbanísticos para el desarrollo de vivienda
Decreto	1162	Comisión intersectorial de propiedad intelectual
Decreto	2372	Planes de manejo de reservas forestal
Decreto	2803	Sistema nacional de Información Forestal

Decreto	2820	Modificación régimen de licencias Ambientales
Decreto	2972	Creación de la comisión técnica nacional intersectorial para la salud ambiental (CONASA)
Decreto	3678	Criterios para imposición de sanciones
Decreto	3930	Usos, vertimientos y ordenación del recurso hídrico
Decreto	4728	Límites permisibles de vertimientos de aguas marinas y costeras
Resolución	59	Se delega el título agropecuario ICA al registro de plantaciones forestales
Resolución	207	Adición al estado de especies exóticas invasoras
Resolución	260	Distribución del recursos del certificado de incentivo forestal (cif)
Resolución	383	Especies silvestres amenazadas
Resolución	415	Registro único de infractores ambientales
Resolución	610	Estándares de calidad del aire
Resolución	619	Estudios y propuestas de zonificación de áreas de manglar en CorpoNariño
Resolución	650	Protocolo de monitoreo y calidad del aire
Resolución	651	Se adopta el subsistema
Resolución	760	Procedimientos y métodos de medición de contaminantes industriales
Resolución	957	Autorizaciones ambientales con organismos vivos modificados
Resolución	958	Comité técnico nacional de bioseguridad para organismos vivos
Resolución	1023	Sistema de información y seguimiento del registro único ambiental (RUA)

Resolución	1297	Sistema de recolección selectiva de pilas y/o acumuladores
Resolución	1457	Sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llanta as usadas
Resolución	1510	Re delimitación reserva Rio Nare
Resolución	1511	Sistema de recolección selectiva de bombillas
Resolución	1512	Sistema de recolección selectiva de residuos de computadores y/o periféricos
Resolución	1543	Términos de referencia para estudios ambientales en el sector hidrocarburos
Resolución	1544	por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones.
Resolución	2064	Medidas posteriores a la aprehensión de especies
Resolución	2154	Modificación de la resolución 650
Resolución	2195	Reglamentos técnico del proceso térmico de alimentos envasados
Resolución	4716	Mapas de riesgo de calidad e agua para consumo humano
		“ plan de acción 2010-1015 del programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales (proure)- Ministerio de minas y energía”.
Resolución	3565	Se modifica parcialmente la ley 99 de 1993 y la ley 1263 de 2008

Fuente: MAVDT. 2011 adaptado.

4.1.3.3 Reglamentación de indicadores ambientales: En el artículo 11 del Decreto 1200 de 2004 establece que el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial definirá mediante resolución los indicadores mínimos de referencia para que las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible evalúen su gestión, el impacto generado y se construya a nivel nacional un agregado que permita evaluar la implementación de la política ambiental; se establece mediante el decreto 643 de 2007 los indicadores mínimos. Alrededor de 55 indicadores clasificados como ambientales, de gestión y de desarrollo sostenible, se llegó a la formulación de la resolución 964 de 2007, en la que se definieron 25 indicadores mínimos de gestión (IMG), dirigidos específicamente a las corporaciones autónomas regionales.

Se encuentra en el presente decreto en el artículo 4o. indicadores de desarrollo sostenible. Los indicadores ordenados según los objetivos de desarrollo sostenible son los siguientes:

Para consolidar las acciones orientadas a la conservación del patrimonio natural:

1. Número de hectáreas protegidas con régimen especial.
2. Tasas de deforestación.
3. Incremento de cobertura vegetal.

Para disminuir el riesgo por desabastecimiento de agua:

1. Población en alto riesgo por desabastecimiento de agua.
2. Índices de escasez.

Para racionalizar y optimizar el consumo de recursos naturales renovables:

1. Intensidad energética medida como la relación entre barriles equivalente de petróleo y millones de pesos PIB departamental (BEP/ M\$PIB).

2. Consumo de agua en los sectores productivos (industrial, comercial, agrícola y pecuario), medido como consumo de agua en metros cúbicos, sobre producción o hectáreas.
3. Residuos sólidos aprovechados medidos en toneladas, sobre generación total de residuos.

Para generar empleos e ingresos por el uso sostenible de la biodiversidad y sistemas de producción sostenible:

1. Volumen de ventas medido en millones de pesos de las empresas dedicadas a los mercados verdes.

Para reducir los efectos a la salud asociados a problemas ambientales:

1. Tasa de morbilidad por infección aguda IRA
2. Tasa de morbilidad por enfermedad diarreica aguda. EDA
3. Tasa de morbilidad por dengue.

Para disminuir la población en riesgo asociada a los fenómenos naturales:

1. Número de personas afectadas a causa de los fenómenos naturales al año
2. Pérdidas económicas a causa de los fenómenos naturales al año, medidas en millones de peso

Como fuente de información para el suministro de datos que alimente los indicadores, Colombia en los próximos años fortalecerá la producción de información para la toma de decisiones a través del Sistema Estadístico Nacional (SEN), que permite la producción de estadísticas de calidad, selectas y oportunas, acorde con las necesidades del país, aplicando efectiva y rigurosamente el proceso estadístico de acuerdo a lo establecido en el código nacional de buenas

prácticas; y el sistema nacional ambiental (SINA) que es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales del país. Así mismo, estructurará e implementará los instrumentos necesarios para consolidar la sinergia entre estos dos sistemas, con el fin de armonizar la producción de la información social, económica y ambiental que necesita el país para la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

La Ley 99/93 organiza el sistema nacional ambiental (SINA) y crea el Ministerio de Medio Ambiente como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables del país a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

El SINA cuenta con el sistema de información ambiental para Colombia (SIAC) que se define como “el conjunto integrado de actores, políticas, procesos y tecnologías involucrados en la gestión de información ambiental del país, para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo de ideas”. El SIAC está articulado por dos componentes principales que son: el sistema de información ambiental para el seguimiento a la calidad y estado de los recursos naturales (SIA) y el sistema de información para la planeación y la gestión ambiental (SIPGA).

El SIA fue dividido en dos grandes grupos que son oferta ambiental y demanda ambiental: el grupo de oferta ambiental está conformado por cinco subsistemas de ámbito nacional que son: sistema de información sobre la biodiversidad (SIB), sistema nacional de información forestal (SNIF), sistema de información sobre la calidad del aire (SISAIRE), sistema de información ambiental marino (SIAM) y sistema de información de recurso hídrico (SIRH); a nivel regional se tienen el sistema de información ambiental territorial de la amazonia colombiana (SIAT AC) y el sistema de información ambiental territorial del pacífico colombiano (SIAT PC). El grupo de demanda ambiental, está conformado por dos subsistemas que son: el sistema de información sobre uso de recursos naturales renovables (SIUR) y el sistema de información de vivienda y desarrollo territorial (SNIVDT).

El sistema de información para la planeación y la gestión ambiental (SIPGA) está conformado por cuatro subsistemas que son: sistema de seguimiento a las metas del gobierno (SIGOB), sistema de información de planeación y seguimiento a metas del Ministerio (SINAPSIS), sistema de información de licencias ambientales (SILA) a nivel nacional, y sistema de información de planificación y gestión ambiental de las corporaciones autónomas regionales (SIPGA CAR) a nivel regional. En la Agenda 21 se establece como una actividad para la reducción de las diferencias en materia de datos, la elaboración de indicadores de desarrollo sostenible; bajo esta consideración desde el año 2007 a través de un acuerdo interinstitucional (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, IDEAM y DANE) el país se organizó para avanzar en la estructura de indicadores nacionales y para establecer los mecanismos para dar cumplimiento a los compromisos del país frente a las iniciativas internacionales de indicadores ambientales.

Lo anterior muestra la tendencia del país a mejorar la calidad de la información, aunque todavía no se visualiza entre sus metas, la organización de la información y la generación de indicadores derivados de las obras de ingeniería como un punto de apoyo al desarrollo del país y su estado de la huella ecológica, esto indica que el camino se iniciará a través de estudios generados por las universidades o de los proyectos de ciudad vinculados por entidades internacionales a las regiones.

4.1.4 Teoría de Sistemas:

La Teoría General de Sistemas (TGS) se muestra en el presente trabajo como una forma sistemática y científica de acercamiento y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una alineación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias.

En tanto paradigma científico, la TGS se identifica por su perspectiva holística e integradora, en donde lo significativo son las relaciones y los conjuntos que a partir

de ellas emergen. En tanto práctica, la TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación fecunda entre especialistas y especialidades.

Al contextualizar un sistema de Indicadores es importante entender la aplicación de los sistemas en el ambiente que interactuaran los indicadores; la cualidad esencial de un sistema está dada por la interdependencia de las partes que lo integran y las corrientes de entradas y de salidas mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente. Ambos enfoques son ciertamente complementarios y marca el inicio de la comprensión de un sistema y en el presente caso su comportamiento en la integración de la infraestructura y la sostenibilidad.

Bajo las observaciones anteriores, la TGS es un ejemplo de perspectiva científica (Arnold & Rodríguez, 1990a). En sus distinciones conceptuales no hay explicaciones o relaciones con contenidos preestablecidos, pero sí con arreglo a ellas podemos dirigir nuestra observación, haciéndola operar en contextos reconocibles.

Los objetivos principales de la Teoría General de Sistemas son:

- a. Promover el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- b. Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,
- c. Empezar una formalización (matemática) de estas leyes.

La Teoría General de Sistemas (TGS) tiene su inicio desde la filosofía y la ciencia y entre los siglos XVI y XIX se trabaja en el pensamiento de la idea de sistema, su funcionamiento y organización; se le atribuyen a George Wilhelm Friedrich Hegel (1770 –1831) el trazado de las siguientes ideas:

- El todo es más que la suma de las partes

- El todo determina la naturaleza de las partes
- Las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo
- Las partes están dinámicamente interrelacionadas o son interdependientes

En el siglo XX , aparecen otras disciplinas que se ayudan en la TGS, entre esas disciplinas se encuentran la Teoría de las Comunicaciones (Claude Elwood Shannon), Bioquímica (Lawrence J. Henderson),Cibernética (Ross W. Ashby), Economía (Kenneth Boulding), Ecología (Eugene Pleasants Odum), Administración (Robert Lilienfeld) entre otros.

Ludwing Von Bertalanffy¹⁷ , biólogo y epistemólogo alemán presenta en 1950 los investigaciones iniciales de la TGS. Elaboró el concepto de sistema abierto e inició el pensamiento sistémico como un movimiento científico significativo. Desde sus estudios se resistió a:

- La concepción mecanicista de las ciencias exactas que tienden al análisis de cada fenómeno en sus partes constituyentes.
- La identificación de la base de la vida como un conjunto de mecanismos físico – químicos determinados.
- La concepción de los organismos vivientes como autómatas que solo reaccionan cuando son estimulados.

La teoría de sistemas¹⁸ se muestra como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y al mismo tiempo, como una

¹⁷ Nació en una aldea cerca de Viena el 19 de septiembre de 1901. En 1918 comenzó sus estudios con la historia del arte y de la filosofía, primero, en la universidad de Innsbruck y luego en la universidad de Viena en donde se hizo pupilo de los filósofos Roberto Reininger y Moritz Schlick, uno de los fundadores del Círculo de Viena. Terminó su PHD en 1926, y publicó su primer libro en biología teórica dos años más adelante “Las teorías modernas del desarrollo”. Su Teoría de Sistemas exponía ampliamente métodos e implicaciones para delinear las estructuras conceptuales y los principios fundamentales de la relación componente-conductual de los organismos biológicos con las organizaciones sociales en busca de una integración interdisciplinaria de carácter rigurosamente científico.

¹⁸ Un sistema siempre se relaciona con el contexto que lo rodea, o sea, el conjunto de objetos exteriores al sistema, pero que influyen en éste, y a su vez el sistema influye en el contexto, aunque en una menor proporción; es una relación mutua de contexto-sistema. Tanto en la Teoría de los Sistemas como en el método científico, el punto central es el elemento a estudiar. El contexto a analizar depende del elemento, de su límite.

orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias.

La teoría de sistemas se produjo por:

- La necesidad de sintetizar las teorías que la precedieron.
- Inmensas posibilidades de desarrollo y operación de las ideas por la tecnología, informática y la cibernética.

La ciencia nunca se ha orientado por un camino único, a pesar de ello muchos aspectos de la epistemología de la ciencia que se emitieron al conformar el conjunto del conocimiento. En muchos casos han ido siendo refutadas por la amplificación de las cosmovisiones; entonces se hace necesario que la teoría de sistemas tome partida en esas disyuntivas, afianzando, su gran propósito, en la unida conceptual del mundo y de la ciencia bajo la especificidad de reducir los isomorfismos de las leyes, y mirarlas conductualmente en diferentes campos del conocimiento científico (Bertalanffy, 1962).

La teoría de sistemas se define como: “ una disciplina científica que orienta su objeto de estudio a la unidad de las ciencias naturales y sociales, integrada bajo el concepto de los sistemas emanados de todos los puntos de vista del conocimiento para llegar a la comprobación de los campos no físicos de la ciencia. (Teoría de Sistemas. Rodrigo D. López. Luis C Torres. Junio de 2009). La teoría de sistemas se identifica por su posición holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas surgen. En la práctica, brinda un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación productiva entre especialistas y especialidades.

Se organizó en 1954 The Society for General Systems Research, en donde la teoría de sistemas se establece en un aparato de integración entre las ciencias naturales y sociales y es al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos. Los objetivos entre varios fueron:

- Investigar el isomorfismo¹⁹ de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
- Promocionar y desarrollar modelos teóricos en campos que carecen de estos.
- Reducir la duplicación de los esfuerzos teóricos.
- Promover la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores.

Para Bertalanffy, la aparición de principios similares entre los fenómenos de diferentes áreas del conocimiento fue una de los motivos para reunir las ideas de la TGS. Un ejemplo de principios isomorfos es: la ley de la oferta y la demanda que se aplica a la administración a la economía y a la contabilidad.

4.1.4.1 Concepto de sistema: La noción de sistema inicia del enfoque de las partes y el todo. Fue entonces hasta la segunda guerra mundial, cuando se pone en popularidad el interés del trabajo interdisciplinario y la existencia de analogías o isomorfismos en el trabajo de sistemas biológicos y automáticos y en los años cincuenta, Bertalanffy expone su teoría del sistema general. Las definiciones clásicas son:

Es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo. Es un grupo de elementos y componentes interrelacionados, y de atributos, que interactúan entre sí, con un objetivo determinado. Desde este un punto de vista amplio, el concepto de sistema es más restrictivo que el de conjunto²⁰.

¹⁹ Isomorfo viene de las palabras iso que significa igual y morphê que significa forma. Se define como aquel principio que se aplica igualmente en diferentes ciencias sociales y naturales.

²⁰ El conjunto como en el sistema, son los mismos elementos. Sin embargo, los elementos se comportan en un conjunto, como una reunión, pero sin ninguna relación o estructura que permita realizar tareas, acciones o actividades; mientras que los mismos elementos en un sistema se encuentran en interacción, para lograr los objetivos propuestos.

Las partes que componen al sistema, no describen solo el campo físico (objetos), sino más bien al funcional, esas partes pasan a ser funciones básicas ejecutadas por el sistema. La estructura de un sistema se resume por entradas, procesos y salidas. En los sistemas se encuentra las siguientes partes:

- Elemento

Se delimita Elemento como la parte integrante de una cosa o porción de un todo. Todo elemento puede ser un sistema en sí mismo. De ellos se estudia su comportamiento. Un elemento puede evidenciarse de acuerdo a las características intrínsecas que lo conforman, pueden ser: objetos, conceptos, sujetos²¹.

- Subsistema

Cada una de los componentes de un sistema son divisiones aceptadas con propósitos de conocer mejor el sistema. Para asemejar las partes, componentes o subsistemas es preciso definir los términos de interacción entre las divisiones a que haya lugar, conservando las características básicas del sistema al cual corresponden. Se asumen los siguientes argumentos cuando se habla de sistemas:

- Un sistema es constituido por subsistemas.
- En su momento un subsistema puede estar conformado por más subsistemas.
- Un sistema es la interacción enérgica de elementos.

- Entradas

Es todo aquello que el sistema recibe o importa de su mundo exterior. El sistema visto como un subsistema de otro mayor que lo contiene, las entradas pueden ser

²¹ Se denomina *Objeto* a la porción de la realidad que se estudia. En su esencia, un objeto es todo ente que ocupa un lugar en el espacio o en el tiempo. Se define un *Concepto* como, la abstracción exclusiva del proceso del pensamiento del hombre y un *sujeto* desde el punto de vista ontológico, es "el ser que personifica acciones.

consideradas como las relaciones externas de ese sistema con otro. El sistema recibe entradas para operar sobre ellas, procesarlas y transformarlas en salidas.

- Salidas

Las consecuencias de un proceso de producción en los sistemas van dirigidas a obtener un beneficio deseado. Las salidas son los resultados, los triunfos de ese proceso de transformación que van al exterior y que son en muchas oportunidades esperadas por otros sistemas que se sirven del producto generado por el sistema, ese punto por donde emerge el resultado del proceso de conversión se llama conducto de salida.

4.1.4.2 Clasificación de los sistemas: Al clasificar los sistemas este se convierte un proceso relativo; depende del individuo que lo hace, de la meta que se busca y de los sucesos particulares en las cuales se desarrolla. Los sistemas se pueden clasificar de diferentes formas, en el libro “Teoría General de Sistemas”, Van Gigch (1987) propone que los sistemas pueden clasificarse en:

- Sistemas vivientes y no vivientes: Los sistemas vivientes están dotados de funciones biológicas como el nacimiento, la muerte y la reproducción.
- Sistemas abstractos y concretos: un sistema abstracto es aquel en que todos sus elementos son conceptos. Un sistema concreto es aquel en el que por lo menos dos de sus elementos son objetos o sujetos, o ambos.
- Sistemas abiertos y cerrados: Un sistema cerrado es un sistema que no tiene medio, es decir, no hay sistemas externos que lo violen, o a través del cual ningún sistema externo será considerado. Un sistema abierto es aquel que posee medio, es decir, posee otros sistemas con los cuales se relaciona, intercambia y comunica.

Según Alba (1995), los sistemas se pueden clasificar, en su relación con el medio ambiente:

- Sistemas abiertos: Sistema que intercambia materia, energía o información con el ambiente
- Sistemas cerrados: Sistema que no intercambia materia, energía o información con el ambiente.

Conforme a la naturaleza:

- Sistemas concretos: Sistema físico o tangible
- Sistemas abstractos: Sistema simbólico o conceptual

Según su origen:

- Sistemas naturales: Sistema generado por la naturaleza
- Sistemas artificiales: Sistema producto de la actividad humana; son concebidos y construidos por el hombre

Según sus relaciones:

- Sistemas simples: Sistema con pocos elementos y relaciones
- Sistemas complejos: Sistema con numerosos elementos y relaciones entre ellos

Una clasificación diferente la da Chiavenato (1999), una organización basada en el funcionamiento de los sistemas:

- Sistemas determinísticos: Sistema con un comportamiento previsible.
- Sistemas probabilísticos: Sistema con un comportamiento no previsible.

4.1.4.3 Organización de los sistemas: Un sistema tiene una organización que difiere del entorno, de la estructura y de las propiedades que pueda desarrollar en el tiempo; unas son más apreciables que otras, ya que las reacciones que muestran a ciertas entradas, en general, son inconstante. Un sistema distingue la organización en condiciones de flujos y procesos, las partes que componen el sistema están dedicadas a adelantar procesos y a generar nuevos trabajos para el logro de los objetivos de maximización en los rendimientos. En efecto, el sistema debe estar organizado de forma tal que facilite la ejecución eficiente y efectiva de sus labores.

A continuación se nombran algunas de las propiedades que podrían encontrarse en un sistema:

- Sinergia

El concepto de sinergia es retomado de las escuelas de los campos de la psicología en Alemania; determina que un sistema posee sinergia cuando al inspeccionar cada una de las partes en forma aislada, no puede explicarse el comportamiento del todo. La sinergia es la propiedad que admite que los procesos que se dan al interior de cada uno de los componentes del sistema, se orienten hacia un resultado total. Compone las partes en torno de un producto o de un objetivo. Esta identifica los comportamientos que se generan como efecto de la acción conjunta de las partes y del sistema absoluto.

En la conducta global de un sistema, es necesario estudiar y examinar todas las partes y, si se consigue establecer las relaciones existentes entre ellas, se obtendrá predecir la conducta del sistema, cuando se le aplica una fuerza adicional, que no será normalmente, la resultante de la suma de efectos de cada uno de los componentes. En otras palabras, cuando encontramos un sistema con características de sinergia, debe tenerse en cuenta la interacción de sus subsistemas y el resultado final será un conjunto.

- Holismo

Se nombra los holos, a las unidades funcionales de una jerarquía de sistemas que posee dos aspectos, es decir, que actúan como poseedores de dos presencias: Actúan como totalidades cuando enfrentan lo descendente, y como partes ante lo ascendente. Las unidades funcionales de un sistema son totalidades con relación a sus partes, y son partes con relación a las totalidades de categorías superiores.

Un detalle en un sistema, es la existencia de cualidades que se producen de la integración, que no se reducen solamente a la suma de las propiedades de los elementos que lo constituyen, sino que el sistema asume sus propias características que no las tiene ningún subsistema, si se les considera por separado. El sistema es una entidad unitaria, en el cual los subsistemas y sus elementos pierden características intrínsecas.

El sistema realiza una influencia activa sobre las componentes, y tiene que ser hábil para afectar las acciones de los componentes para que estos mantengan su integración con el sistema total. El sistema se enfrenta a los cambios constantes de las partes, se resiste a la desorganización o a la desintegración. En conclusión las partes de un sistema se encuentran subordinadas al todo, el sistema las integra y les da una lógica relación.

- La entropía

El término Entropía viene del griego entropé que significa transformación o vuelta. Es un asunto mediante el cual un sistema tiende a consumirse, desorganizarse y morir. Se fundamenta en la segunda ley de la termodinámica que esboza que la pérdida de energía en los sistemas aislados los lleva a la degradación, degeneración, desintegración y desaparición. Para la TGS la entropía se debe a la pérdida de información del sistema, que provoca la ausencia de integración y comunicación de las partes del sistema.

4.1.4.4 Enfoque de los sistemas: Si al enfoque de sistemas se relaciona con la teoría de sistemas aplicada según Van Gigh (1981), es necesario evaluar los diferentes aspectos que este autor pretende describir sobre el marco de referencia en el cual se basa el enfoque de sistemas:

- 1) Es una metodología de diseño de sistemas: expertos tales como administradores, ingenieros, industriales etc, en general encuentran en el visión de sistemas una vía de solución a los problemas de un sistema en donde no solo la noción de sistema es la organización sino además la interacción de los elementos que la conciertan, sus funciones y recursos disponibles. Dado que la dinámica de los subsistemas afecta o es afectado por las funciones de otro subsistema, se necesita una metodología que promueva una buena toma de decisiones y el impacto del diseño que los profesionales proponen para la solución a los problemas.

- 2) Es un método científico más: la ciencia en general intenta cada vez más una unificación teórica aplicada a través de demostraciones en el comportamiento y en las propiedades de los sistemas que la componen, pero es evidente que esas propiedades son diferentes de una ciencia a otra dependiendo de las características interiores que la integran. Sin embargo, la perspectiva de sistemas valora un método particular que es aplicable a todas las ciencias, que requiere de un pensamiento abierto y de mayor comprensión para relacionar las conductas comunes de los sistemas físicos y la dinámica propia de los sistemas vivientes.

- 3) Es una teoría para las organizaciones: Los sistemas organizacionales tales como los sistemas empresariales, los sistemas de información, o los sistemas sociales, son sistemas concebidos por el hombre y con objetivos establecidos para el bienestar del mismo. El enfoque de sistemas muestra una nueva forma de pensamiento organizacional, comparado con las escuelas de la administración científica de Frederick W. Taylor, o la Administración Industrial y General de Henry Fayol, entre otras.

Desde el punto de vista de sistemas este dimensiona los sistemas organizacionales como un todo que mejora los objetivos, pretendiendo nuevas formas de organización con estructuras menos verticales y tradicionales (Checkland, 1986). Una teoría de sistemas organizacionales piensa la organización como un sistema cuyas funciones son totalizantes e interactuantes. Las escuelas contemporáneas actualmente ya incluye con mucha seriedad este enfoque en la administración de sus empresas.

- 4) Es una dirección de sistemas: Las organizaciones actuales, se mueven por sub-sedes, o por regionales, implica esto que sean tratadas como un sistema total.

El enfoque de sistemas no es el remedio para la solución de problemas de los sistemas en general, esto obedece de las fortalezas cognitivas de los diseñadores de sistemas y la aplicación de estrategias propuestas por el enfoque.

4.1.4.5 Modelos de sistemas: Los diseñadores de sistemas hacen uso de abstracciones del mundo real para crear lo que se considera un modelo, posteriormente el mismo modelo le ayudará a percibir los aspectos específicos para interpretar lo que necesita el sistema en realidad.

Para Peter Checkland (2000) “Un modelo es una construcción intelectual y descriptiva de una entidad en la cual al menos un observador tiene un interés. El observador quizá desee relacionar el modelo y, de ser adecuado, los mecanismos de este, con los observables del mundo. Cuando esto se hace, con frecuencia conduce a descripciones del mundo formuladas en términos de modelos, como si el mundo fuese idéntico o los modelos de éste”.

En conclusión, el modelo sirve para descubrir y reflejar la relación entre las variables, estimar el costo de los cambios, analizar las estrategias alternativas y

estudiar la conformación y sensibilidad de los resultados en el proceso de mejoramiento o diseño de sistemas.

Los modelos de acuerdo a los propósitos para los cuales se aplica el enfoque de sistemas y según Ackoff (1962), muestra tres tipos de modelos:

- a) Modelos icónicos: Muestra el sistema real en una versión miniaturizada y las características sobresalientes y básicas son tomadas a escalas relacionales, por ejemplo 1 metro lineal del sistema real, en el modelo se asume como un centímetro; en esta versión, el modelo, representa la reproducción de un comportamiento original, caso muy popular es el de las maquetas en la arquitectura para las construcciones civiles, tales como los edificios, puentes, máquinas industriales.)
- b) Modelos simbólicos: es el signo abstracto de sonidos y pictografías que muestran las propiedades de un sistema a través de símbolos, estos modelos quizás tiene un grado de abstracción más alto que los modelos icónicos por ejemplo, los diferentes diagramas que determinan el comportamiento de una situación representativa del sistema real, es el caso del flujo de proceso de una organización. Donde cada hecho está dado por un símbolo convencional.
- c) Modelos analíticos: pero más característicamente los procesos inducidos por la aplicación de las leyes físicas.
- d) Modelos conceptuales: modelos de sistemas de actividad humana donde se determina cada actividad como los subsistemas que el hombre usa en el sistema en la concepción detallada del sistema a analizar.

Para saber cual modelo podemos aplicar el enfoque de sistemas, si se trata de un modelo icónico, simbólico etc. Otros autores le dan aún más categorías dependiendo del sistema que requiere de un modelado técnico.

1. Modelos de tomas de decisiones: exponen maneras de evaluación sobre los cuales se basan los diseñadores de sistemas para seleccionar entre alternativas posibles.
2. Modelos lógicos-matemáticos: se describen en el uso de formas soportadas por las leyes matemáticas y el desarrollo lógico para comprobar hecho de un sistema.

Podemos concluir que un modelo debe:

1. Simbolizar la dinámica del sistema.
2. Subrayar los factores más apreciables para solucionar el problema.
3. Ser perfecto en los agentes básicos,
4. Ser sencillo en su estructura, de modo que sea posible su constitución.
5. Resistir los componentes del sistema concibiendo la integración al sistema total.
6. Ser fácil de transformación, con el propósito de realimentar interacciones, con el fin de que el sistema no sea obsoleto de forma inmediata.

El desarrollo del tema de TGS es de suma importancia aclararlo en el marco teórico, dado que formula los pasos para llevar a cabo la enunciación de un sistema de forma cierta y determinando la acción de una manera ordenada y concisa, lo que evita futuros errores en el planteamiento de este.

4.1.5 Indicadores: La expresión indicador comenzó a utilizarse en el lenguaje específico de las áreas estadística y económica para mostrar un dato que enuncia concisamente una magnitud significativa de un suceso. Un acercarnos al concepto de indicador, se relaciona a continuación con algunas de sus definiciones:

Una definición reciente la da Quiroga (2001) donde un indicador se entiende como “una variable que en función del valor que asume en un determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente y que los usuarios

decodificaran más allá de lo que muestran directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo”. Esto explica que un indicador o una agregación de variables que describen un fenómeno, se les asigna un peso específico dentro del valor final del índice.

En Tropenbos Foundation (1997)²² se encuentra que “un indicador es un parámetro cuantitativo o cualitativo que puede ser evaluado en relación con un criterio. Puede describir de forma objetiva, verificable y certera características del ecosistema o de los sistemas sociales y económicos asociados”.

Se encuentra también en el medio económico, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, (OCDE), que un indicador es “un parámetro, o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que ofrece información sobre un fenómeno, y que posee un significado más amplio que el estrictamente asociado a la configuración del parámetro”. Igualmente La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) entiende que un indicador es un “valor observado representativo de un fenómeno determinado. En general, los indicadores cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos. La información resultante se encuentra sintetizada. En resumen, los indicadores simplifican una información que puede ayudar a revelar fenómenos complejos”.

De las anteriores definiciones se muestra que existe una absoluta diferencia entre un indicador y un dato; el primero indica sobre el tema de estudio más allá de su simple expresión numérica o cualitativa, expresiones éstas que simbolizan el dato como tal. El indicador atañe cualquier tipo de información que indique algo acerca de un tema de estudio en particular. De los cual el indicador es información y el dato es el insumo que sustenta la estimación del indicador.

²² CONAMA 2004

4.1.5.1 Funciones de los indicadores y sus características: los indicadores se utilizan como herramientas que permiten visualizar, de manera sintética, la complejidad de los procesos para la toma de decisiones. Los indicadores se consideran como la medición de la condición, proceso, y comportamiento, proporcionando un resumen de los diversos parámetros de un sistema complejo. Cuando alguna información específica adquiere importancia para la toma de decisiones, entonces se puede clasificar como un indicador. Los indicadores permiten mejorar la comprensión de la realidad mediante el establecimiento de relaciones de causa y efecto construidas sobre las estadísticas básicas. Por lo tanto, cuando se analizan en conjunto, los indicadores proporcionan una visión clara del sistema como un todo, incluyendo las interrelaciones entre las diversas dimensiones.

La International Organization for Standardization (ISO), ha iniciado el proceso de estandarización de la aplicación de la sostenibilidad. En la edificación la norma ISO 21929-1 establece un marco para los indicadores de sostenibilidad, esta norma constituye de manera general un marco para explicar el concepto de indicador: “los indicadores son medidas que permiten disponer de información de un fenómeno complejo como el impacto ambiental que se simplifica en una forma que es relativamente fácil de usar y de entender. Las tres principales funciones de los indicadores son cuantificación, simplificación y comunicación” (ISO 21929, 2006; página 6).

De las definiciones enunciadas se puede concluir que los indicadores deben proporcionar el estado de la situación en que nos hallamos y planificar las acciones necesarias para mejorar dicho escenario en los espacios en que se considere favorable. Un indicador de sostenibilidad es una variable que por medio de la síntesis de la información social, económica y ambiental que se tiene, pretende mostrar el estado de la infraestructura en el caso de estudio en lo relacionado con los pilares de la sostenibilidad, esta tiene un gran valor como herramienta en los procesos de toma de decisiones en vía a una cultura amigable con el planeta.

Básicamente, la ventaja de utilizar los indicadores reside en: sintetizar un conjunto de datos diversos, que indica el estado general de un aspecto particular, su progreso o incluso tendencias y cuando los datos son sintetizados de este modo, indican las cuestiones claves que deben abordarse a través de incentivos, políticas públicas y actitudes de los agentes involucrados.

Los indicadores deberían referirse también a los objetivos elegidos, ser capaz de indicar el éxito o la falta de ella para acercarse a ellos, ser flexible y sólido en su construcción. Para servir a fines de comunicación, deben reducir la complejidad, de fácil comprensión y limitado en número. De acuerdo con los criterios de selección señalados por el Commission on Sustainable Development (CSD), en general, deben ser:

- sobre una sólida base científica, ampliamente reconocido por la comunidad científica;
- pertinente: tienen que cubrir los aspectos cruciales del desarrollo sostenible;
- transparente: su selección, cálculo y significado debe ser obvio, incluso para los no expertos;
- cuantificable: debería basarse, en la medida de lo posible, aunque no exclusivamente en los datos existentes y/o en los datos que son fáciles de recoger y actualizar;
- limitados en número de acuerdo con los fines que se están utilizando.

Para lograr y mantener la sostenibilidad, los responsables políticos necesitan información oportuna que demuestre si un sistema está generalmente volviendo más o menos sostenible, así como información específica sobre las características que necesita la mayoría de las mejoras (por ejemplo, las tasas de pobreza de la población, la contaminación del agua, etc.). Los índices de sostenibilidad se han desarrollado específicamente para ayudar a los responsables políticos en estos aspectos. Los índices suelen dar una visión estática de un sistema, pero cuando se calcula periódicamente, pueden indicar si el sistema se está volviendo más o

menos sostenible, y se destacan los factores que son más responsables de la conducción del sistema.

La aplicación de las primicias de la sostenibilidad a las obras de infraestructuras, envolviendo todos los procesos y actividades relacionados con ellas, durante las fases de su ciclo de vida, demanda un compromiso directo y responsable de todas las partes implicadas. Más allá que la responsabilidad legal está ligada a la normativa vigente en el país, la responsabilidad individual es voluntaria, pero forma un principio básico para la adaptación del sistema de la construcción al desarrollo sostenible propuesto para el nuevo milenio.

En la ISO se indica que los indicadores deben ser comparables internacionalmente, que el sistema de indicadores debe servir para la toma de decisiones y debe identificar los actores que intervienen en el proyecto se distinguen tres tipos de indicadores de acuerdo a las dimensiones del desarrollo sostenible:

Indicadores Económicos: Son los que miden los flujos económicos.

Indicadores Sociales: Los que relacionan el nivel social de la comunidad con el del proyecto.

Indicadores Medioambientales: Son las cargas ambientales que genera el proyecto o las que debe asumir.

En la construcción es fundamental instaurar indicadores que permitan controlar los procesos y su evolución es cada día más evidente en todos los ámbitos, pero se topa con múltiples obstáculos cuando se habla de infraestructuras. En la variedad de tipologías de obras, y en específico en el dinamismo de una empresa constructora, los parámetros de inicio son diferentes en cada tiempo, y la adquisición de información con los que confrontar supone una dificultad mayor, por cual en el tema de indicadores se debe tender al control del comportamiento de las variables, a la adopción de una gestión sostenible y a la sensibilización del

registro consciente de estos por parte de las personas que intervienen en el proceso.

El sector de la construcción a diferencia de otros sectores industriales se caracteriza por su movilidad y su presencia es a menudo temporal en un área dada. Por encima de todo, la construcción de infraestructura no puede ser considerada una actividad repetitiva. A lo largo de la vida útil de una estructura, la entrada y salida de materias primas y energía presentan diferentes variables. Teniendo en cuenta todos estos factores, es de esperar que las evaluaciones precisas, cuantificables y de comparaciones con muchos parámetros de comportamiento ambiental sean tareas de alta complejidad.

Hay numerosos impactos en la vida diaria de una estructura que no siempre puede ser especificado con precisión. Tienen que ser estimado y al mismo tiempo deben realizarse intentos para minimizarlos. En lugar de calcular dichos impactos (indicadores directos), se propone evaluar el comportamiento de la construcción sobre la base de medidas para evitar o para reducir al mínimo (indicadores indirectos).

Según el Ministerio del Medio Ambiente (2001b) de Colombia, las características más significativas de los indicadores son:

- Estos consiguen ser expresados en términos de una sola variable o de relaciones simples o complejas entre ellas.
- Logran tener un carácter cuantitativo o cualitativo. Estos últimos son de gran utilidad en especial cuando:
 - La información cuantitativa no está disponible.
 - El atributo estudiado no tiene una naturaleza cuantificable.
 - El costo de la información cuantitativa es muy elevado.

- Un indicador puede lograr ser una medida escalar (unidimensional) o vectorial (multidimensional). Los indicadores escalares se pueden dividir de la siguiente manera:
 - Indicadores que miden la relación entre dos o más variables, como por ejemplo: el porcentaje de biodiversidad amenazada en un plan de manejo ambiental, con relación a la biodiversidad afectada total en la región.
 - Indicadores que miden un solo atributo mediante una única variable, como por ejemplo el “número de árboles talados en un determinada región”.
 - Indicadores que agregan y ponderan información relacionada con diferentes variables y atributos, y dan como resultado un único valor escalar. A ellos se les llama índices, y un ejemplo de ellos es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que agrega información relativa a diferentes variables socioeconómicas de una población, educación, PIB per cápita Etc..

También a los indicadores vectoriales se les llama perfiles. Similar a los índices, también presentan información relativa a más de un atributo; sin embargo, no la agregan ni la ponderan para conseguir una medida escalar, sino que exponen la información de todos los atributos a la vez mediante una matriz de múltiples variables complementarias de carácter cualitativo o cuantitativo, que muestra las múltiples variables.

4.1.5.2 Indicadores de Sostenibilidad: Los indicadores en el desarrollo sostenible son instrumentos que componen un sistema de señales que ayudan evaluar el progreso de un país hacia el desarrollo sostenible; relacionándose aún ámbito en proceso de desarrollo conceptual, metodológico e instrumental.

El progreso de los indicadores de sostenibilidad como de desarrollo sostenible, tiene su comienzo en la década de los ochenta en Canadá y algunos países de Europa. El primer paso fue en la Cumbre de la Tierra, debido que para vigilar el avance de la Agenda 21, la Conferencia de Río creó la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS), con el objetivo de seguir la escalada hacia el desarrollo sostenible. Mostrándose la necesidad de tener instrumentos para medir el avance hacia la sostenibilidad. Los indicadores de sostenibilidad ambiental habían iniciado a partir de esta reunión de Río y de las responsabilidades que los gobiernos asumieron en la Agenda 21, este tenía solo una forma más académica, pero después es asumida por las políticas públicas y en la agenda de los políticos las regiones.

El trabajo de indicadores fue tomado inicialmente por entidades internacionales de cooperación para el progreso en los indicadores de sostenibilidad. El proyecto SCOPE²³, fue uno de los más importantes, así como los indicadores que producen organismos de investigación. Todo esto radicó en la independencia y creatividad de sus proposiciones, y su reto que estas, logren implementarse; no sólo es importante los recursos técnicos y financieros, sino el soporte político. También los investigadores han adelantado propuestas importantes en cuanto a enfoques analíticos y marcos ordenadores, que son importantes para llevar los indicadores como verdaderos instrumentos de política en los gobiernos.

En los últimos años, el trabajo y las publicaciones relativas a indicadores ambientales han ido en crecimiento, sobre la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. Se han obtenido como resultados una diversidad de iniciativas con una calidad heterogénea.

²³ SCOPE es el Scientific Committee on Problems of the Environment of ICSU (International Council of Scientific Unions), organización no gubernamental independiente, establecida en 1969 para generar análisis en profundidad sobre los aspectos científicos de los problemas ambientales, y asesoría para la toma de decisiones. Las reflexiones, talleres y publicaciones de SCOPE fueron aportes pioneros en el desarrollo de los indicadores de sostenibilidad, aportando con mucha creatividad ideas sobre cómo medir el progreso hacia la sostenibilidad, cómo elaborar marcos ordenadores, y cómo definir el desarrollo sostenible, desde una perspectiva científica y académica.

En el mundo se encuentran algunos países que han desarrollado indicadores ambientales, mientras que otros trabajan desde el enfoque de desarrollo sostenible (IDS), algunos han incorporado las dimensiones económica, social, ambiental e institucional del desarrollo. Algunos países han estado trabajando en forma más o menos autónoma y productiva en el desarrollo de indicadores de sostenibilidad ambiental, alcanzando calidad de sus propuestas, como lo demuestra Canadá, Nueva Zelandia y Suecia. Su trabajo técnico, unido al apoyo político y financiero, ha producido resultados más rápidamente.

En Colombia Mayr, J. (Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental, SISA (2001). En: www.minambiente.gov.co/sisa. Consultado en agosto de 2012), menciona que “en el país son numerosos los esfuerzos emprendidos para desarrollar sistemas de información e indicadores ambientales y de gestión; producto de estas experiencias el país cuenta hoy con un importante acervo de información ambiental que, sin embargo, no puede ser agregada en el ámbito nacional, ni comparada intra e inter-regionalmente debido a la diversidad conceptual y metodológica con base en la cual se produce y se administra”.

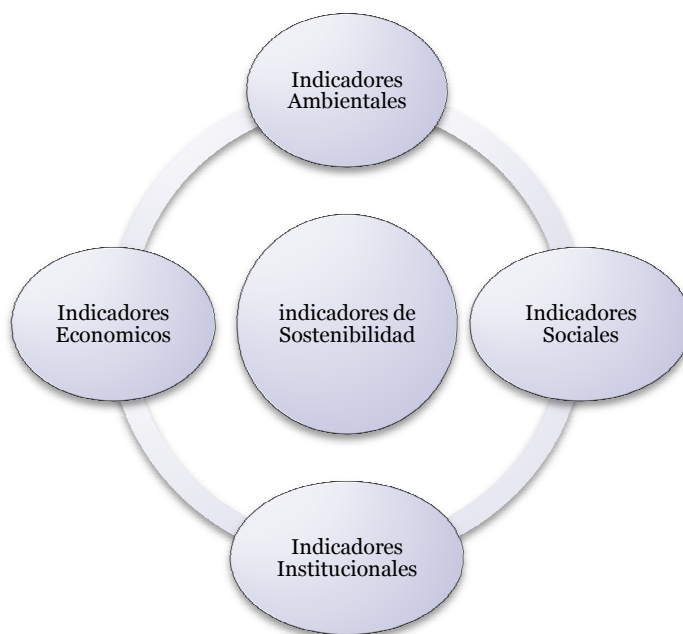
Los propósitos de los indicadores de sostenibilidad según Joachim y Odile (1997), son los siguientes:

1. Permitir un análisis sintético del desarrollo sostenible: Todos los indicadores deben estar basados en metodologías reconocidas y en datos válidos, deben igualmente ser direccionalmente seguros y confiables a largo plazo.
2. Servir de orientación: Deben ser útiles para identificar opciones de políticas e iniciativas administrativas futuras más adecuadas para alcanzar los resultados deseados. Deben proporcionar las conexiones de los actores con las causas de los fenómenos, así como con los instrumentos de medición de monitoreo y control de corte administrativo.

3. Comunicación: Deben ser transparentes y fácilmente comprensibles, que en lo posible se resuman en instrumentos comunicacionales que puedan ser usados para la conducción de políticas a todos los niveles.

En la siguiente figura 4 se muestra una interrelación de indicadores de sostenibilidad.

Figura 4. Interrelación de indicadores de sostenibilidad.



Fuente: del autor

4.1.5.3 Indicadores Ambientales: Entre las definiciones de indicadores ambientales se encuentra la propuesta realizada por Ministerio de Medio Ambiente Español (la monografía "Indicadores ambientales. Una propuesta para España.1996). "Un indicador ambiental es una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones." En esta misma publicación se contempla el concepto de índice, que

se puede identificar como la expresión numérica, de carácter adimensional, obtenida de la fusión de varias variables ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos. Posee un carácter social más acentuado debido a la intencionalidad con que se establece el proceso de ponderación. Los índices, por tanto, puede hacer el papel de los indicadores.

Para Colombia se plantea la siguiente definición de indicador ambiental en la pagina del DANE²⁴ “instrumentos de medición que permiten monitorear el estado y variación de los recursos naturales y el ambiente a lo largo del tiempo; permiten además, establecer relaciones entre el ambiente y las estructuras socioculturales y económicas, al igual que las dinámicas que estas relaciones conllevan. Los indicadores ambientales suministran información para tomar decisiones fundamentadas en el marco del desarrollo sostenible”.

En los estudios de Quiroga (1998), el desarrollo de indicadores ambientales y de índices relacionados con la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad internacional; así lo demuestran los importantes esfuerzos técnicos y financieros realizados por agencias internacionales, destacando entre ellos el de Naciones Unidas a través de la Comisión de Desarrollo Sostenible(CDS).

El Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, (Ministerio del Medio Ambiente (2001b). “Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental, SISA”. En: www.minambiente.gov.co/sisa. Consultado en agosto de 2012).En el ámbito ambiental diferencia los tipos de indicadores:

²⁴ El DANE es una de las entidades públicas de Colombia, que contribuye al cumplimiento de los compromisos multilaterales relacionados con el desarrollo sostenible y de los cuales Colombia es parte. Razón por la cual la entidad cumple las siguientes funciones de participa en la definición del diseño y operatividad de los mecanismos de monitoreo, presta apoyo técnico en la formulación y cálculo de los indicadores y genera productos de información asociados a los mismos y produce datos requeridos para el cálculo de algunos de ellos. (www.dane.gov.co)

- Indicadores biofísicos: Encaminados hacia el estudio de los escenarios naturales, recursos naturales, ecosistemas y las funciones ecosistémicas de un territorio, que en su conjunto se asocian a su oferta de patrimonio natural.
- Indicadores ambientales: Su objeto de estudio considera resultantes de la interacción entre el sistema sociocultural y el patrimonio natural. Este prototipo de indicadores reúne temáticas propias de los hábitos y modos antrópicos de producción y consumo, tales como demanda y uso de recursos naturales, generación y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos, contaminación acústica, las tecnologías y los tipos de energía utilizados en la producción de bienes y servicios y sus problemas como el cambio climático, la capa de ozono, etc.
- Indicadores de sostenibilidad ambiental: Los mismos que fueron definidos como ambientales, pero potenciados con un valor agregado de monitorear la sostenibilidad de la relación hombre naturaleza. Se pueden utilizar variados parámetros de comparación y contraste para monitorear y evaluar la evolución de sus valores en el tiempo, como los siguientes: capacidad de carga de los ecosistemas, resiliencia o capacidad de dilución de una corriente o los estándares o valores fijados nacional o internacionalmente, como referentes válidos de una gestión adecuada de los recursos naturales y del medio ambiente.
- Indicadores de desarrollo sostenible: Dan cuenta de las cuatro dimensiones tradicionalmente asociadas al concepto de desarrollo sostenible: la ambiental, la económica, la social y la institucional.

Colombia participa con el DANE en las siguientes iniciativas internacionales:

- Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el desarrollo sostenible (ILAC).

- Sistema de información del medio ambiente de los países de la comunidad andina (SIMA).
- Anuario estadístico de la comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Objetivo 7 del desarrollo del Milenio (ODM7)

4.1.5.4 Indicadores de sostenibilidad en la Infraestructura: Los indicadores de sostenibilidad en obra civil detallan el impacto ambiental, económico y social de las infraestructuras que afectan a las personas que gestionan, los constructores, los usuarios finales, al entorno espacial y a todos los segmentos del medio donde se interviene.

Cuando se usa un indicador, éste debe estar amparado de una explicación, que se refiera cómo asignar el valor al mismo. La utilidad de los indicadores puede acrecentar por la producción de un valor de referencia contra el cual confrontar el valor del indicador. Los indicadores también requieren una fuente de información según la cual puede calcularse el valor del indicador. También, los indicadores consiguen usarse para simplificar y proporcionar información compleja, pueden ser eficaces para:

- evaluación: por ejemplo valoración del porcentaje de objetivos logrados de un proyecto
- diagnóstico: por ejemplo, mostrar las afectaciones no programadas
- igualación: por ejemplo, logros por el uso de nueva tecnología.
- seguimiento: por ejemplo: evolución de la programación de tiempos en obra

En el medio los indicadores de sostenibilidad se utilizan con frecuencia para contrastar distintas opciones de diseño y construcción. Los encargados de los indicadores y los usuarios de los mismos, se obligan a certificar siempre que la base de comparación sea adecuada en términos de comportamiento sostenible, y

que estén determinados apropiadamente. El sector de la construcción exige indicadores de sostenibilidad tanto para su propia toma de decisiones dentro del diseño, producción y gestión, como para ser capaz de revelar la sostenibilidad de sus productos finales y procesos en el ciclo de vida.

Al aplicar los indicadores estos pueden variar de acuerdo a los usuarios, las necesidades y las fases de aplicación. Al ejecutar indicadores se debe prestar atención a la estructura de esta aplicación. La estructura hace relación al área de aplicación, el espacio de aplicación del agente implicado, el espacio de aplicación de la decisión, la fase del ciclo de vida del objeto y la disponibilidad de información.

Al desarrollar indicadores, el punto de salida es la caracterización de los principales usuarios y sus necesidades. Los indicadores de sostenibilidad serán necesarios para distintos actores del sector de la construcción y su aplicación puede variar en función de éstos:

- Usuario final de la infraestructura
- Proyectistas, promotores y urbanistas, diseñadores
- Fabricantes de productos de construcción (proveedores)
- Contratistas principales y subcontratistas.
- Organismos públicos
- Agentes financieros

Otros tópicos a tener en cuenta a la hora de aplicar los indicadores seleccionados son las diferentes etapas de aplicación, que pertenecen con las fases del ciclo de vida de la infraestructura, como:

- Diseño arquitectónico y civil, fabricación de componentes y materiales
- Construcción de la obra civil
- Uso de la obra
- Mantenimiento y reparación de elementos
- Demolición y tratamiento de los residuos de desmonte.

Cuando los aspectos ambientales, económicos y sociales de las infraestructuras son pronunciados mediante el apoyo de indicadores; los sistemas de indicadores son mejores que un indicador individual. Las series de indicadores pueden organizarse de modo que permitan la inclusión de una amplia representación de los aspectos de la sostenibilidad a la vez que siguen siendo relevantes para las perspectivas de los agentes implicados. Para el uso de los indicadores es necesario:

- Adoptar los indicadores convenientes dependiendo de las necesidades de las partes interesadas, los fines de la obra y la disponibilidad de información de los datos.
- Hallar los métodos favorables y la información para evaluar sus valores.

Los requisitos generales para un sistema de indicadores de sostenibilidad son los siguientes:

- La sostenibilidad debe representarse sobre la plataforma de un sistema de indicadores comprensible, el cual exprese aspectos ambientales, económicos y sociales, y sus interrelaciones en el medio.
- Los indicadores elegidos deben detallar los impactos ambientales, económicos y sociales más notables.
- La importancia de los indicadores seleccionados debe ser razonada y cuando sea necesario, validada.
- Los procesos de transformación de desarrollo y aplicación de los indicadores deben registrarse notoriamente.

Al entrar en el ambiente de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad en el sector de la edificación presentan los siguientes problemas identificados:

- Presentan una gran incertidumbre y subjetividad durante la selección de criterios e indicadores (Seo et al., 2004).
- Heterogeneidad entre los diferentes sistemas de indicadores con la inexistencia de consenso global para la selección y el uso de los indicadores (Wilson et al., 2007), dimensiones y áreas no estandarizadas, con lo que cada sistema evalúa de acuerdo a su propio criterio.
- Es necesaria la adaptación de los modelos a las condiciones locales de cada país y región (como por ejemplo sí que realiza el Green Building Challenge).
- Existen modelos muy diferentes de evaluación de la sostenibilidad mediante indicadores: sistema checklist (como BREEAM o LEED), puntuaciones lineales según el esfuerzo realizado en cada criterio en el proyecto (GBC), cálculo de la eco-eficiencia (relación entre servicios y cargas, como el CASBEE).
- Número de indicadores necesarios, que debiera ser por lo general relativamente pequeño y que no resulta ser así en los sistemas de indicadores existentes (Alarcón, 2005)

4.1.6 Gestión del riesgo en proyectos de construcción sostenible: La metodología de la gerencia de riesgos no ha sido aplicada por la gran mayoría de las empresas constructoras; el desconocimiento ha impedido el empleo de la misma en la industria de la construcción en Colombia. Las constructoras han hecho de la administración de riesgo una herramienta no muy asequible, pero que no deja de restar importancia en la gestión integral de un proyecto.

En el tema de la infraestructura éste, es un tema que ocupa las primeras líneas, por la gran cantidad de riesgos a la que las obras civiles se ven expuestas desde la parte económica hasta los fenómenos naturales; por lo cual nace la necesidad de acoger mejores prácticas internacionales para hacer cara a los mercados internacionales de la industria de la construcción, implica incorporar en las empresas constructoras la mejor metodología de la gestión del riesgo aplicable directamente a la sostenibilidad de sus producto final.

La claridad en este tema ayuda ampliar el panorama desde el cual deben ser tomados los indicadores ya que muchas de las decisiones en las obras civiles se asumen desde la gestión del riesgo donde se analizan las repercusiones de admitir cierta directriz de la obra. Los proyectos de construcción se desenvuelven bajo una incertidumbre considerable debido a que es muy difícil controlar algunas variables internas y externas que afectan el desempeño de los mismos en tiempo y costo. Actualmente muchos proyectos no se llevan a cabo exitosamente dentro del costo y el plazo estipulados inicialmente generando insostenibilidad del mismo. Una de las causas de los retrasos y de los costos es provocado por la falta de prevención de riesgos durante la etapa de planeación de los proyectos.

Al igual esto repercute en la sostenibilidad del mismo de una forma holística en las dimensiones por lo tanto asumir esta temática desde sus forma permite una visión más integral de los indicadores aplicados a la infraestructura

4.1.6.1 Fases de la administración de riesgos: Los procesos involucrados en la administración de riesgo se pueden agrupar en cuatro fases, los cuales se describen a continuación:

- Identificación de riesgos: se asienta en identificar los potenciales riesgos de un proyecto a través de la empleo de técnicas.
- Medida de los riesgos: Reside en medir el impacto de los riesgos de un proyecto en término de coste y plazo mediante el uso de técnicas de análisis de riesgos.
- Obtención de respuesta de riesgos: se asienta en analizar y seleccionar la estrategia que contrarreste el impacto de los riesgos de un proyecto.
- Administración de contingencias: está monitorea y controla los recursos establecidos a la estrategia efectuada.

4.1.6.2 Caracterización de riesgos: En la etapa de identificación de riesgos, se tienen diferentes técnicas que se utilizan para identificar riesgos. Luego, se plantea un formato de identificación de riesgos, que ayudará a llevar un sistema de registros de los riesgos. Previo a la identificación de los riesgos correspondientes a un proyecto de construcción es necesario que se tenga bien definido el significación de riesgo así como sus diferentes tipificaciones y sus características. Se encuentra que Erikson (1989) puntualiza a los riesgos de la construcción como “la probabilidad de tener una pérdida económica derivadas por el desenvolvimiento del proceso de construcción”. Entre otras se encuentra que los riesgos son: la posibilidad de ocurrencia de una situación adversa o bien, la probabilidad de tener un suceso anormal cuyas consecuencias impacten negativamente en el resultado. Se hace necesario que el administrador de riesgos entienda y sepa los diferentes escenarios a las que se enfrentará con relación al conocimiento de los resultados de cada alternativa de decisión.

La caracterización de los riesgos en tres tipos, de acuerdo al conocimiento de sus consecuencias y de la probabilidad de su ocurrencia Diekmann et al (1988), los clasifica en:

1. Riesgos conocidos: son aquellos sucesos donde su aparición es común y razonable. La inestabilidad en precio de los materiales causado por las condiciones del mercado internacional y la baja productividad nacional son ejemplos de este tipo de riesgos.
2. Riesgos conocidos y/o desconocidos: son estos que tiene duras secuelas en caso de que ocurran, pero su probabilidad de ocurrencia es baja, por ello no se eliminan. Ejemplo El desabastecimiento de materiales causados por problemas de orden social.
3. Riesgos desconocidos: son estos en los que no se tiene ni siquiera idea de su ocurrencia y su probabilidad es casi invalidada por lo que es imposible

su consideración. Un ejemplo de este tipo de riesgo., es un fenómeno meteorológico que no se tengan registros en la zona.

Entre los escenarios que se mueve el riesgo se halla en teoría los siguientes:

- Escenarios con Certidumbre: es donde la decisión se toma bajo el conocimiento exacto de una perspectiva general. Esto no es propio de la industria de la construcción, donde los elementos son variables en el tiempo.
- Escenarios con riesgo: la decisión se toma sobre la plataforma de la evaluación racional de la probabilidad de ocurrencia de una situación hostil. Esto explica que las decisiones son variables pero el grado de su variabilidad es conocida.
- Escenarios con incertidumbre: la decisión se toma sin ningún a medida de referencia. Por lo cual no se tiene conocimiento ni datos que ayuden a evaluar la probabilidad de ocurrencia, los resultados de la decisión son variables pero, el grado de variabilidad de los mismos es desconocido.

4.1.6.3 Principales fuentes de riesgos: En el proyecto la primordial fuente de riesgo es en sí, el ecosistema del proyecto. Diekmann et al (1988). Instauró las principales fuentes de riesgo presentes en los proyectos de construcción de acuerdo a los principales elementos que intervienen en la realización. Las principales unidades son las siguientes:

- Contractuales: relación los derechos y deberes establecidos entre las partes de un contrato. Por ejemplo: la falta de claridad en las cláusulas de un contrato, falta de una perfecta comunicación entre los participantes y la falta de cláusulas que prevean condiciones desfavorables para ambas partes del contrato. El tipo de contrato determina la distribución de los riesgos entre el dueño y el constructor.

- Regulaciones: cambios en las regulaciones o normas gubernamentales bajo las que está sujeto el proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Por ejemplo: áreas que requieren licencia Ambiental.
- Tecnológico: Se relaciona con la inseguridad que se crea alrededor de las nuevas tecnologías que se utilizan en un proyecto. Encontramos nuevo software de diseño que pudiera representar dificultades para los ingenieros, el uso de nuevos modelos de maquinaria, nuevos materiales básicos y nuevos sistemas de construcción.
- Emplazamiento y tamaño del proyecto: son los factores que tienden a provocar mayores riesgos. Por ejemplo, hay un menor riesgo de retraso si se construye en una temporada de lluvias con infraestructura vial.

El desempeño de los participantes es un factor que puede variar directamente en los riesgos por ejemplo:

- Errores Humanos
- Toma de decisiones oportunas
- Estimación de costo, presupuesto y programación de obra.

Las condiciones externas se refieren a las fuentes de riesgo en el cual su control está fuera del alcance de los que intervienen, algunas de este tipo son:

- Aumento en los precios
- Disponibilidad de mano de obra y maquinaria en la zona
- Demanda y oferta del mercado

Shtub (1994) cita las siguientes fuentes alternas de riesgos:

- Dominio de la Tecnología
- Cambios en el ciclo de vida
- Soporte de nuevos productos, maquinaria o tecnología

4.1.6.4 Métodos de identificación del riesgo: Cuando se tiene claro el contexto del problema como la información histórica y registros de los riesgos de los proyectos durante el ciclo de vida del proyecto, se puede hallar la técnica correcta a usar. Algunas de las técnicas que se encuentran son:

- Diagrama causa-efecto (Ishikawa)
- Lista de verificación
- Entrevistas
- Grupo nominal
- Diagrama de análisis de procesos

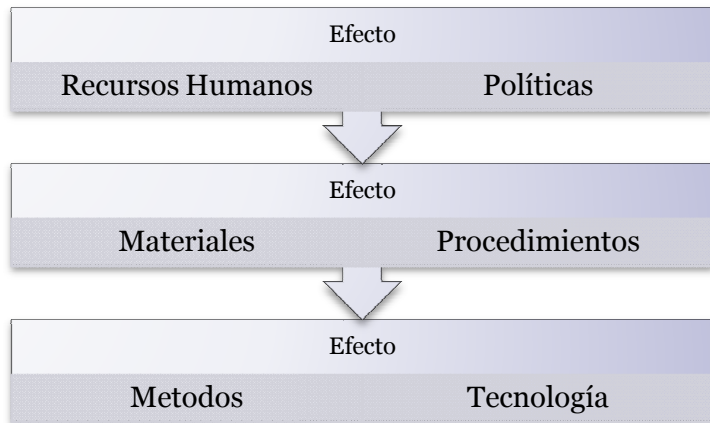
A continuación se explica cada una de las técnicas efectivas en la gestión del riesgo:

- Diagrama causa – efecto (ishikawa)

Conocer las causas y sus interrelaciones es fundamental para la solución de un problema, el diagrama causa-efecto guía la recolección de datos y su análisis para localizar la causa de un problema. Por ejemplo, se puede utilizar en obra para saber las causas y efectos del retraso en entrega de una obra y las causas que la hacen insostenible y relacionar los efectos negativos a las que somete la población beneficiada. Es primordial instaurar hasta qué nivel se hará la identificación de las causas para no hacer trabajo innecesario en analizar causas no importantes, según el impacto de éstas sobre el efecto. Los analistas deben de tener la prioridad sobre las causas que ellos piensan más importante y sobre el

efecto que se está estudiando. En la fig. x se muestra el esquema de un diagrama causa-efecto.

Figura 5. Diagrama de causa-efecto en una etapa del ciclo de vida de un proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

- Lista de verificación

Es uno de los instrumentos más utilizados por los analistas de riesgo ya que en ella se encuentra un catálogo de riesgos clasificados según su origen. Es importante levantar su propia lista de chequeo con el propósito de llevar un registro de los nuevos riesgos identificados cada vez que se lleve a cabo un proyecto; Ward Stephan, (September 1999, "Requirements for An Effective Project Risk Management Process". Journal Project Management, Vol. 3 Pag (37-43)), invita a no abusar en el uso de esta herramienta, debido a que tiende a desanimar el desarrollo de una identificación de riesgo creativa adaptada a las circunstancias, por lo general el trabajo de identificación de riesgo se vuelve muy repetido si consiste únicamente en buscaren la lista de verificación los riesgos con mayor posibilidad de ocurrencia y de mayor consecuencia negativas que pudieran afectar al proyecto. Es importante establecer una relación previa con las dimensiones de

sostenibilidad asociadas a un proyecto para que los indicadores seleccionados permitan una verificación real en obra.

Según el artículo, “Requerimientos para un proceso efectivo de administración de riesgos de proyectos”, de Ward 199. sugiere la utilización de una forma de registro de riesgos donde se especifique el tipo, la frecuencia, la severidad del impacto y la estrategia de solución de cada riesgo. Esta forma según Avots (1981) “crea un pensamiento activo de identificación de riesgos en los participantes, no solo durante el inicio del proyecto sino a lo largo de la vida del ciclo del proyecto y además, sirve para ir registrando los riesgos en la lista de verificación”.

- Entrevista.

Es una técnica clave de los proyectos para identificar los riesgos no encontrados en la etapa de planificación, también las entrevistas previas y el registro de estas ayudan a visualizar aquellos puntos que no fueron tenidos en cuenta inicialmente.

- Grupo nominal

Es un sumario de búsqueda proactiva desarrollada por un grupo de personas con la finalidad de identificar riesgos o problemas así como la solución de los mismos. La técnica de grupo nominal es específica cuando se requiere generar ideas bajo presión y cuando se tiene que resolver problemas muy complejos. Es un método de generación de ideas y de registro de ideas cuyo objetivo es tomar una decisión grupal, tomando como base las ideas más relevantes. Los pasos necesarios para llevar a cabo la técnica de grupo nominal es son las siguientes:

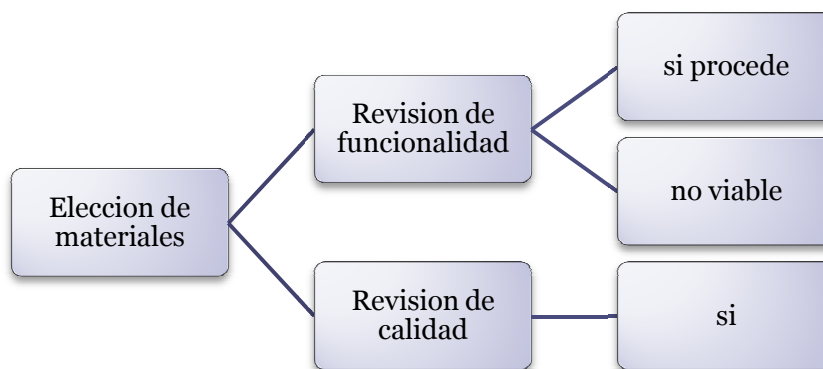
1. Sumario de generación de ideas
2. Reporte de ideas grupales
3. Depuración y discusión de ideas
4. Sistematización de ideas

4.1.6 Métodos de análisis de procesos: Es usado para hallar la relación entre el personal y el trabajo de un proceso. Esto ayuda a los usuarios a entender e identificar los cuellos de botella del proceso lo que se puede traducir como riesgos para el proceso. Por ejemplo, se puede analizar el proceso de diseño encontrando cuales son los temas que generan retrasos en la toma de decisión. Los pasos para construir un diagrama de procesos son:

1. Razonar el proceso y la relación entre todos los parámetros del proceso
2. Concebir los símbolos del diagrama tales como procesos, transportación, retrasos y puntos de decisión.
3. Levantar el diagrama empezando con la primera actividad o evento. Conectar todas las actividades o procesos usando flechas en orden cronológico.
4. Reconocer los problemas claves mediante la revisión de cada paso y elementos señalado.

A continuación se muestra un ejemplo de diagrama de proceso figura 6.

Figura 6. Diagrama de proceso.



Fuente: propia

- Cuantificación del riesgo

Entre los principales problemas en la planeación de los proyectos esta la incertidumbre. Una forma de empezar a tratar con la incertidumbre respecto a la duración y costo de un proyecto es hacer un esfuerzo por medirla, (Curran , M. W. 1990 How Bracket Budgeting Help Manager Cope With Uncertainty, Part 1,Management Review, 64 (4), 4-15). Existen técnicas de cuantificación de riesgos que pronostiquen el comportamiento variable de los proyectos desde el punto de vista de coste y duración del mismo.

En una segunda etapa la administración de riesgo se caracteriza por la aplicación de nociones estadísticas a través del uso de técnicas de cuantificación con el propósito de calcular la probabilidad de ocurrencia de los efectos asociados a los riesgos así como la magnitud de estos. En esta etapa se deben analizar aquellos riesgos que se crean que tengan mayor impacto en el proyecto desde el punto de vista de sobrecoste y retraso en el tiempo en la fecha de entrega., se debe establecer criterios de selección para eliminar a todos los eventos que no causen daños considerables al proyecto, se analiza todos los riesgos que afectan a las actividades más importantes del proyecto ya que de ellas dependerá en gran medida alcanzar las metas del proyecto.

Gestión del Riesgo vs Indicadores

Hoy más que nunca, la administración de riesgos interrelacionada con un buen sistema de indicadores de sostenibilidad, deben jugar un papel fundamental en el ciclo de vida de los proyectos de construcción debido a que éstos se han vuelto más complejos y multidisciplinarios. La administración de riesgo se caracteriza por la aplicación de conceptos estadísticos a través del uso de técnicas de cuantificación con la finalidad de calcular la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias asociadas a los riesgos así como la magnitud de tales consecuencias. Que mejor manera que los indicadores asociados incluyan una

visión del riesgo con criterios que ayuden al registro de la probabilidad de estos en miras de una sostenibilidad integral del proyecto.

4.2 ESTADO DEL ARTE

Este capítulo presenta el estado del arte en los temas relacionados con las aplicaciones existentes en la evaluación de la sostenibilidad. Se estudia la forma de implementación de la sostenibilidad en la infraestructura, los métodos y las técnicas de análisis y unificación de los valores de las distintas variables para obtener una valoración de la sostenibilidad.

El objetivo de las evaluaciones de sostenibilidad radica en compilar y proporcionar información para la toma de decisiones durante las diferentes etapas de la construcción, el diseño y el uso de una obra civil. Las valoraciones de sostenibilidad basados en indicadores de resultados de un proceso, en el que los fenómenos notables son identificados, analizados y valorados. En la actualidad, es posible identificar diferentes modos de evaluar la sostenibilidad en un proyecto constructivo:

1. Se encuentran sistemas de evaluación de la sostenibilidad para diferentes tipos de obra civil, hallando mayor información en los que se refiere a edificaciones; estos admiten establecer una gradación en cuanto al cumplimiento con una serie de indicadores de sostenibilidad.
2. Los estándares en sostenibilidad, delimitan lo que es sostenible y son usualmente admitidos como sinónimo de buenas prácticas.
3. Los métodos de evaluación. No están dispuestos hacia la certificación de una obra y existen diferentes investigaciones de este tipo; entre las más probadas se encuentran:

a. Basadas en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que estudia y evalúa el impacto ambiental de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia, estableciendo un balance ambiental con el objeto de conseguir un desarrollo sostenible.

Una de las principales fortalezas del (ACV), es que admite constituir en un solo valor la diversidad de los sistemas de producción y consumo de productos, produciendo visibles impactos que otros indicadores no reflejan. En su cálculo se logra manifestar el factor duración y los períodos de reutilización y reciclaje. Considerado su orientación integral permite pasar entre disciplinas relacionando diseño, fabricación, construcción y mantenimiento. Posteriormente, en relación al sistema de consumo actual, permite valorar los productos desde el punto de vista de su impacto sobre el medio ambiente contrastando el simple enfoque económico del producto.

Etapas del ciclo de vida

Considerando la clasificación y a la nomenclatura incluida en las normas UNE-EN ISO 14040-14044, se establecen cuatro fases en el ciclo de vida de una obra Civil:

- **Producto: A1 - A3**
 - Extracción de materias primas (A1)
 - Transporte a fábrica (A2)
 - Fabricación (A3)
- **Proceso de construcción: A4 - A5**
 - Transporte del producto (A4)
 - Proceso de instalación del producto y construcción (A5)
- **Uso del producto: B1 - B7**
 - Uso (B1)
 - Mantenimiento (B2)

- Reparación (B3)
- Sustitución (B4)
- Rehabilitación (B5)
- Uso de la energía operacional (B6)
- Uso del agua operacional (B7)
- **Fin de vida: C1 - C4**
 - Deconstrucción y derribo (C1)
 - Transporte (C2)
 - Gestión de residuos para reutilización, recuperación y reciclaje (C3)
 - Eliminación final (C4)

b. Análisis Coste Beneficio (CBA).

Una instrumento principal de apoyo para la toma de decisión que es usada comúnmente para la evaluación de proyectos es el Análisis de Costo –Beneficio (CBA). Análisis Costo-Beneficio (CBA) se aplica para organizar, evaluar y presentar los costos y beneficio, y los cambios inherentes que llevan a los proyectos a incrementar la asistencia pública (Kopp 1997). Hay una gran literatura y manuales específicos en Análisis de Costos-Beneficios utilizados para evaluar proyectos también, en consecuencia de ocuparse de riesgo natural de desastre.

Existen dos asuntos con dependencia a la evaluación económico de proyectos por medio de CBA

1. Las medidas de gestión del riesgo requieren ser amparadas por infraestructura existente o los proyectos adentro colocan en peligro áreas propensas. En el contexto de recursos escasos, administrar un CBA para proyectos de gestión de riesgos potenciales logra ayudar a seleccionar los proyectos más provechosos en

términos de evitar daños y perjuicios, y rechazando esos proyectos que no son eficientes en base a costos. Hay una falta de información general en los costos y beneficios, y la rentabilidad (beneficios netos) de tales proyectos.

2. Hay necesidad por la incorporación de riesgo de desastre y medidas de gestión de riesgo en proyectos y planificación del desarrollo también llamada Mainstreaming. Incluyendo la gestión del riesgo y la gestión de los proyectos de riesgo en métodos de evaluación, ayudarán a fomentar un desarrollo más robusto. La integración puede ser hecha con evaluaciones metodológicas existentes CBA, Análisis de Impacto Ambiental, Análisis de Impacto Social, Estructura de trabajo Lógico etcétera. Este informe enfoca la atención en la evaluación económica y la relevancia de CBA.

c. Análisis Multicriterio (MCA).

Es el método más comúnmente usado, en general para la toma de decisiones, tomando todos los criterios juntos e integrados en un único valor final que permite tomar la decisión con un índice integral más acorde a sus objetivos.

En la literatura de MCDA se hallan abordados a nivel macro tres tipos de contextos problemáticos:

- Selección de la mejor alternativa.
- Clasificar las alternativas existentes de la mejor a la peor.
- Clasificar las alternativas en grupos homogéneos.

d. Análisis del Riesgo

El análisis de los riesgos establecer cuáles son los factores de riesgo que potencialmente asumirían un mayor efecto sobre nuestro proyecto y, por lo tanto, deben ser gestionados con especial vigilancia.

Se hallan tres tipologías de métodos aplicados para determinar el nivel de riesgos de un proyecto. Los métodos pueden ser: Métodos Cualitativos – Métodos Cuantitativos – Métodos Semicuantitativos.

Métodos Cualitativos:

Es el método de análisis de riesgos más recurrido en la toma de decisiones en proyectos, se afirman en el juicio, experiencia e intuición de los expertos para la toma de decisiones.

Los métodos cualitativos incluyen:

Brainstorming

Cuestionario y entrevistas estructuradas

Evaluación para grupos multidisciplinarios

Juicio de especialistas y expertos (Técnica Delphi)

Métodos Semi-cuantitativos:

Se manejan clasificaciones de palabra como alto, medio o bajo, o descripciones más puntualizadas de la probabilidad y la consecuencia.

Métodos Cuantitativos:

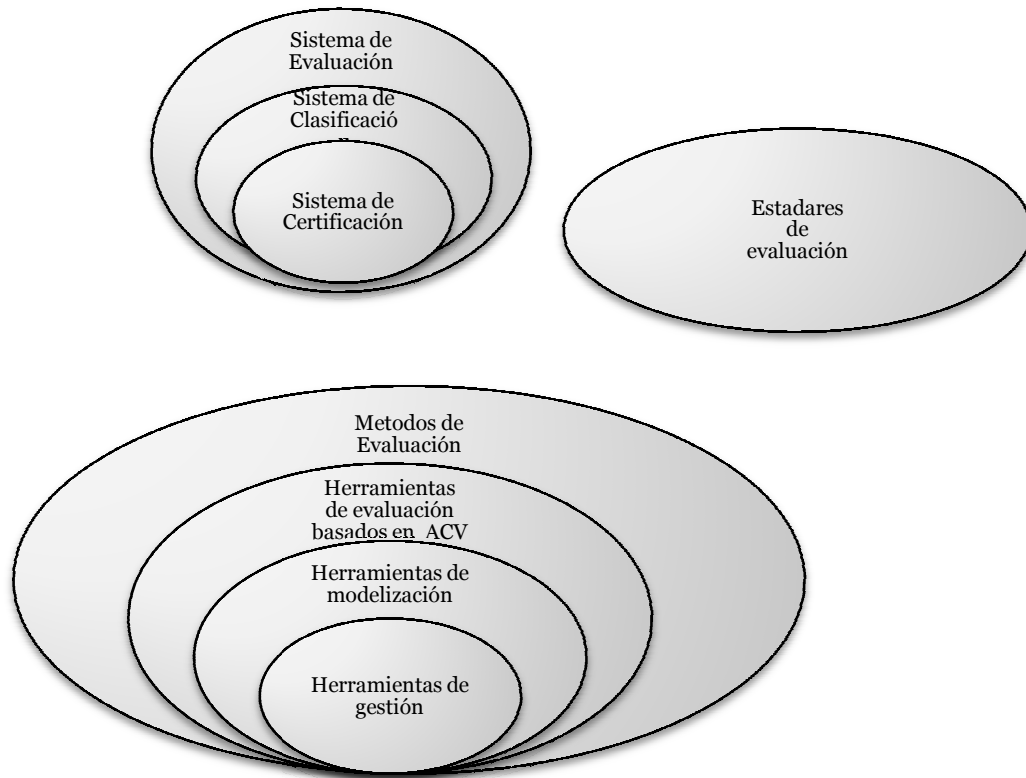
Se contemplan como métodos cuantitativos a aquellos que permiten asignar valores de ocurrencia a los diferentes riesgos reconocidos, es decir, calcular el nivel de riesgo del proyecto. Los métodos cuantitativos incluyen:

Análisis de probabilidad

Análisis de consecuencias

Simulación computacional

Figura 7. Sostenibilidad de la construcción, incorporación de parámetros de sostenibilidad



Fuente: adaptada de (CONAVI 2008)

4.2.1 La construcción sostenible en América Latina y el Caribe: Para la cumbre de Rio +20, el CEPAL, realizó un estudio donde descubre que la mayoría de las regiones de América latina no tiene un marco normativo en lo que se refiere al uso de materiales de construcción no contaminantes, aunque existen algunas regiones que han iniciado a realizar políticas de sostenibilidad designadas a la construcción sostenible. Entre los esfuerzos internacionales se hallan, primero la iniciativa de edificios y construcciones sostenibles (Sustainable Building and Construction Initiative) del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) que apoya a los encargados de la adopción de decisiones de la industria, negocios y política para que aprovechen las oportunidades existentes en el sector sobre la

base del ofrecimiento de una plataforma común de consenso para los actores relevantes, el desarrollo de herramientas y estrategias en relación con edificios sostenibles; el establecimiento de la línea de base para medir y reportar el desempeño de los edificios, y la demostración a nivel local, nacional y global. Segundo el marco de la iniciativa de Vivienda Social Sostenible (SUSHI), también del PNUMA, donde se está elaborando un enfoque con objeto de asegurar que los programas de viviendas sociales incorporen criterios y prácticas sostenibles.

De estos planes pilotos el PNUMA ha identificado los siguientes elementos en los usuarios de estas estrategias:

- 1) existen severos vacíos de comprensión en relación con los costos y beneficios de las construcciones sostenibles, así como sobre la relevancia de este tipo de soluciones para la sociedad, estos son percibidos como demasiado costosos;
- 2) suele haber falta de capacidades técnicas entre las compañías constructoras y trabajadores del sector;
- 3) hay una necesidad crucial de identificar oportunidades de financiamiento que permitan cubrir la inversión inicial y redistribuir el capital a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, así como de cuantificar los ahorros en costos y otros beneficios asociados;
- 4) son escasos los ejemplos concretos de este tipo de construcciones, y
- 5) resulta fundamental la recopilación de experiencias previas, así como la medición y monitoreo para la comprensión y posibilidad de reproducir estos proyectos.
- 6) la resistencia entre los usuarios a operaciones de mantenimiento complicadas y costosas, lo que hace necesario que los beneficios y ahorros sean claros.

Entre los programas de desarrollo en América Latina, se encuentra el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que impulsa el desarrollo urbanístico de manera sostenible en América Latina, para lo cual diseñó la plataforma Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES), que se ocupa de tres áreas específicas:

sostenibilidad ambiental, incluyendo los retos del Cambio Climático²⁵ desarrollo urbano²⁶, incluyendo temas de crecimiento urbano, sostenibilidad fiscal, transporte, competitividad y seguridad.

El escenario donde se desarrolla el proyecto está en ciudades de Latinoamérica y el Caribe, región en donde según el BID el 75% de la población habita en las ciudades, se trabaja en la tipificación de necesidades y problemas críticos y al mismo tiempo se dan cursos de acción para preparar la región para un futuro sostenible que debe integrar.

El BID considera que “además de las grandes metrópolis existen unas quinientas ciudades con menos de dos millones de habitantes cuyas economías y poblaciones están en fase de crecimiento acelerado. Estas ciudades emergentes aún tienen la oportunidad de crecer de manera sostenible, pero para hacerlo con éxito deben buscar la manera más eficiente de ofrecer servicios públicos, garantizar seguridad, proteger el medio ambiente, utilizar eficientemente los recursos naturales y adaptarse a las consecuencias del cambio climático. Adicionalmente, dichas ciudades deben desarrollar una gestión fiscal que permita financiar este tipo de crecimiento”. En América Latina el BID apoya el desarrollo de 141 Ciudades Emergentes²⁷ así: Argentina (10 ciudades), Bolivia (9), Brasil (8), Chile (22), Colombia (15), Ecuador (14), El Salvador (3), Guatemala (3), Haití (3), Honduras (2), México (8), Paraguay (6), Perú (8), República Dominicana (7),

²⁵ Son fluctuaciones de la temperatura y las precipitaciones y otros elementos del clima. También ha sido definido por la convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático como un cambio en el clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial.

²⁶ El Banco respalda programas de desarrollo urbano cuya finalidad sea el suministro de infraestructura básica para las ciudades y el desarrollo y rehabilitación de zonas urbanas abandonadas o sub utilizadas.

²⁷ Son ciudades que crecen por encima de sus promedios nacionales. La rápida tasa de urbanización crea oportunidades económicas para millones de personas, pero también trae consigo grandes retos para los gobiernos de LAC para proporcionar servicios básicos, garantizar niveles adecuados de calidad de vida, promover el empleo y proteger el medio ambiente. Para apoyar a las ciudades de LAC para lograr estos objetivos, el Banco introduce la **Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles**.

Venezuela (12), así como en Bahamas, Barbados, Belice, Costa Rica, Guyana, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Suriname, Trinidad y Tobago y Uruguay, cada uno con un proyecto.

Específicamente en Colombia en el año 2011 La Corporación Financiera Internacional (IFC) del Banco Mundial y Camacol, con el aval del Gobierno Nacional, accedieron a un convenio, para dar asistencia técnica y generar un nuevo marco regulatorio que permita avanzar en construcción sostenible. Colombia fue seleccionado por la IFC en América Latina como piloto ya que cuenta con dos particulares importantes, la voluntad por parte del Gobierno de establecer como prioridad el tema del cambio climático y la institucionalidad en el sector privado que garantiza las inversiones.

Este convenio se estableció en el estudio que elaboraron en Colombia la IFC y la Secretaría de Estado para asuntos Económicos (SECO) de Suiza el cual pauta las posibilidades que tiene el país y el sector de la construcción para contribuir en la mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones de carbono.

Camacol expone que conducirá el apoyo recibido de la IFC en contenidos que apliquen la asistencia técnica y la divulgación de las mejores prácticas de sostenibilidad en las nuevas construcciones. Los primeros esfuerzos se enfocarán en la Vivienda de Interés Social (VIS), además de aquellos proyectos que muestren un alto potencial de impacto en ahorro de recursos con relación a eficiencia energética, ahorro de agua y un adecuado uso de materiales en la actividad de construcción.

En lo que se refiere a políticas internas de Colombia, el gobierno del presidente ha mantenido una agenda de trabajo conjunta con el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y se viene avanzando en la elaboración de la Norma Técnica Colombiana para el Sello Ambiental y el código de construcción verde.

El código de construcción verde será el instrumento que impulsará el acompañamiento a los municipios para el desarrollo de incentivos locales, la definición de estándares de diseño y construcción para el uso eficiente de los recursos, estrategias que se encuentran plasmadas en el plan nacional de desarrollo. El gobierno tiene como prioritaria la implementación de una política de construcción sostenible. Se comenzó la formulación de los lineamientos de política sobre construcción y urbanismo sostenible que a la fecha de este trabajo no han sido implementados.

4.2.2 Infraestructura Sostenible: Al usar la palabra infraestructura sostenible esta se refiere no solo a la construcción y uso de infraestructura que es inherente a la sostenibilidad en cuanto a que su costo, calidad y duración deben ser adecuados para cumplir sus propósitos, sino también, al hecho de que su funcionamiento han sido pensada y seleccionada para contribuir y servir a un avance efectivo en el proceso del desarrollo sostenible. De forma inversa puede suceder en la realidad cuando se construye infraestructura sostenible que no ayuda al desarrollo sostenible.

Al generar proyectos de infraestructura estos tienen un gran impacto en un entorno de construcción sostenible. La infraestructura de obra civil entra en contraste con otras estructuras tales como edificios o viviendas para las cuales existen herramientas desarrolladas de sostenibilidad. Las diferencias están dada en la complejidad de la naturaleza de los proyectos, un sin número de estándares de diseño, las prácticas de construcción y las tecnologías de gran impacto en el desarrollo urbano y la gestión del proyecto dentro de las políticas del país.

Existen un número de investigación que gestiona las diferentes dimensiones de la sostenibilidad urbana, incluyendo la planificación de políticas a nivel macro; son escasas las investigaciones que apunta a las etapas específicas como diseño y construcción y a las otras que conforman el ciclo de vida.

Las referencias académicas muestran el creciente interés en las investigaciones sobre el medio ambiente y sostenibilidad en los países desarrollados y en desarrollo, indicando que la sostenibilidad es un problema global que necesita una solución de todos. Han empezado a emerger a nivel mundial metodologías para efectuar la evaluación sostenible cimentados en sistemas de indicadores para los proyectos de Ingeniería Civil, como: el modelo TSI Technical Sustainability Index, propuesto por Dasgupta y Tam (2005) para su aplicación en proyectos de Infraestructura en Canadá y aplicado a líneas eléctricas, Nueva York, Chicago y Toronto son las ciudades que tienen los planes mejor integrados.

En el siglo XXI, en el ámbito de América entre los proyectos de integración suramericana se presenta una meta prioritaria; la creación de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), en mayo del año 2008. Con la firma de su tratado constitutivo, representaría un nuevo marco para el proceso de integración y en agosto de 2009, en la III reunión ordinaria de jefes de estado y de gobierno de la UNASUR, en Quito, se creó el consejo suramericano de infraestructura y planeamiento de la UNASUR (COSIPLAN). La integración de la infraestructura regional es uno de los pilares para la promoción de la unidad suramericana. Entre los antecedentes entre el 31 de agosto y el 1 de septiembre del año 2000, los mandatarios suramericanos se reunieron en Brasilia para celebrar la I reunión de jefes de estado de América del Sur; por primera vez, se discutieron acciones conjuntas para la modernización de la infraestructura como instrumento de promoción del desarrollo y de integración de las áreas menos favorecidas a las economías nacionales. Se inició en esta reunión la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA)²⁸, para organizar el espacio común regional, privilegiando la cooperación para el desarrollo socioeconómico sustentable. Entre los cambios se creó el COSIPLAN, el Comité de Dirección Ejecutiva de IIRSA fue reemplazado por el referido consejo y con la finalidad de alcanzar los objetivos que se proponen y superar los obstáculos existentes, el

²⁸ IIRSA, se constituye en un mecanismo institucional de coordinación de acciones intergubernamentales de los doce países suramericanos, con el objetivo de construir una agenda común para impulsar proyectos de integración de la infraestructura de transporte, energía y comunicaciones.

COSIPLAN presenta su primer plan de acción estratégico (PAE) para el período 2012-2022, en cumplimiento de la declaración de los presidentes Suramericanos en la IV reunión ordinaria del consejo de la UNASUR. El PAE 2012-2022 tiene como fundamento el tratado constitutivo de la UNASUR y el estatuto y el reglamento del COSIPLAN. De esta manera, para el horizonte citado, el COSIPLAN pretende “perfeccionar metodologías y herramientas con el objetivo de ejecutar y concluir proyectos; incorporar mecanismos de participación social; concentrar la atención en el financiamiento de proyectos de alto impacto socioeconómico en la región; perfeccionar herramientas de seguimiento y evaluación y avanzar en la compatibilización de los marcos normativos e institucionales” (Consejo suramericano de infraestructura y planeamiento (COSIPLAN). Plan de acción estratégica 2012-2022). Esta es uno de los primeros pasos en vía a una infraestructura más preocupada por sus sostenibilidad y su relación con la conservación de la región.

Se encuentra que en la senda directa a la sostenibilidad para Latinoamérica la comisión económica y social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y la comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en asociación con el Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos (UN-HABITAT), están efectuando el proyecto ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina; que busca comenzar e introducir pautas de ecoeficiencia en el desarrollo de infraestructura con el objetivo de hallar el ahorro de energía y recursos, así como la disminución de emisiones y el fomento de la inclusión social en estas regiones. El proyecto busca en parte optimizar la capacidad institucional para la toma de decisiones ecoeficientes en materia de infraestructura urbana, tanto en el diseño de las políticas como su ejecución en los países de ambas regiones. Se intenta que las personas encargadas de políticas y planificadores puedan evaluar la ecoeficiencia de las decisiones de infraestructura de manera integrada y así adoptar las medidas adecuadas para mejorarla. El proyecto inducirá esta meta suministrando herramientas metodológicas de evaluación y propuestas de ecoeficiencia e

integración social a los encargados políticos y técnicos de gobierno de nivel nacional y subnacional, el cual genera capacidades analíticas sobre los alcances económicos, sociales y ambientales de la ecoeficiencia a través de acciones de cooperación técnica, investigación y capacitación, se considerará importante la promoción y desarrollo de infraestructura referida a transporte, gestión de residuos sólidos, actividades productivas, energía, edificación pública equipamiento (educación, salud, espacio público) tratamiento de aguas servidas y provisión de agua²⁹.

En Colombia se cuenta con el departamento nacional de planeación (DNP) el cual de apoya en la dirección de infraestructura y energía sostenible (DIES). Este adelanta las acciones requeridas para el desarrollo de los sectores de vías y transporte, telecomunicaciones, minas, hidrocarburos y energía, en coordinación con los organismos y entidades pertinentes. En estos sectores, la dirección orienta, participa y promueve la formulación, seguimiento, control y evaluación a la ejecución de políticas, planes, programas, estudios y proyectos de inversión, conjuntamente con los organismos y entidades relacionadas. Para el cumplimiento de sus funciones, esta dirección se apoya en las subdirecciones de transporte (ST), Minas y energía (SME) y telecomunicaciones (ST0), y cuenta con el grupo asesor en proyectos de infraestructura.

Se encuentra que los principales avances de la construcción sostenible en Colombia según el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 e informes de los ministerios relacionados con la construcción, y la sostenibilidad, son los siguientes:

- Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono (ECDBC) para el sector de la construcción.

²⁹ Vicente Pardo Díaz, consultor de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del proyecto "Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible y en Asia y América Latina" (ROA/101), desarrollado por la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y la CEPAL, en asociación con el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UN-HABITAT). Julio de 2011 . Santiago de Chile

- Política nacional de construcción y urbanismo sostenible, espacio público y gestión del riesgo.
- Sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles, hipotecas verdes y estándares de diseño y construcción para el uso eficiente de los recursos.
- Expedición de las reglamentaciones técnicas que propendan por el uso más seguro, limpio y eficiente del servicio de energía eléctrica (uso racional de energía en VIS).
- Reglamentación de incentivos para prestadores de servicios públicos que hagan un uso eficiente del consumo de energía en acueducto y alcantarillado.
- Estrategia de largo plazo para el manejo de residuos sólidos y drenajes urbanos (Bogotá y Medellín expedieron reglamentación sobre aprovechamiento de residuos de construcción y demolición, y aplican el instrumento de Comparendo Ambiental).

Las perspectivas del mercado de la construcción sostenible en Colombia, según el consejo colombiano de construcción sostenible (CCCS) (Foro Manejo de residuos de demolición y construcción CCI Seccional Occidente. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Ciudades y construcción sostenible: una agenda para Colombia Cristina Gamboa. Directora Ejecutiva Bogotá, 05 de septiembre, 2012.), muestra los siguientes resultados para un balance al 2012:

- En Colombia la construcción representa 6,9% del PIB nacional edificaciones: 3,2% e Infraestructura: 3,7%, genera el 1,2 millones de empleos (5,8% del total de la mano de obra) según datos estadísticos del DANE.
- Colombia ha sido afectada por el cambio climático de manera desproporcionada (PNUD), emite sólo 0,34% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el nivel global .El país requiere una cambio en

el crecimiento del carbono, a lo cual incentiva el uso eficiente de sus recursos y proteger el potencial de su biodiversidad.

- La construcción sostenible ahora es más importante para el gobierno y la industria.
- Las ciudades sostenibles se entiende cada vez más, al igual que los negocios en la construcción sostenible (incluida la vivienda de interés social).
- El manejo sostenible de los residuos de la construcción tiene un importante potencial.
- La estrategia de crecimiento económico del presidente Santos incluye vivienda e infraestructura como sectores clave (junto con minería, energía, agricultura e innovación).
- Oportunidades para estructuración de alianzas público-privadas (Ley de APPs expedida en 2012): vías, puentes, puertos e infraestructura básica (principios de sostenibilidad se exigen cada vez más en las condiciones de licitación), grandes proyectos de renovación urbana (como el centro administrativo nacional en Bogotá), aspectos de sostenibilidad incluidos en la formulación de estos proyectos, macro proyectos de vivienda: construir 1 millón de nuevas viviendas (70% VIS), 32 proyectos, con un potencial estimado de 320.000 nuevas viviendas. Se espera que el urbanismo sostenible tenga un rol destacado, aspectos clave a resolver: acceso a servicios públicos e infraestructura urbana.

Para que las APPs funcionen, Colombia necesita administradores de planta física (usualmente los constructores venden las edificaciones) y financiación adecuada para los proyectos (inversionistas institucionales y fondos de inversión inmobiliarios –REITs- verdes).

- Ciudades sostenibles: soluciones de infraestructuras verdes (gestión de residuos y reciclaje, recolección de aguas lluvias, movilidad sostenible), herramientas para comunidades sostenibles (CCCS interesado en aprovechar la demanda por certificación residencial), macro proyectos de vivienda
- Infraestructura: vías, puentes, puertos e infraestructura básica con principios de sostenibilidad, grandes proyectos de renovación urbana
- Construcción sostenible: diseño integrado (Integrative Design), materiales sostenibles y manejo sostenible de residuos de la construcción Commissioning (interventorías de proyectos sostenibles), administración y evaluadores de edificaciones sostenibles financiación de proyectos (incluyendo inversionistas institucionales y fondos de Inversión inmobiliarios (REITs) verdes).
- La innovación es un elemento base para las nuevas formas de mercado de la construcción.

En una visualización del panorama colombiano se identifican las siguientes barreras al desarrollar un proceso de sostenibilidad en la construcción, ya sean elementos que no han sido tenidos en cuenta o no se han desarrollado de manera adecuada para obtener resultados más oportunos hacia un cambio:

- La diversidad de indicadores y métodos de evaluación que se emplea en el país revela la necesidad de contar con un sistema unificado para gestar procesos ambientales que vayan en la misma dirección y tras los mismos objetivos.
- La fusión de los ministerios y la consecuente debilidad institucional del sector ambiental ha generado un retroceso en las estructuras institucionales competentes para asumir la ecoeficiencia, impidiendo que políticas generales ya delineadas en este campo sean aplicadas y asumidas territorialmente.

- Las políticas oficializadas en los documentos CONPES y las normativas en esta materia, asociadas al cambio climático, los proyectos MDL y el desarrollo de infraestructuras no han mostrado los resultados esperados. Se carece de instrumentos que viabilicen las políticas y las vuelvan aplicables.
- El equipo humano de las entidades territoriales (exceptuando las grandes ciudades, como Bogotá y Medellín) carecen, en términos generales, del nivel técnico que requiere inserción la generalizada de los métodos de la ecoeficiencia. CEPAL – Colección Documentos de proyectos Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible...
- Los ministerios de Transporte, Minas y Energía y el MAVDT, si bien cuentan con políticas y proyectos ambientales y urbanos transversales, no logran desarrollar un trabajo conjunto y articulado con las entidades territoriales que facilite la efectividad de la ecoeficiencia en Colombia.
- Los últimos resultados ambientales y las situación general del sector, que señala con destreza y precisión el Análisis Ambiental del País (AAP) del Banco Mundial, muestran el momento difícil que atraviesa la institucionalidad ambiental en todo el territorio nacional, así como la urgencia de un cambio de rumbo si se desea alcanzar logros en temas como la eficiencia energética o proyectos MDL, y específicamente en materia de Ecoeficiencia en la construcción, ejecución y desarrollo de infraestructuras urbanas.
- Muchas infraestructuras urbanas están concesionadas, y por ende, el manejo de la instancia privada es muy diferente en la práctica de tal manera que los compromisos institucionales son diferentes, sin considerar

prioritarios los temas ambientales. Por ello, para estas empresas puede ser poco atractiva la ecoeficiencia si no se convierte en un elemento regulado por el sector público que evidencie su valor prioritario y obligante.

- Existen serias diferencias institucionales a nivel territorial por las significativas desigualdades regionales (por ejemplo es muy diferente la institucionalidad de Bogotá que la de los departamentos de Chocó o Sucre solo para citar un caso). Por ello, son grandes las diferencias en un momento dado para aplicar factores de ecoeficiencia, entre una entidad territorial y otra, especialmente en capacidad técnica, capacidad de gestión, recursos humanos y financieros. Por otra parte, de una entidad territorial a otra también pueden existir grandes diferencias en materia de prioridades, consideraciones éticas y de manejo de recursos.
- Uno de los procesos más evidentes que impiden una más numerosa aplicación de buenas prácticas en materia de ambiente e infraestructuras urbanas, es la descoordinación que se percibe entre políticas y normas. Por ejemplo, la Ley 1083 de 2006 sobre planeación urbana sostenible, busca estimular el uso de combustibles limpios, sin embargo, los CONPES en la materia, especialmente sobre los SITM, no son determinantes con respecto a ello, permitiendo en la práctica que se defina con diferentes criterios la elección de combustibles en cada ciudad donde se implementarán estos sistemas. Existen normas detalladas que no se plasman en políticas, y políticas sueltas que carecen de fuerza regulatoria y sancionatoria.
- La ecoeficiencia se desconoce, por tanto aun no ha sido considerada como instrumento ambiental a regular y estimular a través de normativas y políticas. Solo en casos contados, se ha incluido en instrumentos de política, por ejemplo en Bogotá, existe desconocimiento de los trámites para obtener rentabilidad de los procesos ambientales; se consideran difíciles,

solo importantes para ciudades grandes por sus volúmenes y producto de gestiones internacionales complejas.

- Es muy diferente la distribución de recursos para la gestión ambiental y de infraestructuras. Al interior de la inversión de infraestructuras, la inversión en infraestructura social es regulada y protegida, mientras la física no cuenta con regulación y está al libre albedrío de la gestión política territorial ante el gobierno nacional.
- Se considera que los requerimientos de inversión para adecuar las infraestructuras a estos procesos ecoeficientes son elevados. Por tanto, se carece de recursos propios—públicos de entidades territoriales o privados de concesionarios— para acometer CEPAL – Colección Documentos de proyectos Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible...este tipo de labores y se desconoce la posibilidad de convenios y acuerdos con organismos públicos y privados extranjeros para obtener este tipo de inversiones.
- Se carece de información técnica y estadística que permita conocer los niveles de ecoeficiencia en las infraestructuras urbanas eficientes.

4.2.3 Metodologías de evaluación de la sostenibilidad: La intención de las evaluaciones de sostenibilidad radica en seleccionar y proporcionar información para la toma de decisiones durante las diferentes fases de la construcción, gestión, diseño, operación y desuso de la construcción. Las valoraciones de sostenibilidad son dadas en indicadores de resultados de un proceso en donde las actividades notables son identificadas, analizadas y valoradas. Actualmente, es posible identificar dos directrices opuestas en el proceso de la evaluación de la sostenibilidad: en un punto se encuentra, las metodologías comúnmente utilizadas por los distintos constructores que se caracterizan por su complejidad y diversidad,

mientras que, por otro lado, hay una tendencia creciente hacia el uso de metodologías de un entendimiento general y práctico.

El desarrollo de métodos de evaluación y los instrumentos respectivos es un reto tanto para la academia como en el campo de la construcción. Un punto de gran importancia es el de la gestión de los flujos de información y conocimiento entre los diferentes niveles de los sistemas de indicadores. Una limitación importante de estos métodos es que la definición específica del término construcción sostenible, ya que los diferentes actores en la construcción tienen diferentes intereses y requisitos (RJ Cole Tendencia emergente en la creación de métodos de evaluación ambiental /Edificio de Investigación e Información, 26 (1998), pp 3-16). Por ejemplo, el constructor dará más atención a las cuestiones económicas, mientras que los usuarios finales están más interesados en temas de sociales y ambientales.

Cuando se evalúa la sostenibilidad basado en un enfoque de ciclo de vida puede producir importantes beneficios a largo plazo, se encuentra que las partes participes de un proyecto ayudan a minimizar los impactos ambientales, para generar nuevos espacios, más sanos, cómodos y productivos, reduciendo la operación de construcción y los costos de mantenimiento.

Cuando se profundiza en el análisis del ciclo vida se encuentra que este considera todas las entradas y salidas de un sistema de construcción. Este enfoque es especialmente útil cuando las alternativas de proyectos cumplen requisitos de rendimiento similares, pero difieren en cuanto a los costos iniciales y los costos de operación, se deben comparar con el fin de seleccionar la que maximiza el ahorro neto (HA Hikmat, FN Saba . El desarrollo de una herramienta de construcción verde para la evaluación de los países en desarrollo - caso de Jordania. Construcción y Medio Ambiente, 44 (5) (2009), pp 1053-1064).

En el medio, las herramientas de evaluación de la sostenibilidad están en permanente evolución con el fin de superar las diversas limitaciones del entorno. El reto principal, al presente, es desarrollar y aplicar una metodología sistemática para apoyar un diseño de construcción que logra el equilibrio más adecuado entre las diferentes dimensiones de la sostenibilidad, y que es, al mismo tiempo, práctico, transparente y suficientemente flexible como para ser fácilmente adaptado a diferentes tipos de construcción y a la constante evolución de la tecnología. En el mundo se han iniciado variados procesos de desarrollo de métodos de evaluación de la sostenibilidad aplicado a diferentes categorías de la construcción, lo que evidencia el interés en la mejora de procesos de gestión de la sostenibilidad.

A partir del 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 que apareció en 1990 y ofreció un método de etiquetado de edificios aunque, (LEED) Leadership in Energy and Environmental Design es el de mayor implantación 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 (iSBE) International Initiative for a Sustainable Built Environment.

Durante los últimos años, un número significativo de instrumentos de evaluación del medio ambiente y la sostenibilidad específicamente de los edificios se han venido desarrollando. Entre los métodos de evaluación ambiental disponibles en el comercio para los edificios está el Building Research Establishment Método de Evaluación Dorada (D. Crawly, I. Aho. La construcción de los métodos de evaluación ambiental: aplicaciones y tendencias de desarrollo / Edificio de Investigación e Información, 27 (1999), p. 30). Este método estableció en 1990 en el Reino Unido y junto con los dos siguientes sistemas de calificación y

certificación que proporciona la base para los otros sistemas utilizados en el medio: Herramienta de construcción sostenible (SBTool), elaborados mediante el trabajo conjunto de representantes de 20 países³⁰, y el liderazgo en energía y diseño ambiental (LEED[®]), desarrollado en los EE.UU.³¹. En general, estos métodos se caracterizan por la evaluación de una cantidad de tipologías de construcción parciales y la agregación de estos resultados en una calificación ambiental o la puntuación de la sostenibilidad³².

En la herramienta de SBTool el punto de vista consiste en ponderar los diferentes indicadores, teniendo en cuenta los factores de ponderación que se fijan a nivel nacional. Cada score es el resultado de la comparación entre el edificio estudiado y la referencia nacional. Este método permite la comparación internacional de los edificios de diferentes países. Otras herramientas, por ejemplo, BREEAM y LEED, están basados en créditos. El número máximo de créditos disponibles para cada indicador se relaciona con su peso en la puntuación global, que se expresa por un índice (por ejemplo, desde el paso a Excelente en BREEAM).

Se encuentran en el medio también herramientas que están especialmente desarrolladas para abordar el edificio en su conjunto, tales como, por ejemplo, Eco-Quantum (Países Bajos)³³, EcoEffect (Suecia)³⁴, ATHENA (Canadá)³⁵, y Invest2 (UK), ABEJAS 4,0 (EE.UU.)³⁶. En la literatura existente, se han hecho

³⁰ SBTool, GBTool y Visión General SBTool [pagina web <http://www.iisbe.org/sbtool> (consultado 08,09)

³¹ LEED[®], página web de LEED[®] Online [Página web <http://www.leedonline.com> (consultado 08,09)

³² G. Assefa, Glaumann M., T. Malmqvist, O. Eriksson [Calidad versus impacto: la comparación de la eficiencia ambiental de las propiedades de construcción con la herramienta EcoEffect] Construcción y Medio Ambiente, 45 (5) (2010), pp 1095-1103

³³ EcoQuantum, la página principal de Ecoquantum [pagina web <http://www.ivam.uva.nl/index.php?id=373&l=1> [consultado el 08,09].

³⁴ EcoEffect, la página principal de EcoEffect [Pagina web (2008) <http://www.ecoeffect.se>

³⁵ ATHENA[®], página de inicio de ATHENA[®] (2010) <http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator/> (consultado 08,09)

³⁶ ABEJAS 4.0, página de inicio de abejas, [página web], <http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/> [consultado 08,09]
Invest2, la página principal de Invest2, [página web], <http://invest2.bre.co.uk/> (consultado 07,08).

estudios comparativos de los aspectos contextuales y metodológicos de las herramientas. También se realizó un estudio en el que analizan y clasifican un grupo de dieciséis instrumentos de evaluación de impacto ambiental. Gran parte de estas herramientas son ejecutadas con un enfoque de abajo hacia arriba, es decir, una combinación de materiales de construcción y componentes se suman a un edificio, a pesar de que están diseñadas para considerar todo el edificio, incluyendo la demanda de energía, esto se encuentra explicado en los artículos referenciados (Haapio, P. Viitaniemi. A critical review of environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28 (2008), pp. 469–482 y A. Forsberg, F. Malmberg von. Tools for environmental assessment of the built environment. *Building and Environment*, 39 (2) (2004), pp. 223–228). Los métodos para apoyar la toma de decisiones de acuerdo con los principios de diseño basado en el desempeño también se han difundido.

En muchos casos las evaluaciones de sostenibilidad se basan generalmente en los indicadores. Estos indicadores proveen información acerca de las principales influencias de la industria en su conjunto y sobre los impactos de la construcción y operación de edificios y otros activos construidos (Bragança L, Mateus R, Koukkari H. Perspectives of building sustainability assessment. In: *Proceedings of the sustainable construction, materials and practices conference, Portugal SB07, Lisbon, Portugal; 2007*). Cuando se establece una lista de indicadores oficialmente aceptados, parece que el desarrollo lleva a diferentes parámetros y factores de ponderación que varían entre los diferentes países. El resultado que dan los indicadores tanto en sus pilares ambiental, social y económico es asumido como una respuesta real en la toma de decisiones.

En la indagación de las metodologías de sostenibilidad que trabajan por medio de sistemas de indicadores actuales se encuentran en las bases de datos en la web de CRISP (Construction and City Related Sustainability Indicators), del U.S. Department of Energy “Building Technologies Programs”, o los trabajos de Fowler y Rauch (2006) y de la International Energy Agency (IEA, 2001), dando lugar a un

total de 74 sistemas de indicadores de sostenibilidad en el mundo (Fernández, 2008). A continuación se muestra una recopilación de los más significativos, ver Tabla 6.

Tabla 6. Sistema de indicadores de sostenibilidad de la edificación.

Nombre del sistema de Indicadores	País de Origen
LEGOE	Alemania
Green Star	Australia
NABERS (National Australian Built Environment Rating System)	Australia
TQ Building Assessment System (Total Quality Building Assessment System)	Austria
Sustainability indicator set for the construction sector	Austria
Green Building Challenge (GBC): GBTool_05 - SBTool_07	Canadá
BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria)	Canadá
Green Globes Canada (adaptado también a EEUU y Reino Unido/also adapted to USA and United Kingdom)	Canadá
CEPAS (Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme)	China
HK BEAM (Hong Kong Building Environmental Assessment Method)	China
BEAT 2002 (Building Environmental Assessment Tool)	Dinamarca
Nordic set of environmental indicators for the property sector	Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suecia, Islandia
LEED (adaptado también a México, Canadá, India)	EEUU

Nombre del sistema de Indicadores	País de Origen
SPiRiT (Sustainable Project Rating Tool)	EEUU
VERDE (aplicación de SBTool a España)	España
MIVES (Modelo Integrado de Valor para Estructuras Sostenibles)	España
LEnSE (Label for Environmental, Social and Economic Buildings)	Europa
CASBEE	Japón
Green Building Rating System	Korea
SBAT (Sustainable Building Assessment Tool)	Sudáfrica
BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) -En proceso de adaptación a otros países europeos como España	Reino Unido
SPeAR	Reino Unido

Fuente: Fernández 2008 adaptada.

4.2.4 Implementación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura:

Los diferentes problemas que plantean la sociedad con la contaminación ambiental, el crecimiento demográfico, el incremento de los niveles de consumo y el agotamiento de los recursos ejercen una presión enorme sobre la infraestructura de nuestras ciudades. De igual forma, al ser lugares de gran consumo, producción y generación de desechos, las ciudades presentan el reto de aumentar la eficiencia y sustentabilidad energéticas de la sociedad en su conjunto.

El mundo se ve afrontado al desafío exigente de adoptar disposiciones en muchos niveles. A medida que el tiempo pasa, los gobiernos tomarán decisiones sobre el

futuro, de una manera proactiva, ante los evidentes riesgos de deterioro. Al diseñar una infraestructura lo suficientemente flexible y durable como para superar las dificultades e incertidumbres del futuro, el mundo comienza a tomar control en vez de dejar el desarrollo al azar.

El consejo empresarial mundial para el desarrollo sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), a través de su iniciativa de infraestructura urbana, sostiene que “la planificación urbana está dominada por la toma de decisiones políticas” (iniciativa de Infraestructura Urbana (UII) del WBCSD, Actas de la Reunión Preparatoria, Ginebra, 3 y 4 de septiembre, 2009), e identifica la necesidad de ayudar a los planificadores y promotores urbanos a reducir el riesgo y la incertidumbre para posibilitar una inversión y un desarrollo más seguros. Y en Australia, más específicamente, Engineers Australia publicó recientemente un informe condenatorio que afirma lo siguiente: La infraestructura existente es apenas adecuada para satisfacer las necesidades actuales, ni qué hablar de las necesidades del futuro. El consejo empresarial mundial ha identificado las siguientes premisas alrededor de los proyectos de infraestructura en las ciudades:

La inversión en consultas sobre la planificación y preparación para la ejecución es insuficiente para garantizar la viabilidad de los proyectos. Los procesos de planificación y políticos crean un enfoque de corto plazo, cuando lo que se necesita es una visión de largo plazo. La sostenibilidad no ha recibido la importancia que merece en las políticas de desarrollo de la infraestructura y las ciudades.

Uno de los trabajos sobre comunidades sostenibles del Green Building Council of Australia³⁷, asegura que reducir los impactos ambientales y consultar con la comunidad no son los únicos requisitos. Más bien, la infraestructura sostenible tiene que ver con el desarrollo de bienes aptos para el público objetivo: continuamente útil durante toda su vida, resistente y adaptable al cambio de las

³⁷ Green Building Council Australia. www.gbca.org.au

circunstancias externas, una parte integral y constante del de la infraestructura y la respuesta a las expectativas de la comunidad ayudando a resolver los problemas de sostenibilidad.

Al analizar las organizaciones internacionales, tanto públicas como privadas, algunas cuentan con políticas bien elaboradas y claramente expresadas sobre sostenibilidad, que demuestran una buena apreciación de los problemas y los requisitos en materia de soluciones.

El desafío es traducir la política en una acción práctica con sentido. Según la encuesta corporativa de 2010 del pacto mundial de las Naciones Unidas (basada en 766 respuestas llenadas), 96 por ciento de los ejecutivos principales opinan que es preciso incorporar el tema de la sostenibilidad en la estrategia y las operaciones de la empresa³⁸. Sin embargo, parece que estos ejecutivos ven un desafío importante a la hora de aplicar una estrategia de esta naturaleza. De acuerdo con la encuesta, existe “una brecha importante de desempeño entre lo que los ejecutivos piensan que las compañías deberían estar haciendo y lo que informan acerca del desempeño de su compañía”. Para los propietarios de bienes y los inversionistas en infraestructura, el riesgo de no cerrar esta brecha es muy grande. De no considerarse la utilidad y sostenibilidad de sus bienes de infraestructura, el valor de sus inversiones tiene la capacidad de expirar.

La infraestructura sostenible se desarrolla de forma gradual con la implementación en las construcciones verdes de elementos como la energía renovable, transportes limpios y otras opciones como componentes de la ciudad sostenible todas estas tendencia confluyen con la idea de ciudad nodal, cada vez hay más métodos que se sirven de estas tendencias. El señor Rod Eddington, presidente de infrastructure Australia, reconoció, hace poco, que no se puede simplemente ignorar los problemas que se enfrentan porque son complicados.

³⁸ www.unglobalcompact.org. United Nations Global Compact. A New Era Of Sustainability- Un Global Compact Accenture CEO study 2010

“Debemos ocuparnos de las complejidades de la realidad” (Entrevista.www.skmconsulting.com/knowledgeaninsights/videocentre/playmedia.aspx?alias=Beyond&ps=2). Las organizaciones aptas de ocuparse positivamente de los complejos problemas sistémicos relacionados con la infraestructura y la sostenibilidad, serán las que tendrán éxito donde las otras fracasan. El enfoque del desarrollo hacia la sostenibilidad ha sido un cambio radical durante los últimos años. Las condiciones existen para que seamos más sostenibles para minimizar riesgos y costos, es el tiempo para que los gobiernos y las empresas profundicen más en la planificación y gestión de los diseños, y la previsión de estos durante su vida útil lo que conduce a una infraestructura sostenible para el hombre.

Para los proyectos de infraestructuras existen pocos sistemas de evaluación sostenible integral, y relacionados únicamente con el medio ambiente. En las investigaciones consultadas solo se ha encontrado una propuesta de indicadores de sostenibilidad para las infraestructuras denominada SUSAIP, Sustainability Appraisal in Infrastructure Projects, (Ugwuet al., 2006) aplicada posteriormente a la industria de la construcción Sudafricana (Ugwu and Haupt, 2007), que está establecida en indicadores identificados a raíz de entrevistas y encuestas a los actores intervinientes en el ciclo de vida del proyecto, eligiendo aquellos con más peso según los intervinientes; además, existe un índice de evaluación de las infraestructuras en Canadá (Dasgupta y Tam, 2005) llamado Technical Sustainability Index (TSI). Aparecen también modelos para la selección, desde el punto de vista de la sostenibilidad, de suministradores y proveedores relacionados con los proyectos de construcción (Chen et al., 2008). La existencia de estos sistemas de indicadores en la edificación y en poca medida en las infraestructuras es un paso más, pero son sistemas generalmente subjetivos y con un alto grado de incertidumbre (Seo et al., 2004) donde el objetivo es lograr una puntuación más alta, pudiendo perder oportunidades de hacer más sostenible el proyecto porque el indicador no refleja una característica concreta y diferente del proyecto en individual.

Tabla 7. Propuesta de la Evaluación sostenible en la ingeniería civil.

Nombre	Alcance	Tipología del Proyecto	País y año
SUSAIP	Sistema de 60 Indicadores basados en Encuestas. No se especifica la evaluación de Indicadores Individualmente.	Infraestructura Puentes y Viaductos	China y Sudáfrica (UGWU et al 2006, Ugwu Haupt 2007)
TSI	Indicadores tomados de la bibliográfica científica, clasificados en ambientales y técnicos. Si se explica el modo de cálculo. No es un análisis multicriterio.	Infraestructura Líneas Eléctricas	Canadá (Dasgupta y Tam,2005)
CEEQUAL	Evaluación y puntuación de los proyectos de Ingeniería civil en la fase de diseño y construcción exclusivamente. Analiza 12 áreas relacionadas con el medio ambiente y con los aspectos sociales	Proyectos de Ingeniería Civil	UK(Campbell-Lendrum y Feris, 2008)
Aplicaciones del sistema – LEE a infraestructuras (todavía no aplicado)	Basado en Cheklist adaptando los criterios de edificación. No se valoran los esfuerzos en cada Indicador. Objetivo certificación. No toma de decisiones	Infraestructuras Lineales	EEUU (Campbell 2009, Soderlund, 2007)
ICES	Basado en el ISMA (Índice de Sensibilidad Medio Ambiental) con variables sociales y el ciclo de Vida	Todo tipo de estructuras de hormigón (EHE)	España (EHE 2008)

Fuente: adaptada de Fernández González Sánchez.

Cada proyecto que se diseña es singular. Esto complica la constitución de unos indicadores que sean válidos para todos los proyectos. Existen diferentes

tipologías, actividades, actores, situaciones, y con unas prestaciones distintas que hacen de cada proyecto un proyecto único. Es por lo cual un sistema de indicadores es una herramienta que ayuda a tomar decisiones ante un análisis de alternativas, no es un proceso metodológico completo donde se analicen todas las oportunidades de sostenibilidad valorando su rentabilidad de aplicación a un proyecto en particular.

En España se encuentra un estudio doctoral sobre un modelo para la evaluación de la sostenibilidad en la dirección integrada de proyectos de ingeniería civil (Gonzalo Fernández Sánchez. Propuesta de modelo para la evaluación de la sostenibilidad en la dirección integrada de proyectos de ingeniería Civil. Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. Madrid 2010) que ha generado estudios posteriores del tema, siendo uno de los países de habla hispana que ha realizado más estudios de investigación sobre el tema.

En el caso de Colombia al año 2012, no se halla evidencia documental de puesta en práctica de un sistema de indicadores enfocado a la sostenibilidad de la infraestructura, ni la investigación y/o utilización de un sistema de indicadores para el tema de la infraestructura, desarrollada bajo las condiciones del país.

4.2.5 Estándares para la Evaluación de la Sostenibilidad: La organización internacional de normalización (ISO) y el comité europeo de normalización (CEN) ha trabajado en los últimos años con el objetivo de definir los requerimientos estándar para las evaluaciones del medio ambiente y la sostenibilidad de los edificios. Como derivación del Comité Técnico de la ISO (TC) 59, construcción de edificios, y su Subcomité (SC) 17, La sostenibilidad en la edificación, cuatro nuevas especificaciones técnicas y las normas se han publicado. En la tabla 8 se reflejan todos los estándares publicados, o en proceso de publicación, por ISO y CEN.

Tabla 8. Estándares relacionados con la aplicación de la sostenibilidad en la edificación.

Estándar	Denominación del estándar	Año publicación
ISO 21929-1	Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for development of indicators and a core set of indicators for buildings	2011
ISO 21930	Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products	10-2007
ISO 21931-1	Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part 1: Buildings	6-2008
ISO 21932	Sustainability in building construction – Terminology	2005
ISO 15392	Sustainability in building construction - General principles.	5-2008
CEN EN 15643-1	Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - Part 1: General framework.	<i>Borrador</i>
CEN EN 15643-2	Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance	<i>Borrador</i>
CEN EN 15643-3	Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - Part 3: Framework for the assessment of social performance	<i>Borrador</i>
CEN EN 15643-4-	Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - Part 4: Framework for the assessment of economic	<i>Borrador</i>

Estándar	Denominación del estándar	Año publicación
2008	performance	
CEN EN 15978-2010	Sostenibilidad de las obras de construcción - Evaluación del desempeño ambiental de los edificios - Método de cálculo	<i>Borrador</i>
CEN EN 15942-2010	Sostenibilidad de las obras de construcción - Declaraciones ambientales de producto - Formato de Comunicación - Negocios para las empresas.	<i>Borrador</i>

Fuente: Tabla elaboración propia, datos de ISO.

Los Comités internacionales (ISO). En el marco de ISO (International Organization for Standardization), están desarrollando estándares en el campo de la Edificación Sostenible:

ISO TC 59 – Building construction (construcción de edificios). Este comité es el comisionado de la elaboración de las normas relacionada con la construcción de edificios en el ámbito de la ISO. Se fragmenta en varios subcomités, algunos de los cuales están desarrollando un importante papel en la definición de estándares relacionados con la sostenibilidad en la edificación.

ISO TC 207 – Environmental management (gestión ambiental). El recto del subcomité de gestión ambiental es el desarrollo de normas en el ámbito de los sistemas de gestión ambiental y otros instrumentos de desarrollo sostenible.

TC 207/SC 1 – Environmental management systems. Este subcomité, además de haber desarrollado las normas de gestión ambiental ISO 14.001 e ISO 14.004, dispone de un grupo de trabajo, el WG 4 (TC 207/SC 1/WG 4) que se encuentra encargado del esbozo de la futura ISO 14.006 de Eco-diseño.

TC 207/SC 3 – Environmental labelling (Etiquetado Ambiental). Este subcomité ha desarrollado las siguientes normas sobre el desarrollo y uso de etiquetado y declaraciones ambientales:

ISO TC 207/SC 5: Life cycle assessment. Este subcomité ISO ha desarrollado los principios y el marco para la realizar la evaluación de ciclo de vida, incluyendo ejemplos de aplicación de la ISO 14041 e ISO 14042. Las normas desarrolladas en este ámbito son las siguientes: TC 59 – Building construction subcomité TC 59/SC 17 - Sustainability in building construction y el comité ISO TC 207 – Environmental management subcomité TC 207/SC 1 – Environmental management systems, TC 207/SC 3 – Environmental labelling (Etiquetado Ambiental) y ISO TC 207/SC 5: Life cycle assessment.

El comité europeo de normalización (CEN) fue fundado como una organización internacional sin fines de lucro con sede en Bruselas, en 1975, el 30 de octubre. Este comité trabaja también en la siguiente normatividades: CEN/TC 350 - sustainability of construction Works; El CEN/TC 350 es comité garante del desarrollo de métodos estandarizados horizontales voluntarios para la evaluación de los aspectos de sostenibilidad de los trabajos de construcción de edificaciones nuevas y ya existentes a lo largo de todo su ciclo de vida, y de los estándares para la declaración ambiental de producto de los productos de construcción.

La subestructura de este grupo de trabajo es según la CEN la siguiente:

1. CEN/TC 350/WG 1 Comportamiento ambiental de los edificios
2. CEN/TC 350/WG 2 Descripción del ciclo de vida de los edificios
3. CEN/TC 350/WG 3 Niveles de productos
4. CEN/TC 350/WG 4 Evaluación del comportamiento económico de los edificios
5. CEN/TC 350/WG 5 Evaluación del comportamiento social de las edificaciones

Existen dos proyectos de investigación que tienen por esencia realizar un estándar para los sistemas de indicadores con el objeto de evaluar la sostenibilidad en el sector de la construcción. Uno de ellos es el proyecto de investigación Lense (sexto programa de investigación de la UE), que ha finalizado. El otro, el sello universal de edificios sostenibles apoyados por el Consejo Mundial de Ingenieros Civiles (WCCE) se encuentra actualmente en su fase final de desarrollo, el cual tiene como meta resolver los problemas planteados por la diversidad de los sistemas de indicadores existentes de cooperación en el sector de la construcción.

En el ámbito Colombiano a nivel de estandarización desde el año 2009, con el aporte del consejo colombiano de construcción sostenible, el MADS ha venido desarrollando la propuesta de una norma técnica colombiana para la construcción sostenible, se trata del Sello ambiental Colombiano para edificaciones.

Con el sello ambiental colombiano, el MADS busca responder a las tendencias mundiales de programas similares para la identificación de bienes y servicios ambientales como la etiqueta ecológica de la unión europea, el Cisne Blanco de los países nórdicos, el sello verde de Estados Unidos o el ángel azul de Alemania.

En marzo de 2012 se inicio la formulación del sello Ambiental para edificaciones sostenibles (SAC-ES) con el liderazgo del ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial y el ICONTEC y el trabajo conjunto de empresarios, universidades y gremios.

El consejo colombiano de construcción sostenible apoya de manera estructural las labores de este comité a marzo de 2012, la formulación de este sello a avanzado un 60 % el avance se ve representado en los siguientes temas: aspectos e impactos ambientales, riesgo, localización, ahorro y uso eficiente del agua, e impactos durante la construcción, continuaran con la discusión de los temas de eficiencia energética, materiales y residuos así como la calidad del ambiente interior y aspectos como durabilidad y manejo de plagas, a marzo de 2011, el Comité Técnico del Sello tomo las siguientes decisiones respecto al alcance del mismo:

- Este primer sello se enfocara en establecer los lineamientos para el diseño y construcción de edificaciones. La fase de operación será normalizada para la siguiente fase del sello.
- Debido a las particularidades de la vivienda, este uso será normalizado en un sello objeto de una formulación que se hará por separado de esta primera versión, el sello que actualmente se desarrolla se denominara “Sello Ambiental para diseño y construcción de edificaciones no residenciales, el sello Colombiano se califica con el cumplimiento del 100% de las directrices establecidas.

A la fecha del presente trabajo de grado, continua en construcción el sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles.

El lanzamiento de iniciativas de estandarización mundial en el área de la sostenibilidad de la infraestructura, no se han consultado con la sociedad civil internacional aún, solo se ha estado en etapas de debates investigativos.

4.2.6 Métodos de Evaluación de la Sostenibilidad:

Principalmente lo que se establece en los distintos estándares y normas es crear una serie de criterios o indicadores de sostenibilidad y evaluarlos de manera que se pueda conocer que alternativa se acerca más a la noción de proyecto sostenible y también si los objetivos señalados mediante indicadores se alcanzan de manera positiva en unas soluciones más que en otras. Según los sistemas de indicadores de sostenibilidad vistos en los apartes anteriores, los métodos de integración de criterios para obtener una valoración final para la toma de decisiones pueden desagregarse en la siguiente clasificación elaborada por Quiroga (2001) y Fürst (1998):

1. Presión- Estados-Respuesta (P-E-R). (Organisation for Economic Co-Operation and Development –OECD-, 1993)

2. Fuerza Motriz- Estado-Respuesta (F-E-R) (Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, 1996)..
3. Temas y Subtemas.
4. Modelo- Flujo- Calidad (M-F-C)
5. Agregativos.
6. Familias.
7. Espacio Ecológico
8. Presión-Estado-impacto/Efecto- Respuesta (P-E-I/E-R) (Unión Europea, 1998).
9. Pirámides lógicas o jerárquicas: principios-criterios-indicadores.

De estos modelos, los que se utilizan a nivel internacional son los siguientes:

El modelo de presión–estado–respuesta (PER), representa cómo las actividades humanas ejercen presiones sobre el entorno, los recursos ambientales y naturales, alterando, en alguna medida su fase inicial. El modelo fue determinado por la organización para la cooperación y desarrollo económico (OCDE) La sociedad en su conjunto identifica estas variaciones y puede decidir (objetivos de política) la adopción de medidas (respuestas) que tratarían de corregir las tendencias negativas detectadas. Estas medidas se dirigen con carácter cautelar, contra los mismos mecanismos de presión, o bien, con carácter corrector, directamente sobre los factores afectados del medio.

Como consecuencia de estas actuaciones se supone, o espera, una mejoría del estado del medio ambiente.

Figura 8. Modelo Presión-Estado -Respuesta.



Fuente: Elaboración propia

PER es el marco ordenador más usado constituido por indicadores de presión que en general preguntan por la utilización que la economía hace de los recursos naturales en cuanto a la cantidad, la intensidad, el ritmo, la procedencia, describen los impactos ejercidos por las actividades humanas sobre el medio ambiente que afecten la cantidad y calidad de los recursos naturales de forma directa o indirecta.

Los indicadores de estado informan sobre la calidad del medio ambiente, la salud del ecosistema y su condición actual de conservación o deterioro, este se construye sobre la base de mediciones puntuales y en el caso Colombiano pocas veces responde a series de datos históricos, que es cuando recogen sentido real.

Los indicadores de respuesta dan cuenta de las acciones en procura de revertir, evitar y controlar los daños ambientales. Este tipo de indicadores registran también acciones no propiamente ambientales; con frecuencia registran las acciones sociales, culturales, tecnológicas.

El modelo de fuerza motriz- estado-respuesta (F-E-R), este modelo cambia el concepto de presión por el de fuerza motriz, profundizando desde allí los problemas. Los indicadores de estado mantienen su estructura tal como se definió el modelo PER. El modelo FER logra insinuar un enfoque sistémico multicasual en cuanto a la causa de los problemas ambientales, amplía los indicadores de respuesta a ámbitos no ambientales que no estaban permitidos en el modelo anterior como son las políticas y la respuesta social.

Indicadores de Fuerza Motriz: constituyen actividades humanas, procesos y pautas que tienen un impacto en el desarrollo sostenible. Pertenecen a desarrollo a nivel de empresas, industrias o sectores económicos, así como a directrices sociales. Ejemplos: la emisión de gases de efecto invernadero.

Indicadores de Estado: suministran una indicación del estado del desarrollo sostenible, o de una línea particular de éste, en cierto período. Corresponden a indicadores cualitativos o cuantitativos. Por ejemplo: concentración de contaminantes en zonas urbanas.

Indicadores de Respuesta: muestran posibilidades de política y otras respuestas sociales a las transformaciones en el estado del desarrollo sostenible. Estos indicadores proporcionan una medida de la disposición y efectividad social en la construcción de respuestas. Contiene legislación, regulaciones, instrumentos económicos, actividades de comunicación. Ejemplos: cobertura de tratamiento de aguas, gasto en disminución de la contaminación.

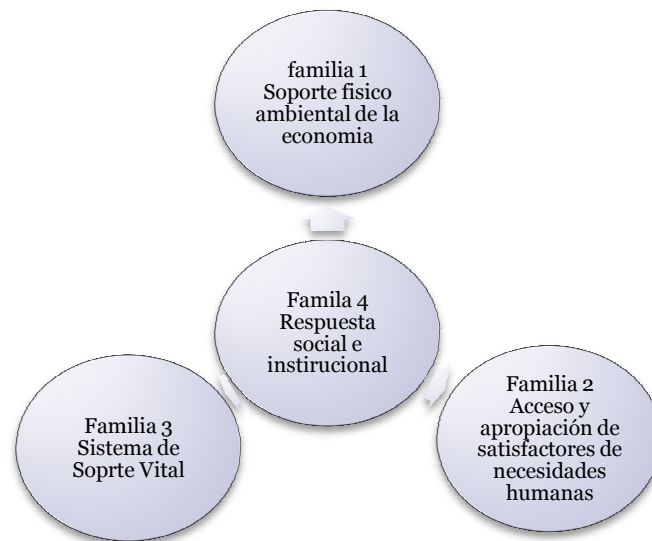
Este marco se puede poner en igual a las dimensiones económicas, sociales e institucionales de la sostenibilidad con aquellas de carácter ambiental. Este intento puede ser meritorio, pero en la práctica presenta varias dificultades.

Modelo Temas Y Subtemas, La otra manera de establecer los indicadores es esquematizarlos por tema y subtema, para instaurar cierta lógica en la comunicación de los efectos. Environment Canada, Suecia, Nueva Zelandia son buenos ejemplos de estos marcos ordenadores, que se aplican normalmente a indicadores de primera generación.

Modelo Ordenador en base a Familias, Este modelo plantea que los procesos implicados en el desarrollo sostenible son dinámicos y complejos, y que como sistema se retroalimentan continuamente en unos a otros. Por ejemplo El

esquema que se presentan algunos países latinoamericanos tiene una inspiración de economía ecológica y establece los procesos en una primera familia donde se estudia la extracción de energía y materiales por parte de los humanos, una segunda familia que se fundamenta en la transformación de este transflujo en bienes y servicios, junto con sus problemas y dinámicas proporcionales, luego se tiene una tercera familia de soporte vital donde se agrupan los fenómenos de contaminación y manejo de residuos, y finalmente una familia de dinámicas culturales e institucionales con las que la sociedad va respondiendo a las variables y la información que se trata para modificar o reproducir el sistema.

Figura 9. Modelo por Familias.



Fuente: Adaptado de Quiroga et ál. Indicadores Regionales de Desarrollo Sostenible.

Modelo de pirámides lógicas o jerárquicas, para la explicación de indicadores de sostenibilidad Los marcos jerárquicos se basan en el supuesto de linealidad causal donde los fenómenos, criterios, indicadores y normas se unen linealmente

para establecer verdaderas pirámides lógicas. Su aplicabilidad se afilia más bien al estudio de la sostenibilidad de un sector o tema en particular, porque es difícil mantener la linealidad en temas más amplios o confusos.

Modelo Ordenador Presión-Estado-Impacto/ Efecto-Respuesta, P-E-I/E-R, este modelo se basa en elaborar grupos de indicadores. Por ejemplo en el caso Colombia se elaboraron cinco grupos de indicadores. El primero para observar las causas de los problemas ambientales (Presión sobre el Medio Ambiente), el segundo se relaciona con la calidad del medio ambiente en función de los efectos de las acciones antrópicas (Estado del Medio Ambiente), el tercero observa el impacto/efecto de las actividades humanas sobre el medio ambiente y viceversa (Impacto sobre el Medio Ambiente y la Sociedad); el cuarto se refiere a las medidas y respuestas que toma la sociedad para mejorar el medio ambiente (Respuestas sobre el Medio Ambiente). El quinto grupo son indicadores prospectivos que se relacionan con los progresos necesarios para la sostenibilidad (Progresos hacia la Sostenibilidad). De esta manera se trata de enfatizar sobre la importancia de considerar las potencialidades y limitaciones en el uso de las tierras y los recursos naturales para la elaboración de políticas y acciones para un desarrollo sostenible.

5 MARCO METODOLOGICO

5.1 INTRODUCCIÓN

Desde el origen del concepto de desarrollo sostenible y su aplicación a la planificación urbana y los proyectos de construcción, un sin número de conjuntos de indicadores de sostenibilidad han aparecido. El comienzo de esta metodología se analiza la necesidad de establecer un sistema para identificar y seleccionar un conjunto de indicadores que incluye a todos los participantes involucrados en el ciclo de vida de un proyecto, para encontrar un equilibrio adecuado entre todos los actores. La sostenibilidad se propone como una oportunidad de mejora en todo el proyecto. Por lo tanto, se desarrolla una metodología para identificar, clasificar y priorizar los indicadores de sostenibilidad teniendo en cuenta los principios de la normas ISO que relacionan la construcción sostenible, siendo la entidad internacional que ha normalizado las actividades sobre sostenibilidad en la construcción, teniendo en cuenta las tres aproximaciones necesarias: medio ambiental, económica y social, incluyendo tanto el ámbito del urbanismo como los de la edificación y obra civil. La aplicabilidad de este sistema se dará en proyectos de infraestructura en Colombia; este el primer paso para desarrollar un conjunto de indicadores para los proyectos de ingeniería civil.

El trabajo presentado se basa en la investigación de un marco holístico e integrador para evaluar los proyectos de infraestructura en las diversas etapas del ciclo de vida del proyecto, con el desarrollo y validación de indicadores a nivel micro necesarios para la evaluación de la sostenibilidad. Esto facilitará la formulación de estrategias y modelos de toma de decisiones y métodos de evaluación para el análisis cuantitativo y apoyo a las decisiones en el desarrollo de la infraestructura.

El problema general que impulsa a las preguntas de investigación específica y a las cuestiones investigadas se basa en la siguiente pregunta general: ¿cómo

pueden el estado y los constructores que trabajan en proyectos de infraestructura sostenible, evaluar la sostenibilidad para aplicar eficazmente las estrategias nacionales e internacionales de sostenibilidad y medir los resultados de los objetivos de sostenibilidad propuestos para la buena gestión de un proyecto de obra civil?. El marco de la investigación y la metodología consistió en las siguientes etapas clave: primero revisión de la literatura existente, segundo el desarrollo y validación de indicadores de sostenibilidad, tercero el desarrollo de una metodología estructurada y la formulación de un modelo analítico para la toma de decisiones bajo la teoría de sistemas, teniendo en cuenta la gestión del riesgo, dominio del problema, y por ultimo proponer un sistema de los indicadores de evaluación de la sostenibilidad de proyectos de infraestructura colombiana.

Hay varios elementos clave necesarios para desarrollar estrategias efectivas para el entorno de la construcción sostenible. Tres de estos elementos fundamentales son: la formulación clara y fijación de objetivos, la identificación y evaluación de alternativas en términos cuantitativos y/o cualitativos, y la aplicación efectiva de la selección de alternativas. En el contexto más amplio de la sostenibilidad de los sistemas de infraestructura, los objetivos estratégicos se articulan en el nivel macro. Esto a menudo apunta al entorno nacional y en algunos casos, los marcos regionales y continentales para lograr un mayor desarrollo sostenible, incluyendo el medio ambiente de la construcción sostenible. Manejándose primero las alternativas en las opciones de diseño, mientras que la aplicación se traduce en la elección de métodos adecuados y técnicas de construcción. Esto incluye el uso de procesos de gestión eficaces para transformar los diseños, los conceptos y especificaciones concretas en los enseres físicos sostenibles.

5.2 TEMÁTICAS INCORPORADAS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA INFRAESTRUCTURA.

Se han definido y delimitado los aspectos y temáticas de importancia relativos a los aspectos de sostenibilidad en la infraestructura teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- El sistema de indicadores debe reunir todos los temas relativos a la sostenibilidad a escala global, para ser valorados según el contexto específico del lugar. Así, los tópicos son comunes (la gestión del agua, la gestión de la energía, de los materiales, etc.), su identificación y valoración son específicas de cada lugar; la zona de muestreo para el diagnóstico en Colombia será la ciudad de Medellín³⁹- Antioquia; como la zona geográfica local inicial respecto a la que establecer criterios de valoración.
- El sistema de indicadores tiene en cuenta todos los agentes implicados en el proyecto: el proyectista, el constructor, el ingeniero, el trabajador, el proveedor de materiales, el consumidor final etc.
- El sistema de indicadores debe tener en cuenta todas las fases del proyecto, desde su diseño, obra y construcción, entrega, uso mantenimiento y demolición.

³⁹ La ciudad de Medellín, ubicada en el departamento de Antioquia Colombia, es considerada un referente mundial de transformación; es reconocido por las ONGs, Bancos internacionales, transnacionales etc, como una de las más importantes ciudades de Latinoamérica que tiene un gran potencial para habilitar proyectos de ciudad inteligente, por su liderazgo y compromiso por el cambio, entre sus proyectos encontramos que la transnacional IBM escoge a Medellín entre las 100 ciudades del mundo que se beneficiarán con el programa IBM Smarter Cities Challenge, programa que para el caso específico consistirá en ayudar a resolver el nudo de la movilidad. También realizó en el 2012 el "Foro Urbano Nacional: el Futuro Urbano, hacia el VII Foro Urbano Mundial 2014", organizado por ONU-Hábitat y la Alcaldía de Medellín. Seleccionado como sede del VII Foro Urbano Mundial 2014. seleccionada a nivel mundial y por el Urban Land Institute (ULI) como una de las 25 ciudades más innovadoras del mundo. entre las cuales se encuentran Medellín y Sao Paulo como las escogidas por América Latina, entre otros reconocimientos. Esto pone a Medellín como la ciudad líder en Colombia en temáticas de sostenibilidad y urbanismo y como ciudad ejemplo para las iniciativas en otras regiones del país.

- la sostenibilidad en la construcción: se congregan aspectos diversos y heterogéneos como, selección de la zona, caracterización del entorno urbano en el que se inserta, condiciones de diseño de acuerdo con las características geográficas, concordancia con servicios en el entorno como transporte centros de encuentro y protección de los valores medioambientales del entorno respecto de los posibles daños provocados por el proyecto durante diseño y obra.
- Gestión del agua: todos los temas conectados con el agua, desde el ahorro del consumo hasta la adopción de nuevas tecnologías en la gestión del agua.
- Gestión de la energía: desde el desarrollo de diseño con criterios ahorradores, hasta el empleo de sistemas de control energético.
- Materiales y recursos: en este tópico se desarrolla la gestión de residuos, gestión de materiales de construcción y minimización del uso de materiales nocivos y contaminantes.
- Calidad medioambiental: en este grupo se esbozan aspectos relacionados con la distribución de espacios saludables para los usuarios.
- Gestión y mantenimiento: se planea asegurar la actividad de las medidas medioambientales del proyecto mediante una gestión adecuada en el tiempo.

En los temas urbanos la infraestructura es clave en la sostenibilidad de la ciudad, se tiene en el presente trabajo como complementario los siguientes grupos temáticos:

- Conformación urbana: Trata múltiples aspectos como la localización de la intervención, la estructura de espacios libres, la movilidad, la densidad constructiva, la elección y disposición de equipamientos y servicios básicos, etc.
- Clasificación de los usos del suelo y la obra civil: trata sobre la estructura incidiendo en los aspectos locales y particulares. Por ejemplo, los usos, los espacios públicos, los parámetros adecuados para el diseño de los espacios libres y del hábitat de la infraestructura.
- Gestión de los ecosistemas urbanos: En este grupo temático se tratan la intervención frente a los valores ecológicos, para protegerlos y potenciarlos, e incluso para integrarlos y desarrollarlos dentro del propio tejido urbana.
- Manejo de los recursos. En este grupo se tratan todos los temas relacionados con infraestructura de la obra y flujos de materiales.
- Administración urbana y ciudadanía: acopia los aspectos afines con la adecuación de la propuesta a las necesidades de la ciudadanía, y la filiación del ciudadano con el proyecto avivando su participación en la realización del mismo.

A partir de estos antecedentes reconocidos para la elaboración del sistema, los grupos temáticos identificados del análisis bibliográfico de indicadores de sostenibilidad en el ámbito internacional, para el sistema de indicadores de sostenibilidad en la infraestructura para Colombia son:

Tabla 9. Grupos temáticos de la sostenibilidad en la infraestructura.

	Categorías	Descripción de la Categoría
Grupos Temáticos de Sostenibilidad	la sostenibilidad en la construcción	Aspectos diversos del entorno urbano en que se inserta
	Gestión del agua	Manejo del agua en su ciclo de vida en la obra
	Gestión de la energía	Manejo de la energía en su ciclo de vida en la obra.
	Materiales y recursos	Gestión de la materiales y recursos en su ciclo de vida en post de optimización y usos alternativos.
	Calidad medioambiental	Calidad de los espacios en la obra.
	Gestión y mantenimiento	Manejo de las medidas medioambientales de la obra en su ciclo de vida
	Innovación y tecnología	Uso de nuevas tecnologías limpias e innovación en diseños y procesos constructivos
Grupos Temáticos de Ciudad	Conformación urbana	Optimización del conjunto de elementos que conforman el espacio urbano.
	Clasificación de los usos del suelo y la obra civil	Coherencia del suelo con los planes de ordenamiento territorial y con el objeto del proyecto.
	Gestión de los ecosistemas urbanos	Correspondencia del

	Categorías	Descripción de la Categoría
		ecosistema y el proyecto en función de la sostenibilidad
	Manejo de los recursos	El flujo de materiales y la carga ecosistémica
	Administración urbana y ciudadanía	Coordinación del proyecto con el eje social y el entorno poblacional.

Fuente: Elaboración propia.

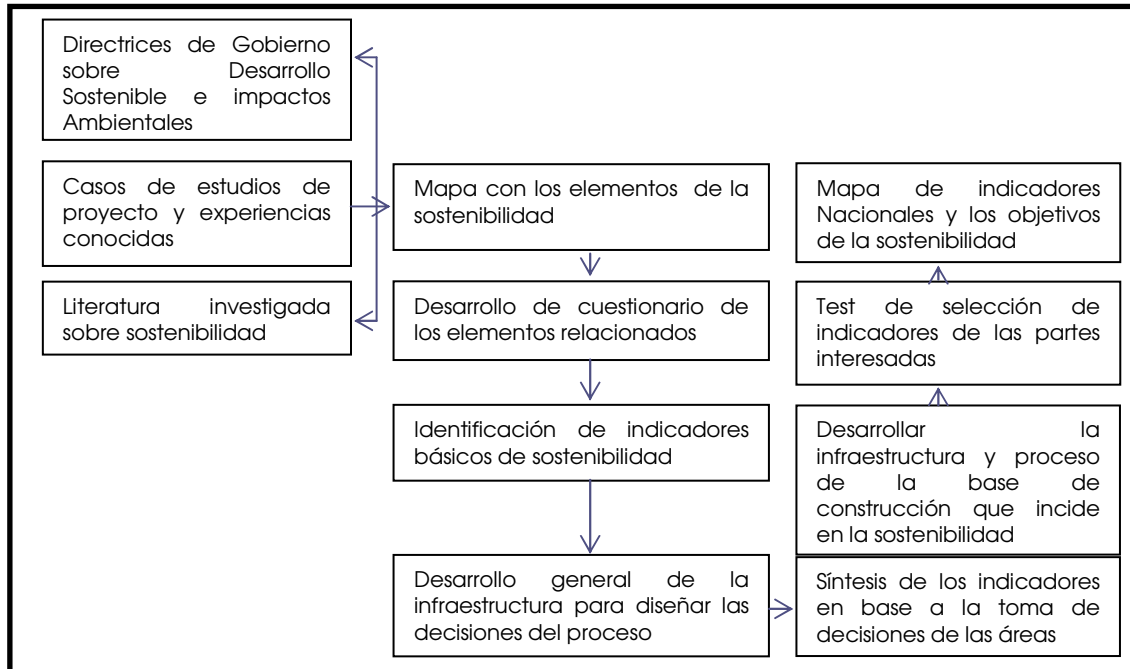
Se obtienen dos grupos temáticos en donde se agrupa las categorías de sostenibilidad y las temáticas de ciudad rescatando en esta última la relación directa de la infraestructura con los temas de ciudad para formar un campo de acción integral de un proyecto de obra civil.

5.3 INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El primer paso elegir los criterios más adecuados para formular un sistema de indicadores, que considera la infraestructura en relación con el medio ambiente local, la sociedad y la economía. Para probar este enfoque, la búsqueda de indicadores apropiados se llevó a cabo en una primera instancia con la revisión de la literatura científica del tema y segundo con entrevistas a una serie de profesionales; invitando a las personas claves de cada una de las siguientes disciplinas de participación en un proyecto de obra civil: arquitecto, ingenieros, administradores y profesionales de otras áreas, percibidos como más relevantes para el tema de infraestructura; para un número limitado de expertos se identificaron las entrevistas, la muestra excluyó a consumidores ya que el tema es desconocido para ellos. Trece participantes se presentaron con los criterios de selección propuestos. Fueron invitados a dar su concepto sobre la sostenibilidad en la construcción y la pertinencia del tema de indicadores en la infraestructura.

El trabajo de campo se llevó a cabo mediante entrevistas semiestructuradas⁴⁰ con profesionales de los diferentes actores de la industria privada y pública. Los temas de estudio de la entrevista fueron proyectos de sostenibilidad, actuales directrices del gobierno sobre evaluaciones de impacto sostenible y el medio de la construcción sostenible. La lectura de los participantes de la entrevista fue basada en un cuestionario semi-abierto⁴¹, para la validación de los indicadores, el formato de las entrevistas realizadas se puede ver en los anexos A, B,C y D.

Figura 10 Desarrollo de la metodología para el desarrollo de indicadores.



Fuente: Marco de investigación y Metodología adaptada de UgwuOO.Kumaraswamy MM. Evaluación de la Durabilidad y ciclo de vigencia de costos de los puentes en las autopistas.

⁴⁰ Entrevista semiestructurada: Se determina de antemano cual es la información relevante que se quiere conseguir. Se hacen preguntas abiertas dando oportunidad a recibir más matices de la respuesta, permite ir entrelazando temas, pero requiere de una gran atención por parte del investigador para poder encauzar y estirar los temas. (Actitud de escucha)

⁴¹ Cuestionario Semi-abierto: Un cuestionario semiabierto, aunque ofrece respuestas cerradas del tipo «sí/no», éstas van acompañadas de preguntas abiertas, con el fin de dar total libertad a la hora de expresar las opiniones y creencias sobre el tema.

En el método de trabajo de campo se tiene en cuenta un análisis taxonómico desarrollado sobre indicadores realizados en el área de la construcción sostenible en los países de España, Australia y Canadá y Latinoamérica, el trabajo de campo desarrolla y valida indicadores claves de rendimiento para la evaluación de la sostenibilidad en los proyectos de infraestructura; el instrumento de la entrevista aborda e incorpora aspectos específicos de Colombia y expande la situación de región en desarrollo. Asimismo, el estudio valida dimensiones de la sostenibilidad, y nuevos indicadores en el caso de estudio del tema específico en Colombia. Las entrevistas se realizaron durante el período de Abril – Junio de 2012.

Al relacionar los diferentes representantes del medio de la construcción, se exponen las siguientes tablas con el objeto de identificar los actores que actúan dentro del proceso y poder relacionar en el medio regional cuales son los agentes que mueven directa y/o indirectamente interviene el mercado de la infraestructura en Colombia.

Tabla 10 Actores Y factores que intervienen en la infraestructura sostenible.

Actores	Factores que intervienen			
Actores locales	Mecanismos de participación y consulta			
Gobierno Local	Políticas y normatividad en sostenibilidad	Coordinación público- privada	Ejes de integración y desarrollo	Programas gubernamentales
Diseñadores	Conceptos estéticos e integración con el ecosistema	Innovación de diseño con nuevos materiales		
Constructores	Uso de nuevos materiales	Aumento del valor agregado	Manejo del factor ambiental, económico y social	
Educación	Tecnología e	Investigación		Programas

Actores	Factores que intervienen			
	innovación			gubernamentales
Plataformas	Integración académica, pública y privada	Desarrollo y Evaluación de mecanismos de gestión de proyectos y factor económico		Programas gubernamentales
Agentes Internacionales	Políticas y direccionamientos internacional	Interrelación con las políticas de gobierno local		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Actores y Entidades analizadas en el estudio

Actores	Entidades que intervienen			
Actores locales	Comunidad	Gremios CCCS Consejo Colombiano de Construcción sostenible	Asociaciones CCI-Cámara Colombiana de la Infraestructura	
Gobierno Local	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio	Alcaldías del área Metropolitana	CARs de Antioquia	
Diseñadores	Diseñadores Arquitectónicos	Diseñadores Estructurales		
Constructores	Constructoras de infraestructura	Concesiones	Constructores infraestructura habitacional	
Educación	Universidad	Universidad	Universidad UPB	

Actores	Entidades que intervienen			
	EAFIT	Nacional		
Plataformas	Ciudades sostenibles- Findeter. Sello Verde de la construcción sostenible	Urbam-Bio 2030 Estudios “Bases para un apolítica de construcción sostenible”- Colegio Mayor- Área Metropolitana	Plan Nacional de Desarrollo 210-2014 “prosperidad para todos “	Plan de desarrollo de Medellín 2012-2015 “Medellín un Hogar para la Vida”
Internacionales	Naciones Unidas CEPAL	Consejo empresarial mundial para el desarrollo Sostenible (WBCSD)	Empresas que certifican construcción sostenible (edificación- infraestructura)	

Fuente: Autor

El modelo de cuestionario puede verse en los anexos, en cuanto a las entrevistas realizadas se hicieron un total de 15 solicitudes de entrevistas durante el primer semestre de 2012, concretando un total de 12 de ellas de las diferentes instituciones mencionadas a continuación:

Tabla 12 Identificación de personas entrevistadas

Actor	Área	Entidad	Contacto	Cargo
Actor Local	Política Local	Clúster de la Construcción Antioquia	Carlos Mario Bernal	Director del clúster construcción de la cámara de comercio de Medellín
Gobierno Local	Alcaldía	Municipio de Envigado	Olga Inés Restrepo Ochoa	Gestión Urbanística.
	Alcaldía	Municipio de Medellín	Jesús Gaviria	Asistente de Subsecretaria de planeación ambiental.
Diseñadores	Estructurales	ICC	Juan Fernando Mesa	Diseñador estructural –socio de

Actor	Área	Entidad	Contacto	Cargo
				la empresa.
	Arquitectónicos	MASBIO	Eduardo Fitsman	Diseñador arquitectónico- Socio de la empresa.
Constructores	Concesiones	Hato vial	Germán Vélez	Director financiero y administrativo
	Contratista	Coninsa RamonH	Santiago García Cadavid	Gerente unidad de negocios de infraestructura
Educación	Universidades	EAFIT	Juan Luis Mejía Arango	Rector.
	Universidades	EAFIT	John Jairo Agudelo	Jefe de carrera de Ingeniería Civil.
	Universidades	EAFIT	MicheleHermelin	Docente Investigador área Geología.
Plataforma	Metropolitana	Urbam	Nora Cadavid	Asesora de BIOMAS 2030.
	Nacional	CIDICO Centro de investigación y desarrollo para la industria de la construcción	Andrés Villegas Hortal	Director Ejecutivo de CIDICO
	Políticas de Construcción Sostenible	Colegio Mayor	Mauricio Bedoya	Docente investigador.

Fuente: Elaboración propia.

La entrevista se divide en dos partes. En la primer parte se obtuvo información de los entrevistados y sus organizaciones, mientras que la segunda parte se centró en la obtención de ideas sobre la pertinencia de un sistema indicadores de sostenibilidad para su uso en la evaluación de proyectos de infraestructura. Teniendo en cuenta la reticencia histórica de los participantes de la industria para participar en entrevistas, especialmente si en el medio de la ingeniería civil el termino de infraestructura sostenible apenas comienza abrirse caminos como un elemento fundamental para el desarrollo sostenible del país, las entrevistas fueron desarrolladas encontrando en el tema específico de mediciones, un desconocimiento del tema, debido a que no es aplicado en el medio y en mucho de los casos se ignora por completo el término de la sostenibilidad aplicado directamente a la infraestructura, descubriéndose un segundo problema de raíz los actores no están preparados para aplicar este tema ni para desarrollar con prioridad un sistema de evaluación integral para la implementación de la infraestructura sostenible. La muestra por lo tanto, podría interpretarse como que constituye una muestra de conveniencia⁴². Un total de trece entrevistados válidos, con una tasa de respuesta de aproximadamente del 90%. En la primera parte de las entrevistas, las preguntas de antecedentes personales incluían información sobre la visión general del tema en el medio, la visión desde cada una de sus áreas de enfoque, el conocimiento o desconocimiento del uso de indicadores, como el nivel de uso de estos programas en la práctica. El análisis de datos emitidos revela que aunque la sostenibilidad ha sido ampliamente identificada como necesaria en Colombia, durante varios años como parte de su expansión económica y el desarrollo de infraestructura, herramientas sistemáticas de evaluación no son todavía populares en la práctica. Los antecedentes del entrevistado son experiencias empíricas y/o la participación en la sostenibilidad basada en proyectos de infraestructura. La tabla 13 resume la información clave demográfica de los encuestados.

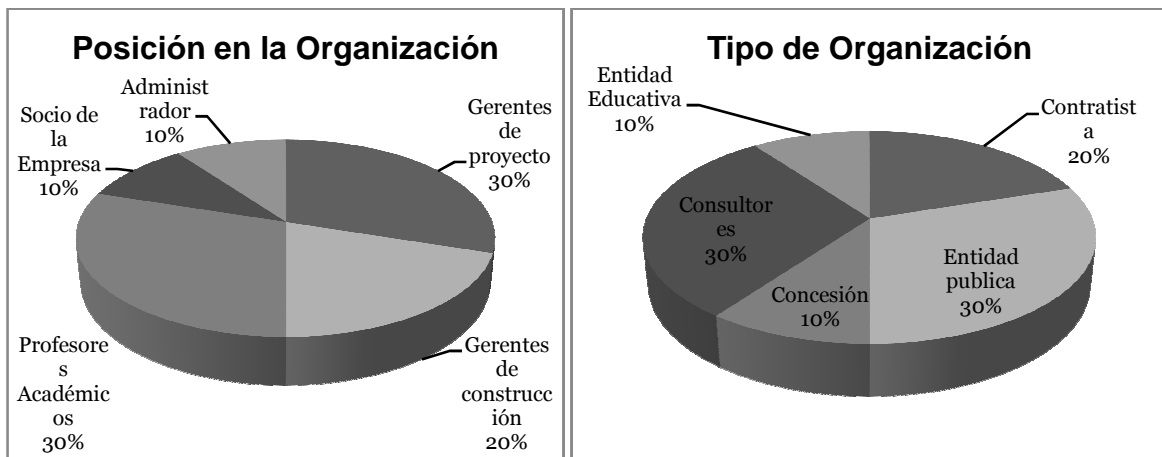
⁴² Personas seleccionados, por su relación directa en algún área con el tema de la sostenibilidad

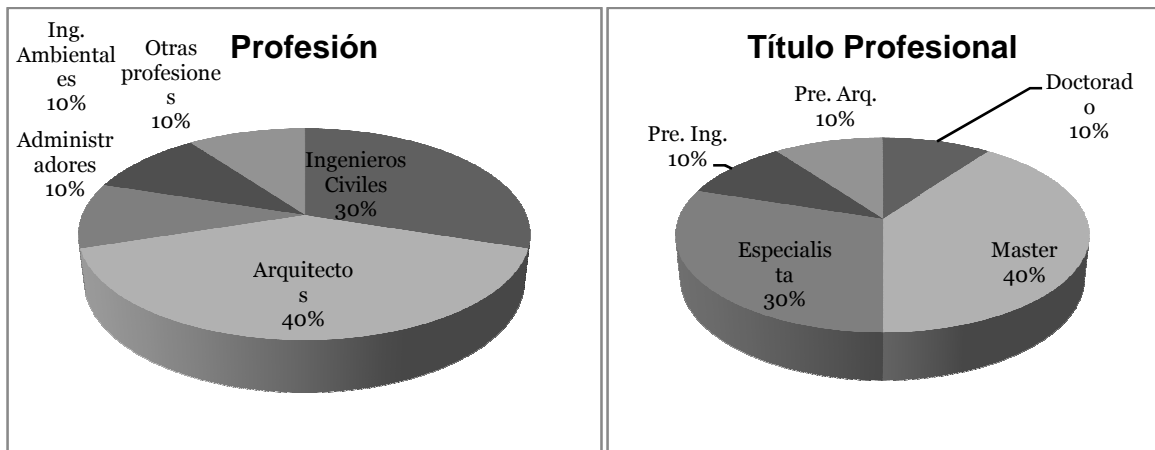
Tabla 13 Resumen de los datos demográficos de los entrevistados..

Tipo de Organización	%	Profesión	%
Contratista	20	Ingenieros Civiles	30
Entidad publica	30	Arquitectos	40
Concesión	10	Administradores	10
Consultores	30	Ing. Ambientales	10
Entidad Educativa	10	Otras profesiones	10
Total	100	Total	100
Posición en la organización	%	Título Profesional	%
Gerentes de proyecto	30	Doctorado	10
Gerentes de construcción	20	Master	40
Profesores Académicos	30	Especialista	30
Socio de la Empresa	10	Pre. Ing.	10
Administrador	10	Pre. Arq.	10
Total	100	Total	100

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 Contribución de valor total en la demografía.





Fuente: Elaboración propia.

La muestra demográfica como resultado de la entrevista reportó que sólo el 30% han participado en proyectos impulsados por la sostenibilidad, mientras que el 10% tienen experiencia en el uso de herramientas de evaluación de sostenibilidad; de donde el 30% y el 10% pertenecen a personas que han adquirido el conocimiento fuera del país por estudios de posgrado o trabajo con agencias internacionales por exigencias en la aplicación de una política internacional en el ámbito local, en ambos casos lo han aplicado a la sostenibilidad en la edificación y ninguno a la infraestructura. Se demuestra en este caso que el medio de la construcción no hace ninguna exigencia del conocimiento en temas de sostenibilidad y presenta una deficiencia de experto en la industria de la construcción, en caso de realizar un tema específico de sostenibilidad recurre a asesores internacionales o al aprendizaje específico de normas extranjeras que en muchos casos pueden estar alejadas de la realidad geográfica, social y económica del país.

En la segunda parte de la entrevista, los actores demostraron el desconocimiento del uso del concepto de sostenibilidad o la no aplicación del término a la infraestructura y el desconocimiento metodológico de cómo debe aplicarse un sistema de indicadores.

De igual manera, sobre la opinión de los expertos, se estableció una escala de calificación para el indicador final de aptitud⁴³ ver Tabla 14.

Tabla 14 Calificación según indicador de aptitud.

Calificación Concepto	Validación cualitativa
100-80	Óptima: no requiere más intervenciones en el conocimiento o aplicación al tema
80-60	Muy Buena: requiere intervenciones programas sencillos planificados
60-40	Buena: requiere intervenciones programadas y planificadas adema de monitoreo
40-20	Regular: requiriere intervención urgente en orden de prioridad según el área del tema
20-0	Mal a muy mal: requiere intervención inmediata en el conocimiento o aplicación del tema

Fuente: Autor.

Nota: lineamiento de calificación de acuerdo a estándar de evaluación de la sostenibilidad en el sistema urbano.

Los participantes fueron calificados según un indicador de aptitud con el objeto de establecer un criterio general sobre el conocimiento de las principales temáticas; homologando la competencia del tema en el grupo de expertos. De igual forma el indicador vislumbra las carencias formativas en el tema de la sostenibilidad en la infraestructura. La Tabla 15 muestra un resumen de los resultados consolidado del conocimiento del tema por cada entidad.

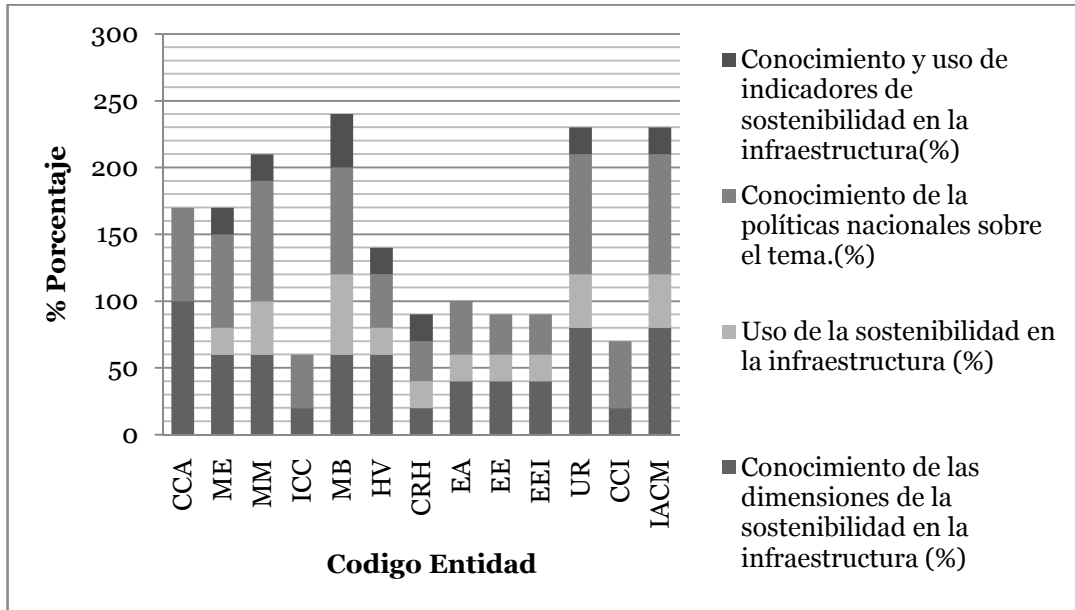
⁴³ Indicador de aptitud: este indicador revela el grado de aptitud que cada actor tiene sobre el tema, calificando sus su grado de conocimiento o desconocimiento de la problemática planteada.

Tabla 15 Conocimiento del tema por parte de los actores.

Cod	Entidad	Conocimiento de las dimensiones de la sostenibilidad en la infraestructura (%)	Uso de la sostenibilidad en la infraestructura (%)	Conocimiento de la políticas nacionales sobre el tema.(%)	Conocimiento y uso de indicadores de sostenibilidad en la infraestructura (%)
CCA	Clúster de la Construcción Antioquia	100	0	70	0
ME	Municipio de Envigado	60	20	70	20
MM	Municipio de Medellín	60	40	90	20
ICC	ICC	20	0	40	0
MB	MASBIO	60	60	80	40
HV	Hato vial	60	20	40	20
CRH	Coninsa Ramon H	20	20	30	20
EA	EAFIT Administrativos	40	20	40	0
EE	EAFIT Educador Área de Infraestructura	40	20	30	0
EEI	EAFIT Educador en otra Ingeniería	40	20	30	0
UR	Urbam	80	40	90	20
CCI	CIDICO Centro de investigación y desarrollo para la industria de la construcción	20	0	50	0
IACM	Investigador Asesor Colegio Mayor	80	40	90	20

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Contribución de cada actor frente al conocimiento del tema.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el grupo de muestra se resalta lo siguiente en las entidades evaluadas, existe una base media en el conocimiento de las tres dimensiones de la sostenibilidad (económico, social, ambiental), destacándose un conocimiento en otras dimensiones diferentes a los tres pilares en las entidades vinculadas con la academia o con una relación directa de investigación a los problemas urbanístico de ciudad. En el tema de uso de la sostenibilidad en la infraestructura el grupo está bajo de la línea media de evaluación; el uso de la sostenibilidad se resume solo a la dimensión ambiental limitándose a responder las exigencias en la normatividad del país, solo los grupos que han realizado investigaciones desde la parte urbanística de ciudad vinculan el uso de la dimensión social. En cuanto a las políticas nacionales sobre el tema solo la academia y las alcaldías manifiestan conocimiento de las mismas y se evidencia desconocimiento de los contratistas. Se muestra un desequilibrio en el manejo de tema dependiendo de la posición de contratante o contratista.

Finalmente en el uso de indicadores de sostenibilidad, todo el grupo está por debajo de la línea mínima manifestando un desconocimiento del tema o el conocimiento básico pero no con usos aplicados de estos. El análisis realizado sobre la muestra detecta la deficiencia en el dominio específico de la sostenibilidad en las obras de infraestructura y la aplicabilidad del mismo; demostrando la falta de investigación y de trazabilidad de la sostenibilidad en la industria de la construcción en general.

Aunque el tema muestra avances a nivel internacional, el estado colombiano no ha promovido buenas prácticas ni establecido lineamientos al uso de indicadores, lo que provoca una pérdida de la información sobre el estado actual de la infraestructura. Al mismo tiempo revela que no existen bases estadísticas para la toma de decisiones en la realización de un proyecto, dejando el tema a criterios del funcionario de turno o a la variabilidad económica y política del país.

Colombia ha iniciado un proceso al recibir asesorías internacionales sobre diferentes temas de sostenibilidad y va en el camino en la formulación de políticas frente a la construcción pero no ha sido fuerte en la estructuración de sus bases de información de indicadores, siendo este un tema que no recibe retroalimentación del medio de la construcción. Esto puede generar un motivo de desconfianza en la atracción de inversionista al país en la construcción de infraestructura, continuando en la línea de atraso a nivel global en el registro de los proyectos sostenibles con relación a países desarrollados.

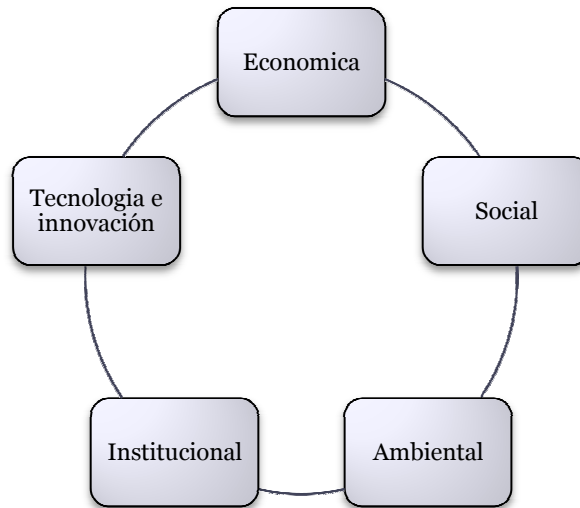
Los actores en estudio demostraron un interés particular en desarrollar la sostenibilidad en la infraestructura no solo desde tres dimensiones: económica, social y ambiental; manifestaron la necesidad de la relación fundamental que debe tener la academia en temas de sostenibilidad desde la base inicial del pregrado, los posgrados y los temas de investigación e innovación. La importancia de mejorar los sistemas de información que retroalimente el mejoramiento en la gestión sostenibles de proyectos. De igual forma la tecnología fue asumida como

un eje prioritario en el desarrollo y en el mejoramiento continuo de la industria. Desde una perspectiva global y local se destaca el conocimiento de las políticas, la participación en esta desde entidades organizadas en la formulación de nuevas leyes y normas de uso de la sostenibilidad y la vinculación de programas e implementación de incentivos para el desarrollo de producción limpia fueron defendidas como básicas para un desarrollo integral del tema.

Partiendo desde el análisis anterior dado por los actores entrevistados, se deriva la necesidad de plantear dos dimensiones más en el tema de la infraestructura para lograr la integralidad del tema en el ámbito colombiano, ellas son: la tecnología e innovación generadas desde la academia y participación activa de la universidades y desde la experiencia internacional al asumir nuevas tecnologías y desarrollos de procesos, adaptando la tecnología desplegada por países en potencias. Segundo la institucionalidad vista como aquella que alberga las dinámicas nacionales en cuestión de desarrollo sostenible alineadas con los tema internacionales en política y sostenibilidad planetaria, la participación ciudadana en las decisiones, que a su vez se cruza con los lineamientos económicos que son la palanca que estimula la implementación de los sistemas o el deterioro a escala para el usuario final del producto.

Concluyendo en el tema las dimensiones deben ser cinco en total: económica, social, ambiental, estas tres que son las básicas generadas por la teoría de la sostenibilidad y dos más institucional, tecnología e innovación registradas en la entrevistas y en la bibliografía como puntos elementales en el desarrollo de un ecosistema sostenible. Estos pilares básicos de formulación de indicadores logran una evaluación de la sostenibilidad de un proyecto de infraestructura en un país como Colombia donde los procesos deben estar acompañados con la participación ciudadana. Los resultados obtenidos como dimensiones más importantes en la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura se representan en la figura 13:

Figura 13 Dimensiones de la sostenibilidad en la infraestructura.



Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones identificadas en el flujo circular enfatiza que todas los elementos base tienen el mismo nivel de importancia y no hay una dirección prioritaria, dado que el no desarrollo de todas en conjunto desarticula el correcto proceso del sistema. Las cinco dimensiones permite la evaluación de las externalidades tanto negativas como positivas y su interacción, las cuales sirven como parametros válidos para conocer los avances o retrocesos en los procesos de desarrollo de obras nacionales en las circunstancias específicas de Colombia.

Dentro del desarrollo de las entrevistas no fue posible validar con los actores las variables e indicadores identificados en sistemas internacionales; estos se pronunciaron impedidos para dar un criterio o evaluarlos en el medio de la infraestructura colombiana e internacional.

Las fases consideradas importantes para la evaluación de indicadores de un proyecto de construcción según la bibliografía y la práctica en el país serán la fase de diseño, construcción y uso de la obra. La siguiente tabla 16 permite evaluar el proceso estratégico de las dimensiones en las fases.

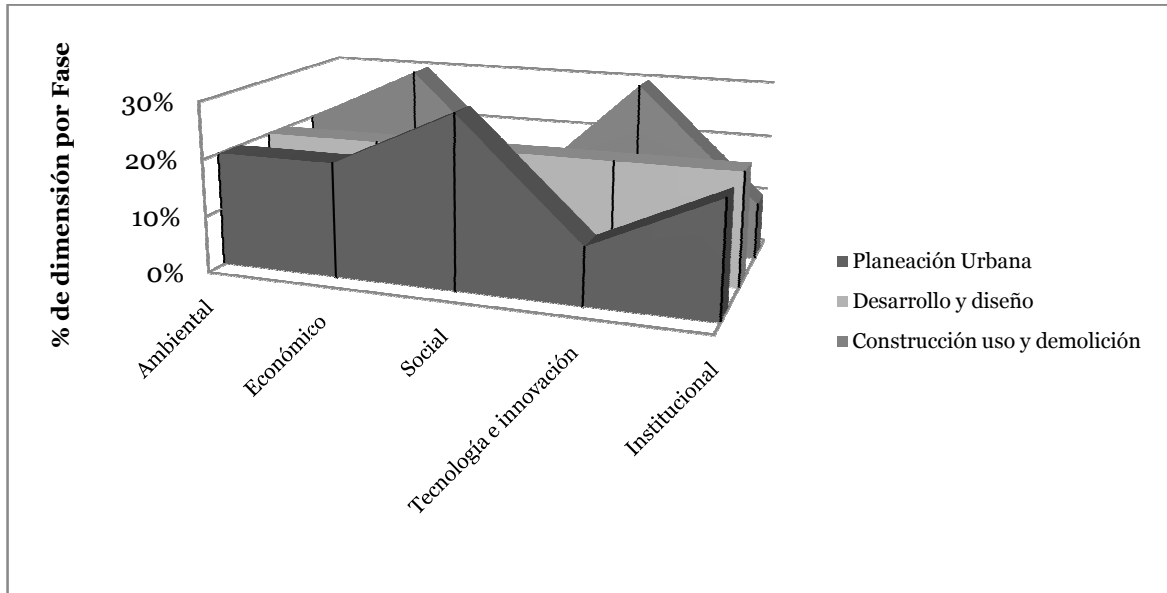
Tabla 16. Infraestructura relativa a indicadores de sostenibilidad

Dimensiones	Ambiental	Económico	Social	Tecnología e innovación	Institucional
Fases					
Planeación Urbana	20%	20%	30%	10%	20%
Desarrollo y diseño	20%	20%	20%	20%	20%
Construcción Uso y Demolición	20%	30%	10%	30%	10%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 16 muestra en una estimación del 100% en cada una de las fases, valorando el peso en porcentaje que tiene cada dimensión, según lo demostrado en las entrevistas realizadas. La figura 14 muestra la tendencia o la contribución en área de cada dimensión en la fase del proyecto; la fase de desarrollo y diseño evidencia una forma homogénea en la que cada dimensión cubre de forma proporcional la fase, mientras que en las otras dos fases es evidente que existen desequilibrios en las prioridades que se le dan en su proceso.

Figura 14 Porcentaje de las dimensiones por proceso.



Fuente: Elaboración propia.

En la selección de indicadores se tendrán en cuenta las salientes que se consideran importantes en un contexto global de planeta sostenible, como la energía limpia las emisiones de CO₂, el cambio climático, la huella ambiental, el agotamiento de los recursos no renovables, las amenazas sociales etc.

El proceso tiene claro que cuando se intenta identificar un sistema de evaluación a partir de indicadores debe predominar una zona de equilibrio donde se incluye lo que se considera sostenible en el área específica de impacto sin que esté por encima del coste de evaluación o por debajo que no asuma una valoración importante. La valoración de estos es variable depende de la tipología del mismo y de la subjetividad que permita una cuantificación; el estudio en cuestión no alcanza a valorar individualmente cada indicador ya que se debe llevar al caso práctico de un proyecto específico.

5.4 BASE PARA UNA METODOLOGÍA PRELIMINAR

La base de la metodología propuesta consiste en identificar indicadores de sostenibilidad para la infraestructura, considerando la sostenibilidad como una oportunidad para el proyecto, al medir y controlar estas oportunidades.

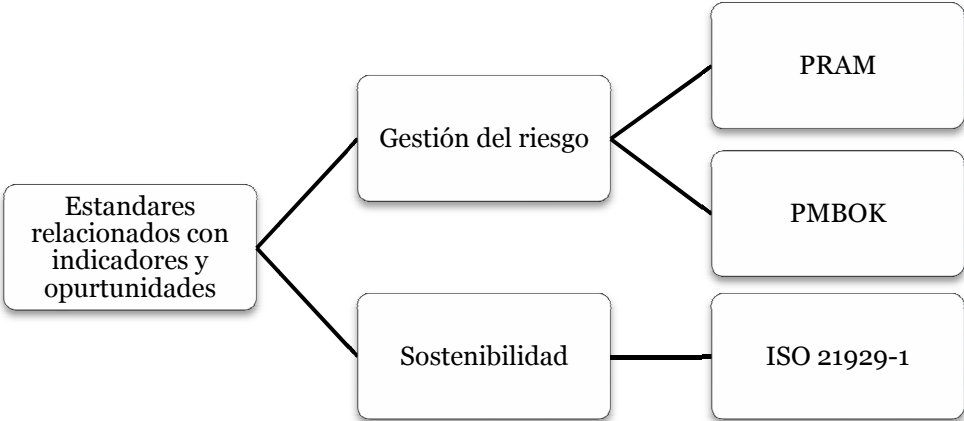
En la metodología asume como línea fundamental en la tipificación de los indicadores la inclusión de las normalizaciones asociadas al tema como lo son: La organización internacional de normalización (ISO) que está tratando de lograr una homogenización en la aplicación de la sostenibilidad en un marco que se establece para el desarrollo de indicadores con la ISO 21929 -1⁴⁴ (selección de indicadores de sostenibilidad adecuados. Marco 1 desarrollo de indicadores para edificios), de igual forma las normas actuales de gestión de riesgos se han estudiado, para su posible aplicación en la identificación de oportunidades e indicadores de sostenibilidad, creando una metodología apropiada sobre la base de la gestión de proyectos con las técnicas utilizadas en la identificación de riesgos, pero adaptado al desarrollo sostenible, lo cual permite identificar los factores de sostenibilidad diferentes de un proyecto mediante la aplicación de las normas de gestión de riesgos, como Hillson (2002) propone en relación con la idoneidad de la aplicación de la gestión de riesgos a las oportunidades del proyecto.

Del análisis de las normas diferentes que se encuentran sobre la sostenibilidad en la industria de la construcción y sobre las normas para la gestión de riesgos, se ha tratado de evaluar la posible viabilidad de la aplicación de las técnicas de gestión de riesgos existentes para la identificación de indicadores de sostenibilidad. Así,

⁴⁴ ISO / TS 21929-1:2011 proporciona un marco, hace recomendaciones y da directrices para el desarrollo y la selección de indicadores de sostenibilidad adecuados para los edificios. El objetivo de esta parte de la norma ISO / TS 21929-1:2006 es definir el proceso que deberá seguirse al abordar los impactos económicos, ambientales y sociales de un edificio utilizando un marco común y un conjunto de indicadores. Esta parte de la norma ISO / TS 21929-1:2006: adapta los principios generales de sostenibilidad para edificios; incluye un marco para la evaluación de los impactos económicos, ambientales y sociales de los edificios; muestra indicadores como ejemplos; muestra cómo utilizar los indicadores de sostenibilidad con respecto a los edificios y muestra el proceso de la utilización de indicadores de sostenibilidad; apoya el proceso de selección de los indicadores; apoya el desarrollo de instrumentos de evaluación; define la conformidad con esta especificación.

siguiendo la figura 15, el estándar ISO-21929-1 ha sido seleccionado como el marco de indicadores. A pesar de que se basa solamente en la creación de indicadores, entrega una primera aproximación mediante la adopción de un patrón estándar. Se ha considerado que la norma de la PRAM y la gestión de los riesgos incluidos en Guía PMBOK, también forman parte de este marco de indicadores, con el objeto de identificar y seleccionar los indicadores de sostenibilidad. Estas normas están más cerca del tratamiento y la identificación de oportunidades en los proyectos de construcción, mientras que otras normas están más relacionadas con la gestión del riesgo estratégico para negocios, grupos y organizaciones como se muestra en la tabla 17 de fases evaluadas que contiene la norma.

Figura 15. Normas Base de la metodología



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Evaluación de las normas PRAM y PMBOX por fases.

Fases Evaluadas	APM (PRAM) 1997	PMI (PMBOK) 2004
Estrategia planificación del a GRC	ok	ok
Identificación	ok	ok
Análisis Estimación	ok	ok
Respuesta a los riesgos	ok	ok
Monitoreo /control	ok	ok
Registro del riesgo	ok	ok
Reporte retroalimentación	ok	ok

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el apoyo de estas normas se puede proceder a definir la metodología. El primer paso es enfocar un marco preliminar sobre la selección de los temas, luego los grupos principales y finalmente, las categorías de indicadores. Muchas investigaciones han examinado el marco de la construcción sostenible. Augenbore et al.(1998) define un marco para la construcción sostenible que consta de tres ejes principales, a saber, el sistema (límite), proceso (actor) y aspecto (la sostenibilidad). Estos ejes expresan las diferentes fases del ciclo de vida de la construcción, los diferentes procesos de programación (por ejemplo, el diseño, construcción, etc) y se ocupan del artefacto diseñado o construido, cada uno dentro de los límites del sistema (materiales distintos por ejemplo, el sistema, la construcción de región, lugar etc), mientras sigue teniendo la responsabilidad de los diferentes aspectos de la sostenibilidad. La construcción sostenible se puede definir en términos operativos basados en el conjunto de los aspectos de desempeño con indicadores adecuados. Un marco estratégico fue desarrollado para la Agenda 21 para la construcción sostenible en los países en desarrollo (A21 SCDC) que consiste en una matriz de facilitadores tecnológicos, institucionales y

de valor inmediato, a mediano plazo y largo plazo para la construcción sostenible (Plessis 2007). Este marco está diseñado para orientar las estrategias significativas para la construcción sostenible en los países en desarrollo y es por tanto diferente de los objetivos de este trabajo.

Hill y Bowen (1997) propusieron un marco de múltiples etapas que requiere la aplicación de la evaluación ambiental y sistemas de gestión ambiental para proyectos de construcción. En este marco, se da un sentido amplio al término medio ambiente, para incluir a las circunstancias físicas, biológicas, sociales y económicas. Dada esta definición, una evaluación ambiental podría incluir la evaluación de cuatro pilares: social, económico, biofísico y técnica en un conjunto de carácter general, orientadas a los principios de la sostenibilidad. De acuerdo con Yasuyoshi (1996), el papel de la investigación y desarrollo tecnológico (I + D) es apoyar las actividades de la industria hacia la eficiencia ambiental de la construcción sostenible que tiene por objeto el uso eficiente y mínimo de todo tipo de recursos, incluida la energía. Por lo tanto, el rendimiento a nivel estatal de la construcción del medio ambiente, sostenible social y económico se incorpora los aportes de la tecnología.

Sobre la base de las revisiones de la literatura anterior, se seguirá la mayoría de las literaturas al incluir el medio ambiente, la sociedad, la economía, como los temas en el marco preliminar de la Infraestructura sostenible, el estudio puede arrojar otras dimensiones que se pueden adherir según su importancia en el medio de la construcción colombiana.

A raíz de los temas seleccionados, los principales grupos y categorías de indicadores se crearán principalmente sobre la base de los principios o temáticas de la construcción sostenible como se explica en los estudios anteriores. Los principios que se proponen para la construcción sostenible aplicados en el ámbito de la infraestructura incluyen: reducción, reutilización y reciclaje de los recursos, proteger la naturaleza en todas las actividades, eliminar las sustancias tóxicas de la construcción, aplicar la economía del ciclo de vida en la toma de decisiones y

crear un entorno de calidad de la construcción (estética, durabilidad, facilidad de mantenimiento) (Guy y Kibert1998, Kibert 2003). La Agenda 21 sobre la construcción sostenible (CIB 1999) ofrece un análisis completo acerca de los problemas de la construcción sostenible. Las temáticas de construcción sostenible se sintetizan en la Tabla 18 Los temas de la construcción sostenible son extensos. Este estudio examina las cuestiones relacionadas con el desempeño a nivel estatal.

Tabla 18 Resumen de los temas para la infraestructura sostenible.

Categoría	Aspectos
Gestión y proceso	Etapas del diseño
	Los nuevos conceptos de infraestructura
	Reingeniería del proceso de construcción
	Los procesos decisorios
	Recursos Humanos
	La calidad ambiental de la construcción
	Conciencia pública
	Normas y reglamentos
	Tipo de contratación estatal.
	La calidad ambiental de la construcción
Construcción del producto	Licencia ambiental
	La reducción de la cantidad incorporada de materiales y energía de los productos (materia prima renovable, el reciclado de baja energía, el aumento de la esperanza de vida mayor durabilidad y técnica)

Categoría	Aspectos
	Reparabilidad (diseño para el desmontaje y la reparación en la fábrica) y el reciclado (productos usados para ser devueltos a su productor, de la custodia del producto)
El consumo de recursos	Materiales (materiales renovables, reciclables / reutilizables de materiales, desmontaje fácil, dimensiones estandarizadas, baja energía incorporada y materiales no tóxicos)
	Energía (eficiencia energética, uso de energías renovables, medidas de ahorro energético, la reducción del tráfico)
	El agua (falta de recursos hídricos, las fugas de los sistemas de distribución, el uso ineficiente del agua)
	Tierra (prevención de la degradación urbana, la reducción de la expansión urbana, el uso eficiente de la tierra, el diseño para una larga vida útil, la adaptación / transformación de edificio existente)
	La calidad del medio ambiente (reducción de molestias tales como los residuos, las molestias acústicas y la contaminación del aire, la gestión de los recursos, la gestión de riesgos, tales como riesgos naturales o la contaminación del suelo)
	La calidad de vida (acceso a los servicios, la calidad del espacio público, patrimonio cultural, la densidad, el transporte, la vida local)
Cuestiones sociales	Crear un ambiente de trabajo seguro y saludable
	Contribuir a la reducción de la pobreza

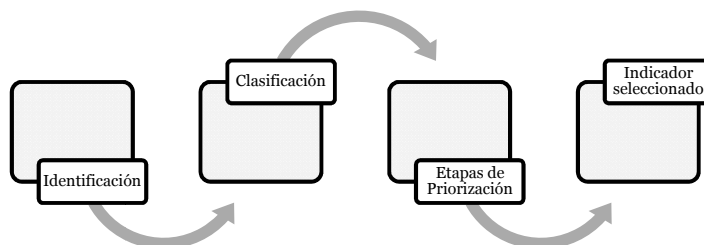
Categoría	Aspectos
	La distribución de costos y beneficios sociales de construcción de manera equitativa
Problemas económicos	Contabilidad de costos totales y el coste real política de precios
	La adquisición de los beneficios financieros y de levantamiento de la comunidad
	Contribuir a la creación de empleo.

Fuente: (CIB 1999) adaptada a la infraestructura

5.4.1 Propuesta de identificación, priorización y selección de indicadores sostenibilidad:

La primera fase es identificar las oportunidades de la sostenibilidad, que más tarde se convertirán en indicadores para medir, controlar y supervisar las oportunidades seleccionadas. El objetivo principal es identificar todos los factores con influencia en un proyecto determinado. Se utilizarán las técnicas de PRAM y estándares PMBOK. Una parte importante de un proyecto de construcción es el gran número de actores involucrados a lo largo del ciclo de vida y la necesidad de incluirlos en la fase de identificación (Button, 2002). En la siguiente figura 16 se muestra el camino en el proceso de selección.

Figura 16. Fases de Identificación de la sostenibilidad.



Fuente: Elaboración del autor

En la fase de identificación, los indicadores de sostenibilidad se determinan con las siguientes técnicas:

1 Revisión de la documentación: se trata de hacer una selección de la documentación disponible y la realización de una revisión estructurada. Esta técnica consiste en dos diferentes tipos de documentación:

a. Reseñas Técnico- Científica, de acuerdo con publicaciones científicas y técnicas para el tipo de proyecto, las herramientas existentes o sistemas de indicadores que podrían utilizarse como punto de partida.

b. Legislación. Revisión de las normas regionales, nacionales e internacionales relacionados con los aspectos sostenibles del proyecto en estudio, ya que esto refleja la experiencia adquirida en la zona y la importancia de las líneas políticas y estratégicas del país o región específica.

2 Recopilación de información a través de entrevistas: es esencial realizar entrevistas con cada actor involucrado en el ciclo de vida para reunir diferentes puntos de vista y la importancia de cada sector, tanto directa como indirecta (importancia de la social y económica aspectos). El estudio se centrará en el hecho de que los entrevistados deben proponer los factores y las oportunidades relacionados con la sostenibilidad, no evaluar o clasificar los indicadores propuestos.

3 Lluvia de ideas: se trata de una técnica dinámica colectiva con los participantes previamente seleccionados, que son representativos del ciclo de vida del proyecto. El objetivo es obtener la máxima cantidad de oportunidades relacionadas con la sostenibilidad.

4 La comparación con otras áreas y otras herramientas existentes: un estudio también se hará sobre la documentación y las experiencias disponibles en otras áreas relacionadas, donde puede haber el concepto de sostenibilidad se han aplicado, como la construcción en edificaciones, el urbanismo.

5 El análisis mediante listas de control: sobre la base de información histórica y el conocimiento adquirido por el equipo a través de proyectos similares anteriores. El establecimiento de estas seis técnicas se basa principalmente en la aplicación de la PMI y las normas de PRAM a la identificación de oportunidades. Cada técnica va a generar una lista diferente de las oportunidades relacionadas con la sostenibilidad. Ninguna lista influirá en los demás, la realización de cada técnica es de forma independiente del resto.

Para el caso de estudio se obtiene un total de cuatro listas de oportunidades para llegar a un proyecto de desarrollo sostenible, se excluyen la técnica de las listas de control, no se asume por la falta de proyectos en el país que aplique esta temática sostenible global y puedan aportar al estudio, aunque se asume la importancia del avance en Colombia en la dimensión ambiental, que es asumida como validez en el tema de indicadores aunque este es diverso y en cada obra va tras direcciones y objetivos diferentes; en el tema de relación con otras áreas se asumirá solo los indicadores de sostenibilidad urbanos como tema que se afecta directamente con la infraestructura de ciudad. Siguiendo el esquema de la figura 17, se identifican las listas de evaluación.

Figura 17. Listas de Evaluación.



Fuente: Elaboración Propia.

La participación en el proceso de todas las partes interesadas es importante, la aplicación de estas técnicas a menudo permitirá la identificación de oportunidades similares, y también para encontrar indicadores inesperado⁴⁵, las oportunidades y sus respectivos indicadores deben ser identificados, al igual que se hace en la gestión de riesgos, durante el ciclo de vida del proyecto. Se relacionaran 20 indicadores por cada listado de manera que cada uno integre diversos temas de la sostenibilidad en el círculo de las cinco dimensiones identificadas, se tendrá a final un total entre 80 -100 indicadores para seleccionar.

Por supuesto, muchas de estas oportunidades identificadas no serán aplicables porque el costo y el tiempo del proyecto irían en el aumento y la disminución de la calidad. Además, estas oportunidades pueden ser física o técnicamente imposibles de aplicar. Por esta razón, será necesario clasificar y priorizar las oportunidades identificadas antes del análisis y la evaluación de la sostenibilidad del proyecto. Además, se consideran muchos indicadores, el costo de análisis sería muy elevado y los indicadores serían difíciles de entender. Por el contrario se consideran muy pocos indicadores, los acontecimientos importantes se podrían escapar a nuestra atención (Van Cauwenbergh et al., 2007). Para este propósito, los métodos de priorización son necesarios para despedir a las oportunidades que no son viables y para seleccionar mejor las oportunidades que reflejan los aspectos más importantes de la sostenibilidad.

Para la primer lista, tras la selección y lectura de documentación científica mostrada en el estado del arte y la lectura de propuesta de indicadores de ONU,CEPAL, UNASUR, se realizó una selección de indicadores. Los criterios y factores de selección están basados en el aspecto de sostenibilidad en un contexto regional latinoamericano y bajo las condiciones geográficas, políticas y

⁴⁵ Indicador Inesperado: es aquel indicador que no se espera en una ocasión o circunstancia determinada por que se supone el conocimiento de la posibilidad de una cosa.

sociales de la infraestructura en Colombia, obteniendo una primera lista que se referencia en la tabla 19.

Tabla 19. Lista No 1 Revisión de documentación y legislación.

Lista No 1.	
Código	Indicador
1.1	Consumo energético eficiente
1.2	Seguridad y salud ocupacional
1.3	Gestión del residuo
1.4	Gestión del agua
1.5	Uso del suelo disponibilidad el material
1.6	Manejo de residuos y escombros
1.7	Control a la emisión de contaminantes atmosféricos
1.8	Uso y almacenamiento adecuado a materiales de construcción
1.9	Protección del suelo
1.10	Prevención a la contaminación de cuerpos de agua
1.11	Manejo de vegetación
1.12	Gestión social
1.13	Gestión Ambiental
1.14	Huella ecológica
1.15	Huella de carbono
1.16	Emisiones de gases efecto invernadero
1.17	Biodiversidad y paisaje
1.18	Patrimonio cultural
1.19	Oportunidades tecnológicas
1.20	Sistema territorial

Fuente: elaboración propia

Tormenta de Ideas (BRAINSTORMING): Esta técnica se llevo a cabo entre el grupo consultado donde generaron ideas sobre indicadores de la sostenibilidad en

obra civil; sin juzgarlas o valorarlas inicialmente respetando las ideas del brainstorming donde se busca la cantidad sin pretensiones de calidad y se valora la originalidad. Posteriormente se reunieron las ideas de cada participante y se agruparon la más adaptadas a la investigación en la tabla 20.

Tabla 20. Lista No 2 Tormenta de ideas.

Lista No 2	
Código	Indicador
2.1	Inclusión social
2.2	Satisfacción local
2.3	# de empleos creados
2.4	Uso y conservación del agua
2.5	Energía consumida
2.6	Productos químicos consumidos por etapas
2.7	Volumen de materiales consumidos
2.8	Material reciclado en la construcción
2.9	Calidad del agua
2.10	% de reutilización de aguas residuales
2.11	Biodiversidad de fauna
2.12	Biodiversidad de Flora
2.13	Costos de construcción civil por habitante
2.14	Olores y ruido
2.15	Consumo de energías renovables
2.16	Calidad del servicio
2.17	Impacto ambiental (paisajístico)
2.18	% de aceptación de la población
2.19	% buena institucionalidad
2.20	Crecimiento del PIB per cápita en la zona del proyecto

Fuente: elaboración propia

Para la lista tres se tuvieron en cuenta las políticas nacionales en el área de la producción más limpia, la construcción sostenible y la interrelación con las políticas internacionales de conservación planetaria.

Tabla 21. Lista No 3 Políticas internacionales y regionales

Lista No 3	
Código	Indicador
3.1	Crecimiento económico y bienestar
3.2	Ecoeficiencia regional
3.3	Análisis de uso y flujo de recursos
3.4	Calidad ambiental
3.5	Cambio global
3.6	Competitividad y cambio tecnológico
3.7	Calidad del empleo
3.8	Cohesión social
3.9	Igual de genero
3.10	Salud y Bienestar
3.11	Instrumentos de regulación y evaluación del impacto.
3.12	Proceso hacia la sostenibilidad empresarial
3.13	Proceso de sostenibilidad e instrumentos económicos.
3.14	Eficiencia energética
3.15	Emisiones de carbono
3.16	Áreas de protección
3.17	Inversión en ciencia y tecnología
3.18	Cumplimiento de la agenda 21
3.19	Consumo de sustancias que agotan la capa de ozono
3.20	Participación ciudadana en el proyecto

Fuente: elaboración propia

En Colombia existen los observatorios ambientales urbanos (OAU) para varias ciudades del país de donde se destacan Bogotá y Medellín. En este caso solo existen reportes de indicadores en la dimensión ambiental y demográfica. En la revisión se tomaron en cuenta los avances de algunas ciudades en el tema de indicadores de sostenibilidad urbana como es el caso de ciudades de Taipéi, Taiwán, Sudáfrica, Madrid y Tokio, en donde se seleccionaron los indicadores con más repetición en comparado entre ciudades.

Tabla 22. Lista No 4 A Edificación.

Lista No 4A	
Código	Indicadores
4.1	Habitabilidad del espacio publico
4.2	Espacios verdes y biodiversidad
4.3	Movilidad y servicios
4.4	Coste de la obra
4.5	Coste de mantenimiento
4.6	Accesibilidad
4.7	Consumo energético
4.8	Consumo de recursos
4.9	Residuos y emisiones
4.10	Energías alternativas
4.11	Contaminación atmosférica
4.12	Efecto isla de calor
4.13	Uso de materiales y elementos
4.14	Evaluación del ruido
4.15	Cambio en la biodiversidad
4.16	Cambio climático
4.17	Riesgo financiero
4.19	Consumo de agua y su reutilización
4.20	Eficacia del diseño

Fuente: elaboración propia

La sostenibilidad urbana es un elemento básico en la transformación de las ciudades y es el mejor camino para evaluar la sostenibilidad de los centros urbanos, es considerado uno de los elementos básico para medir la efectividad de las políticas y la institucionalidad, se seleccionaron los indicadores que manejan ONU HABITAD y el país en sus regiones según el CEPAL .

Tabla 23. Lista 4 B Sostenibilidad Urbana.

Lista No 4B	
Código	Indicador
4.21	Utilización de los recursos Hídricos
4.22	Sostenibilidad ecológica
4.23	Eficiencia Económica
4.24	Carga ambiental
4.25	Transporte eficiente
4.26	Gestión ambiental
4.27	Bienestar social y la seguridad publica
4.28	Impacto visual- paisaje
4.29	Participación social
4.30	Ocupación del suelo
4.31	Reducir el consumo de materiales
4.32	Movilidad y servicios
4.33	Consumo ya ahorro energético
4.34	Biodiversidad
4.35	Estado y políticas
4.36	Manejo de los residuos sólidos
4.37	Gasto en I+D
4.38	Intensidad de explotación forestal
4.39	Tasas de empleo
4.40	Calidad del medio urbano

Fuente: elaboración propia

5.4.2 Validación y evaluación de Indicadores de Sostenibilidad: En el análisis realizado se aplicaron técnicas de identificación de indicadores diferentes consiguiendo una independencia entre las listas, se identificaron 4 listas de indicadores que aportan una información muy útil en el registro de indicadores hacia una infraestructura sostenible. Cada uno lleva un código con el cual se realizara la selección de priorización por medio del establecimiento de criterios mínimos para la evaluación de las alternativas; al utilizar varias técnicas de selección de los indicadores, permite minimizar el error de la carencia de fiabilidad que predomina en muchas de las técnicas de evaluación sostenible de las edificaciones, al tener registrado el mayor numero de indicadores permite asegurar una triangulación desde diferentes puntos de vista que admite tener participación de los sectores, actores y fases que tiene un proyecto de obra civil y tener en cuenta los aspectos fundamentales de la sostenibilidad que muestra la norma ISO 21929-1.

5.4.2.1 Clasificación y priorización de los resultados: Se propone clasificar las cuatro listas de nuevas oportunidades mediante una estructura de división sostenible, clasificándola en las cinco dimensiones de sostenibilidad, identificada en el estudio, pero con un cambio radical en el planteamiento de los criterios de evaluación, presentándolo bajo un enfoque de clusters⁴⁶ siendo estos los que abre las puertas entre las cinco dimensiones establecidas, eliminando la competencia y creando un equilibrio en el sistema. Cada uno de los cluster se ramifica en temas y subtemas, practica reconocida por la comisión de Desarrollo sostenible (CDS) y por el programa de trabajo de IDS alcanzado en el año 2001. Siendo esta la base del marco ordenador, pero bajo la categorización necesaria de la infraestructura del país.

⁴⁶ Enfoque de Cluster: el termino cluster se podría traducir como "grupo", "mesa sectorial" o con más detalle: "agrupaciones de organismos de la ONU, organizaciones no gubernamentales (ONGs) nacionales e internacionales y otras organizaciones internacionales en torno a un sector o servicio prestado durante una crisis humanitaria". En el caso puntual de estudio se busca, asegurar una coherente, efectiva y eficiente respuesta multi-sectorial en la atención y protección de la sostenibilidad en la infraestructura.

Con la propuesta de clusters se puede generar vínculos e interdependencia que deje valorar mejor los procesos y los resultados del proyecto desde una visión sostenible. El ideal es crear una ventaja competitiva de la infraestructura al poder interrelacionar diferentes vértices importantes en el sistema. La debilidad en cualquiera de ellos limita la posibilidad de aumentar la competitividad sostenible al igual que la no integración de los elementos envolventes de la institucionalidad e innovación. La figura 18 muestra un diamante de conceptos a lo largo de las líneas enfatizando los componentes de la competitividad en la infraestructura sostenible, que ayudan a dar un mejor lineamiento a los indicadores buscados.

Figura 18. Componentes de la competitividad en la infraestructura sostenible.



Fuente: elaboración propia

Considerando la importancia que tiene la toma de decisiones en el medio de la construcción, el sistema de los componentes de la competitividad es un elemento clave para desglosar el modelo de pensamiento del sector de la construcción a la hora de optar por la vinculación de un sistema de indicadores. Con el objeto de identificar los cluster claves se realizó un análisis teórico como está identificado en el estado del arte, con el fin de entender el ámbito de la sostenibilidad en el país, también un análisis cuantitativo con el fin de fortalecer el análisis anterior y probar la hipótesis considerando las estadísticas de certificación en sistemas de sostenibilidad que en este caso el único en Colombia es el LEED construction que

a la fecha del mes de abril de 2012 contaba para Colombia (<http://100sd.wordpress.com/2012/04/26/crece-certificacion-leed-en-latinoamerica>) con un total de 5 certificados y 46 en proceso de certificación ocupado el cuarto lugar en Latinoamérica en un Ranking de edificios certificados. Esto demuestra un interés por la inclusión de la sostenibilidad en la construcción pero también el estado nulo de sistemas nacionales de evaluación tanto para la edificación como la infraestructura que es el objeto de estudio.

Después de analizar este comportamiento, se presenta como la mejor plataforma para la sostenibilidad los siguientes clusters:

1. Cluster de transformación del conocimiento
2. Cluster de equidad social
3. Cluster manejo ecosistemico
4. Cluster competitividad y economía
5. Cluster impacto urbano-regional

Estos cluster son dinámicos y se retroalimentan. Fueron elegidos con el propósito de que puedan generar la transversabilidad de los indicadores, ellos a su vez son los criterios que apoyan a la valoración en la prioridad de indicadores.

En la construcción del sistema de indicadores para la infraestructura sostenible, objeto del presente trabajo, se tuvieron en cuenta las principales tendencias del desarrollo sostenible en Colombia expuesta en sus políticas; se examinaron las relaciones entre los diferentes terrenos del desarrollo sostenible, es decir, los pilares establecidos en esta primer parte de la metodología, para que en conjunto, se pudiera simbolizar una posición estratégica integrada. El paso a seguir fue escoger aquellos indicadores con un contenido de indicación sinérgicos (equidad social, institucionalidad, medio ambiente etc), por sobre aquellos de arquetipo singular donde solo se mostraba un aspecto de una escenario. Partiendo que el fin

de los indicadores es comunicarse con la sociedad un número reducido de indicadores entre 10 y 25 es lo aconsejable por los estudiosos del tema, los indicadores que quedan deben cubrir toda el área de estudio.

Construir los indicadores es una meta ambiciosa, si se quiere obtener resultados concretos en el corto plazo, y teniendo en cuenta que en las ciudades de Colombia, existe un desbalance de disponibilidad de información entre las dimensiones económica, social, institucional, ambiental y tecnológica. Las tres primeras se cuenta con una institucionalidad y un marco procedimental para la generación de información, la dimensión ambiental es una de las más desarrolladas en el país y la tecnológica apenas comienza a importar en la decisiones de región.

Marco Ordenador propuesto.

El marco se realiza por temas y subtemas: para un mejor orden y sentido de la numeración de los indicadores, haciendo parte de un marco ordenador que fue tomado como base de algunos trabajos ya realizados sobre indicadores de sostenibilidad, tanto en Colombia como en otros países. En primer orden se encuentran en dimensiones en los que están divididos los indicadores:

- Ambiental
- Social
- Económico
- Institucional
- Tecnológico /innovación

La dimensión ambiental busca dar una imagen de la oferta ambiental, particularmente de los bienes y servicios que dispensa el hombre de toda la naturaleza. El punto de vista de la sostenibilidad para esta categoría recae en lo biofísico y ambiental; en ella se incluyen temas, subtemas e indicadores relacionados con la calidad de las aguas cantidad, calidad y restricciones de las aguas, oferta ecosistemica en términos de áreas, coberturas y usos del suelo,

entre otros temas. Esta dimensión también se enfoca en la demanda por recursos naturales y servicios ambientales, privilegiando el estudio de los temas relacionados con la demanda de energía, agua y materiales, y de temas ambientales propios del ámbito urbano, como: espacio público, ruido, etc. La sostenibilidad en esta condición está representada esencialmente a la demanda de recursos condicionada a los límites naturales impuestos por el crecimiento y regeneración natural de los recursos. El componente social y económico está compuesto por agentes claves e importantes para el desarrollo de una región y la calidad de vida de ésta, como lo son: la generación de empleo, producto interno bruto, etc. Las dos últimas dimensiones integradas son las más recientes en el trato de la sostenibilidad y ellas se representan la gestión de las políticas y la incursión de la tecnología en vía a la producción más limpia en la industria de la construcción.

El diseño del sistema se realiza por demanda, los indicadores se construyen planeándose desde un principio, qué información se requiere, qué tipo de decisiones e intervenciones es necesario hacer, y qué indicadores pueden ayudar a perfilar estas decisiones e intervenciones. Desde la lectura del país y las entrevistas con los actores se identificó que la infraestructura del país debe tener una intervención directa hacia la competitividad, y la sostenibilidad es la línea que perfila los indicadores. La construcción del conjunto de indicadores trabaja para satisfacer las necesidades de los usuarios de indicadores, desde una perspectiva estimulado por la demanda, los indicadores implican costos de producción y de mantención considerables, por lo cual se consideró un número limitado de indicadores selectos, y es precisamente esta necesidad de selección lo que remite al criterio de que cada uno de estos indicadores debe estar justificado por su utilidad inmediata al constructor y a la entidad que promueve la obra.

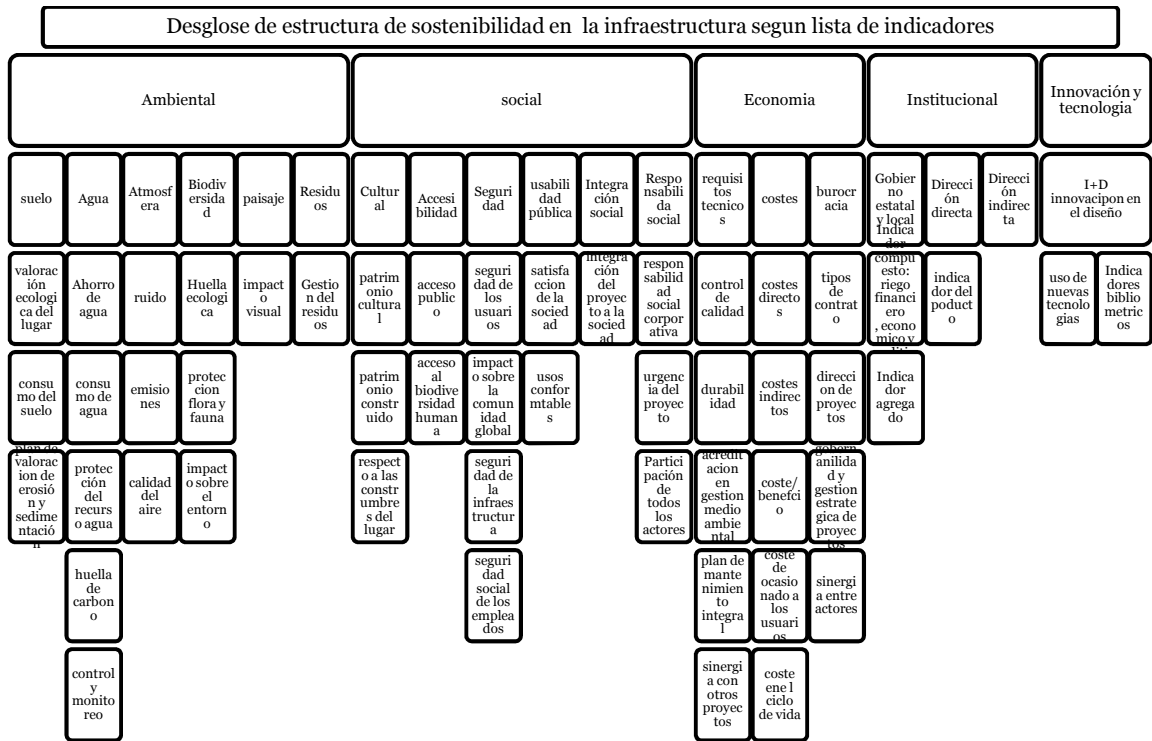
La priorización se realiza en dos pasos. En primer lugar debe realizarse un análisis, de acuerdo con el marco de la ISO y en base a preguntas clave, para descartar algunos de los indicadores y el resto del grupo de acuerdo a la

clasificación y la estructura de división. El paso de las prioridades segunda y última se basa en una matriz de evaluación de acuerdo a la importancia de la sostenibilidad relativa de cada oportunidad con el resto según los cuatro listados de indicadores identificados. El conjunto de indicadores final será de los indicadores identificados, clasificados y priorizados en todas las etapas.

El sistema que se presenta tiene una estructura que permite modificar explícitamente la importancia relativa de los parámetros que reflejen las diferencias en las prioridades en las distintas regiones del país, y así asegurar que el sistema produce resultados que son significativos para la región donde se ubica la infraestructura. Por ejemplo, la importancia del uso del suelo es ciertamente diferente en Antioquia que en Cundinamarca y, por tanto, el sistema debe contemplar esta diferencia.

La estructura del sistema se establece como muestra la Figura 19. Los criterios denominados clusters de sostenibilidad se evalúan a partir de las medidas reductoras de impacto recogidas en las estrategias de gestión de la infraestructura y sus factores de rendimiento, estando cada uno de ellos asociado con las cargas ambientales y a su vez asociado con las categorías de impacto social, institucional y tecnológico.

Figura 19. Desglose de la sostenibilidad en la infraestructura.



Fuente: Elaboración propia.

Cargas ambientales son el uso de recursos y la producción de residuos, olores, ruidos, agua y aire, etc. Estas cargas ambientales están relacionadas con los impactos ambientales que pueden expresarse como categorías de impacto. Las categorías de impacto incluyen el agotamiento de recursos renovables y no renovables. A cada criterio se le asocia una puntuación de referencia. Estos valores se establecen a partir del análisis de los valores de rendimiento usuales de la infraestructura en la zona, y por consenso entre un grupo de expertos, este último se realizó entre los actores entrevistados que contribuyeron frente al conocimiento del tema y que obtuvieron una calificación superior al 20% en el tópico del uso de indicadores de sostenibilidad entre los que calificaron 7 actores de 13 entrevistados (Tabla 15. Conocimiento del tema de los actores).

Para las cargas se usa la suma total final de los créditos valorables que establece el nivel de cumplimiento de los indicadores en criterios de sostenibilidad de la Infraestructura, el créditos es valorado en una escala de 0 a 100. La siguiente tabla muestra el nivel de cumplimiento en créditos de los indicadores en los criterios de sostenibilidad en la infraestructura Colombiana.

Tabla 24. Valoración de los Indicadores con relación a los criterios de sostenibilidad

No créditos valorados	Valoración cualitativa	Simbología
0- 40	El indicador no se adaptada a los condicionantes de la sostenibilidad en infraestructura en Colombia.	Mala (M)
40- 60	Indicador es insuficientemente adaptado a los condicionantes de la sostenibilidad de la infraestructura en Colombia	Regular (R)
60- 70	El indicador se adaptada a los condicionantes de la sostenibilidad de la infraestructura en Colombia	Aceptable (A)
70- 85	El indicador cumple con base en los condicionantes de la sostenibilidad de la infraestructura en Colombia.	Buena (B)
85- 100	Indicador ejemplar en términos de sostenibilidad de infraestructura en Colombia	Excelente (E)

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se toma la escala de valoración de 0 a 100 y el semáforo, técnicas de medición nacionales e internacionales de calificación.

Semáforo de indicación visual

Verde: Vía libre al indicador

Amarillo: indicador posible pero sin prioridad en medición

Rojo: indicador no relevante de medir, pero que debe estar implícito en el proceso de sostenibilidad.

La tabla 25 es el producto de la integración de las 4 listas de indicadores, se redujo la cantidad de indicadores, descartando indicadores con el mismo contexto, indicadores no aplicables a la estructura del país y evaluando estas a su vez en un patrón de uso internacional, según el estudio de investigación realizado por GRI⁴⁷ que elabora suplementos sectoriales. Donde se presentará una visión general de los informes de sostenibilidad en La construcción y el sector inmobiliario, se basa en una revisión de los informes de sostenibilidad de 16 empresas, presenta los indicadores de sostenibilidad que aparecen de forma más habitual en las memorias de sostenibilidad de 16 empresas representativas del Sector. (A Snapshot of Sustainability Reporting in the construction and real state sector. Global Reporting Initiative 2008.), los indicadores se encuentran clasificados por las dimensiones, para dar claridad en la asignación de pesos en la calificación, la evaluación fue realizada individualmente por cada actor con el objeto de que el mecanismo conservara particularidad del mismo; el valor asignado se fundó en la metodología expuesta en la tabla 24. Con la integración de las evaluaciones se procedió a dar a cada indicador un porcentaje global con respecto a la valoración de la dimensión que realizó cada actor y a su vez se asignó el porcentaje representativo de cada dimensión en el sistema, según el resultado final efectuado aglomerado de las valoraciones.

⁴⁷ La Global Reporting Initiative (GRI) es una organización creada en 1997 por la convocatoria de la Coalición de Economías Responsables del Medio Ambiente (CERES) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA). Desde 2002 es una institución independiente, con su propia Junta Directiva.

Tabla 25. Clasificación de indicadores y evaluación final

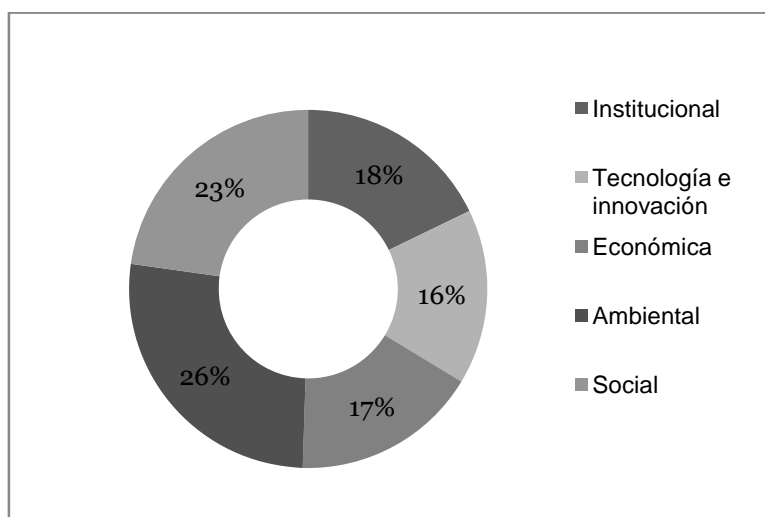
Dimensiones	% del peso total de la dimensión en el sistema	Macro indicadores	Actores evaluadores de indicadores de sostenibilidad								
			Municipio de Envigado (ME)	Municipio de Medellín (MM)	MASBIO (MB)	Hatovial (HV)	Coninsa Ramon H (CRH)	Urbam (UR)	Investigador Asesor Colegio Mayor (IACM)	Peso promedio total del indicador	% con relación a la dimensión
1.1 Institucional	18%	Indicadores globales de sostenibilidad	90	95	95	85	80	100	90	90,71	20%
		Riesgo financiero	70	70	50	80	70	50	40	61,43	14%
		Grado de Planeación del proyecto bajo los elementos de sostenibilidad	95	95	90	90	80	100	100	92,86	21%
		Indicadores de distancia social	40	45	30	35	30	30	35	35,00	8%
		sentido de Pertenencia	60	80	90	80	70	90	90	80,00	18%
		Índice institucional	95	90	80	75	80	95	80	85,00	19%
		Peso global de la dimensión	450	475	435	445	410	465	435	445	100%
1.2 Tecnología e innovación	16%	I+D+i ambiental	95	90	80	75	70	90	80	82,9	22%
		Uso de diseños o tecnologías sostenibles	100	100	100	90	95	100	100	97,9	26%
		Innovación en recursos	100	100	100	80	90	100	90	94,3	25%
		Oportunidades tecnológicas	60	70	60	65	55	70	65	63,6	17%
		Estudio de tecnologías en proyecto	50	60	40	30	35	45	40	42,9	11%
		Peso global de la dimensión	405	420	380	340	345	405	375	381,4	100%
2.1 Económica	17%	Costos	70	70	60	65	65	60	60	64,3	15%
		Indicadores de cumplimiento	100	100	95	95	90	90	90	94,3	23%
		Patrones de consumo y producción	90	95	100	90	95	85	100	93,6	23%
		La rehabilitación de los costos de los ecosistemas	90	95	100	100	90	90	95	94,3	23%
		Reducción en tiempos de transporte	70	70	65	70	70	70	60	67,9	16%
		Indicador financiero del proyecto	65	70	60	80	75	50	60	65,7	16%
		Peso global de la dimensión	415	430	420	435	420	385	405	415,7	100%
2.2 Ambiental	27%	Lucha contra el cambio climático	95	100	100	90	85	90	100	94,29	14%
		Gestión del agua	85	100	95	90	80	85	90	89,29	13%
		Aire	60	60	55	50	60	55	60	57,14	9%
		Ruido	60	70	60	55	50	60	60	59,29	9%
		Uso del suelo	55	60	70	60	50	80	70	63,57	9%
		Ecología	55	70	80	60	60	60	55	62,86	9%
		Impacto visual	50	55	70	60	50	80	70	62,14	9%
		Gestión de los Residuos	90	95	90	80	85	80	90	87,14	13%
		Protección y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad	95	95	100	90	85	100	100	95,00	14%
		Peso global de la dimensión	645	705	720	635	605	690	695	670,71	100%
2.3 Social	23%	Patrimonio cultural	70	70	70	80	50	80	60	68,57	14%
		Acceso al público	65	70	65	70	50	65	70	65,00	13%
		Participación pública y vigilancia del proyecto	95	100	95	90	90	100	100	95,71	19%
		riesgo ante desastre	90	100	90	100	90	95	90	93,57	19%
		Seguridad y salud ciclo de vida	85	95	90	95	95	85	85	90,00	5%

Dimensiones	% del peso total de la dimensión en el sistema	Macro indicadores	Actores evaluadores de indicadores de sostenibilidad								Peso promedio total del indicador	% con relación a la dimensión
			Municipio de Envigado (ME)	Municipio de Medellín (MM)	MASBIO (MB)	Hatovial (HV)	Coninsa Ramon H (CRH)	Urban (UR)	Investigador Asesor Colegio Mayor (IACM)			
		Seguridad Ocupacional	55	60	50	60	50	45	55	53,57	11%	
		Atracción de residentes	100	100	85	80	85	90	95	90,71	18%	
		Peso global de la dimensión	560	595	455	480	415	475	470	492,86	100%	
Σ	100%		2475	2625	2410	2335	2195	2420	2380	2400,70		

Fuente: Elaboración propia- datos de los actores entrevistados.

Nota: Los valores fueron asumidos por los actores que fueron entrevistados en el presente trabajo de grado.

Figura 20. Valor en porcentaje de las dimensiones evaluadas.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 20 muestra la contribución porcentual de cada dimensión en el sistema trabajado desde la opinión y grado de interés de los expertos identificados en el tema de sostenibilidad en las obras civiles, aunque las diferencias no son muy significativas, si se destaca el 26% de la dimensión ambiental sobre el 16% de la dimensión de tecnología e innovación zona sobre la que actualmente el país no tiene indicadores identificados que permitan evaluar un sector económico en este tema, se evidencia que no existen referentes cercanos de evaluación del estado actual de esta dimensión. Al realizar el análisis de la evaluación se identificaron los

indicadores que están encima del margen de valoración de 70 puntos como los indicadores prioritarios en el sistema de indicadores, y los indicadores que se encuentran en la margen 60-70 se consideran importantes pero que ya son evaluados por otros sistemas por ejemplo: sistemas de calidad, seguridad etc. o por la interventora del proyecto. En la Tabla 26 se relacionan los indicadores seleccionados que confirman el sistema final.

Tabla 26. Indicadores finales del sistema y su peso.

Dimensiones	% del peso total de la dimensión en el sistema	Macro indicadores	Actores evaluadores de indicadores de sostenibilidad								Peso promedio total del indicador	% con relación a la dimensión
			Municipio de Envisgado (ME)	Municipio de Medellín (MM)	MASBIO (MB)	Hato vial (HV)	Cominsa Ramon H (CRH)	Urbam (UR)	Asesor Colegio Mayor			
1.1 Institucional	21%	Indicadores globales de sostenibilidad	90	95	95	85	80	100	90	90,71	26%	
		Grado de Planeación del proyecto bajo los elementos de sostenibilidad	95	95	90	90	80	100	100	92,86	27%	
		Índice de Pertenencia	60	80	90	80	70	90	90	80,00	23%	
		Índice institucional	95	90	80	75	80	95	80	85,00	24%	
		Peso global de la dimensión	340	360	355	330	310	385	360	348,5714286	100%	
1.2 Tecnología e innovación	17%	I+D+i ambiental	95	90	80	75	70	90	80	82,9	30%	
		Uso de diseños o tecnologías sostenibles	100	100	100	90	95	100	100	97,9	36%	
		Innovación en recursos	100	100	100	80	90	100	90	94,3	34%	
		Peso global de la dimensión	295	290	280	245	255	290	270	275,0	100%	
2.1 Económica	17%	Indicadores de cumplimiento	100	100	95	95	90	90	90	94,3	33%	
		Patrones de consumo y producción	90	95	100	90	95	85	100	93,6	33%	
		La rehabilitación de los costos de los ecosistemas	90	95	100	100	90	90	95	94,3	33%	
		Peso global de la dimensión	280	290	295	285	275	265	285	282,1	100%	
2.2 Ambiental	22%	Lucha contra el cambio climático	95	100	100	90	85	90	100	94,29	26%	
		Gestión del agua	85	100	95	90	80	85	90	89,29	24%	
		Gestión de los Residuos	90	95	90	80	85	80	90	87,14	24%	
		Protección y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad	95	95	100	90	85	100	100	95,00	26%	
		Peso global de la dimensión	365	390	385	350	335	355	380	365,71	100%	
2.3 social	23%	Participación pública y vigilancia del proyecto	95	100	95	90	90	100	100	95,71	26%	
		riesgo ante desastre	90	100	90	100	90	95	90	93,57	25%	
		Seguridad y salud ciclo de vida	85	95	90	95	95	85	85	90,00	24%	
		Atracción de residentes	100	100	85	80	85	90	95	90,71	25%	
		Peso global de la dimensión	370	395	360	365	360	370	370	370,00	100%	
Σ	100%		1650	1725	1675	1575	1535	1665	1665	1641,43		

Fuente: Elaboración propia- Datos de los actores entrevistados.

Se identifica en la Tabla 27 que en la dimensión institucional se le atribuyeron cuatro (4) indicadores, en la dimensión de tecnología e innovación se asignaron tres (3) indicadores, en la económica tres (3) indicadores ,en la ambiental cuatro (4) indicadores y la social cuatro (4) indicadores instaurándose un total de dieciocho (18) indicadores macros del sistema.

Los indicadores seleccionados por la magnitud de la temática de la sostenibilidad y el contexto regional resultan ser indicadores compuestos⁴⁸. En términos técnicos, un indicador se define como una función de una o más variables⁴⁹, que conjuntamente miden una característica o atributo de los individuos en estudio. Para efectos del presente trabajo se denotará como indicador compuesto al que se construye como función de dos o más variables, en cuyo caso se están midiendo características multidimensionales. Entre las ventajas del uso de este, es poder integrar un amplio conjunto de puntos de vista o subsistemas de una unidad de análisis considerada, los indicadores compuestos permiten reducir la complejidad de la información que deviene de las múltiples perspectivas que, de otra forma, pudieran percibirse en mutuo conflicto. De igual forma integran y resumen diferentes dimensiones de un tema, por eso permiten disponer de una imagen de contexto y son fáciles de interpretar por su capacidad de síntesis al reducir el tamaño de la lista de indicadores a tratar en el análisis; por otro lado, atraen el interés público por su capacidad de facilitar una comparabilidad entre unidades de análisis y su evolución. Esto es particularmente importante puesto que facilita la evaluación de la eficacia de las políticas y la rendición de cuentas de los contratistas a los representantes del gobierno.

Las variables de medición categorizadas a los indicadores están dadas a las fases del ciclo de vida un proyecto de infraestructura y a la importancia en la medición de esta, rescatando algunas de la revisión bibliográfica a escala historia en la

⁴⁸ Indicador Compuesto. Un indicador compuesto es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base en un modelo conceptual subyacente. Puede ser de carácter cuantitativo o cualitativo según los requerimientos del analista.

⁴⁹ Las variables se dejan medir y los indicadores permiten establecer y señalar los rasgos de las dimensiones o variables a medir.

construcción sostenible y al uso de estas en empresas internacionales como es el caso de la empresa española FCC construcción que muestra un buen registro histórico en la medición de variables de sostenibilidad en obras civiles; de igual forma se destacan las variables asumidas en las diferentes metodologías de construcción sostenible en edificación que pueden aportar al tema, sin dejar de valorar también las variables globales asumidas en la sostenibilidad de las políticas internacionales.

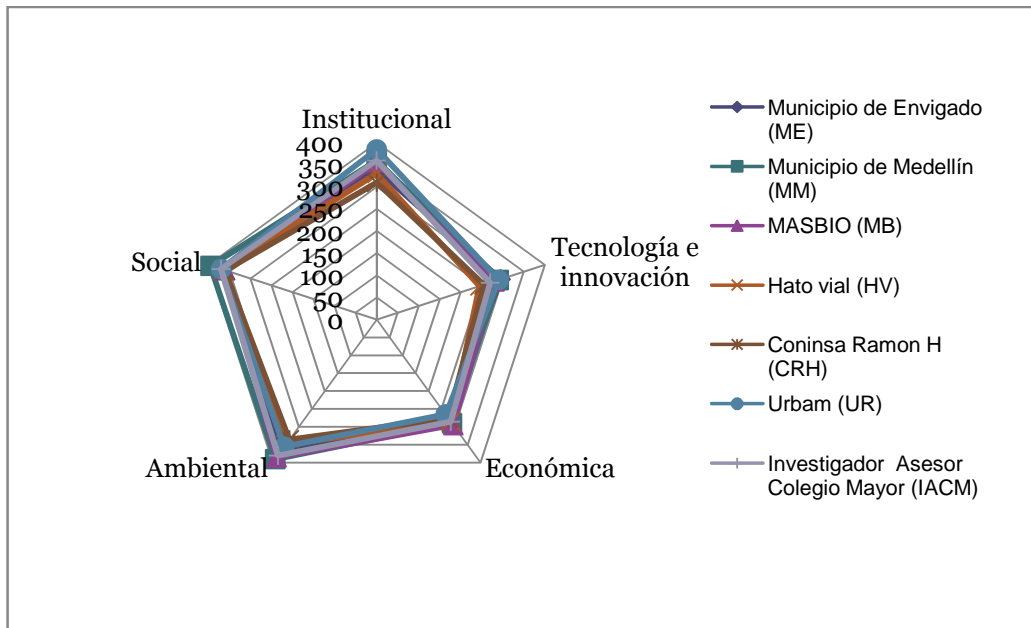
El sistema es una herramienta de evaluación comparativa, útil y que proporciona pistas a la industria local en el estado de resultados en su región, mientras que también proporciona datos absolutos para permitir comparaciones internacionales. Aunque la mayoría de los indicadores son directamente transferibles a otro lugar, debe tenerse en cuenta que según el contexto específico de Colombia algunos indicadores puede requerir la reformulación o nuevos indicadores pueden ser necesarias para tener en cuenta la especificidad del contexto local en el que se aplican. Sin embargo, debe haber un número limitado de indicadores comunes, que tienen medidas normalizadas y se puede comparar con objetivos, puntos de referencia o las otras normas, según proceda. Se rescata el sistema de indicadores seleccionados como de relevancia en las condiciones de desarrollo y evolución de las regiones de país.

Tabla 27. Indicadores y variables finales

Dimensiones	Macro indicadores	Variables
1.1 Institucional	Grado de Planeación del proyecto bajo los elementos de sostenibilidad	<i>Certificaciones de sostenibilidad</i>
		<i>Clausulas de Sostenibilidad</i>
	Indicadores globales de sostenibilidad	<i>Huella ecológica</i>
	Índice de pertenencia	<i>Expectativas de movilidad intergeneracional ascendente</i>
		<i>Estructuran social abierta e igualitaria</i>
Índice institucional	<i>Percepción de la corrupción</i> <i>cumplimiento de la ley laboral</i>	
1.2 Tecnología e innovación	Uso de diseños o tecnologías sostenibles	<i>Gasto o Costo Promedio por Metro Cuadrado</i>
		<i>Gasto o Costo por Empleado</i>
		<i>Innovación en servicio</i>
	Innovación en recursos	<i>Cumplimiento de las actividades de sostenible</i>
I+D+i ambiental	<i>Generación de I+D+i</i>	
2.1 Económica	Indicadores de cumplimiento	<i>Indicador de Eficiencia</i>
		<i>Gasto del proyecto en Medio ambiente</i>
	Patrones de consumo y producción	<i>Generación de empleo por Actividad</i>
		<i>Consumo de materiales</i>
La rehabilitación de los costos de los ecosistemas	<i>Recursos invertidos en mitigación de riesgos naturales</i>	
	<i>Programas prevención y mitigación</i>	
2.2 Ambiental	Gestión del agua	<i>Ahorro de agua debido a la conservación y a mejoras en la eficiencia</i>
		<i>Volumen de agua reciclada y reutilizada</i>
	Lucha contra el cambio climático	<i>Huella de Carbono</i>
		<i>Emisiones de sustancias destructoras de la capa ozono,</i>
		<i>Eficiencia energética</i>
	Protección y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad	<i>Energías renovables</i>
		<i>Reforestación</i>
		<i>Hábitats restaurados o protegidos</i>
	Gestión de los Residuos	<i>Áreas Protegidas</i>
		<i>Generación de residuos peligrosos</i>
<i>Generación de escombros</i>		
2.3 social	Participación pública y vigilancia del proyecto	<i>Reciclaje y reutilización de materiales</i>
		<i>Rendición de cuentas a la ciudadanía</i> <i>participación pública y vigilancia del proyecto</i>
	Seguridad y salud ciclo de vida	<i>Incidencia de accidentes de trabajo</i>
	Riesgo ante desastre	<i>Índice de Gestión de Riesgo</i>
Atracción de residentes	<i>Capacidad de atracción reciente</i>	

Fuente: Elaboración Propia – Datos de los actores entrevistados.

Figura 21. Radar final del peso de indicadores en los actores.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 21 enseña el tipo de tendencia de cada uno de los actores donde los pesos dados a los indicadores evidencian los intereses diferentes que repercuten a cada entidad u organización dependiendo de su actividad económica direccionada a la infraestructura; los pesos más altos fueron proporcionados a las dimensiones ambiental, social e institucional, explicado esto en un concepto general de la siguiente forma: el área ambiental es la más normalizada del sector y sobre la que repercuten la mayoría de temas de sostenibilidad, lo social ha sido trabajada desde el estado como un elemento fundamental para la transformación y empoderamiento de un proyecto y lo institucional es el apoyo directo para que las medidas de sostenibilidad sean asumidas y respaldadas por un estado con derecho.

En la calificación más baja pero dentro de la línea promedio se halla la economía y la tecnología e innovación, en la primera se destacó que este elemento es

evaluado en gran parte por otros sistemas desde su gestión financiera antes de iniciar y durante el proceso siendo menores las medidas que tiene que asumir el sistema en este tema y la tecnología e innovación esta dentro de un proceso de aprendizaje en cuanto a medidas de evaluación y comparación diagnosticándose un síntoma de dudas sobre el tema.

5.5 INSTRUCTIVOS PARA LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA

Posterior a la identificación de los indicadores finales entran a considerarse los instructivos de cada uno de los indicadores priorizados, donde se estandariza el código de identificación del indicador, el objetivo, la formula, los métodos de medición, las fuentes de la información y la periodicidad del indicador.

La identificación primaria de los indicadores que integran las dimensiones del sistema se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 28 1.1 Dimensión Institucional- Grupo de indicadores y variables.

Código	Indicador	Código	Variabes	Definición	Formula	Meta
1.1A	Grado de Planeación del proyecto bajo los elementos de sostenibilidad	1.1 AV1	<i>Certificaciones de sostenibilidad</i>	El indicador muestra la trayectoria en manejo de la sostenibilidad de la empresa contratista.	$%PC= PC/PT$	Superar el 50% de certificaciones en los últimos 10 años
		1.1AV2	<i>Clausulas de Sostenibilidad</i>	Inclusión de las clausulas de sostenibilidad relacionados con las especificaciones del proyecto.	$%CS=CT/CS$	Superar el 50% de clausulas firmadas
1.1B	Indicadores Globales	1.1BV1	<i>Huella ecológica</i>	Indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos.	$H= (Emisiones/ Cf)+SP$	Identificación de oportunidades para reducir la huella de carbono, según el estándar ISO 14040.
1.1C	Mecanismos de Institucionalidad	1.1CV1	<i>Percepción de la corrupción</i>	Es la percepción del grado de corrupción, de acuerdo con las evaluaciones. Los puntajes oscilan de 1 = altamente corrupto a 10 = altamente transparente.	$PC=P0/Pt*100$	Superar en un 50% el número de puntajes en el valor 10 que indiquen transparencia en el proceso.
1.1 D	Indicador de Pertenencia	1.1DV1	<i>Expectativas de movilidad intergeneracional ascendente</i>	Indicador que refleja la población que cree que sus hijos vivirán mejor que ellas por la implementación de la infraestructura, como porcentaje de la población del mismo grupo etario.	$Pij = (b-a)$	%Mayor al 50% de la población que se afecta directamente el proyecto
		1.1DV2	<i>Estructura</i>	Indicador que	$Es=Npai/$	El 100% de la

Código	Indicador	Código	Variabes	Definición	Formula	Meta
			<i>social abierta e igualitaria</i>	refleja la población que cree que la estructura social es abierta e igualitaria ante la infraestructura, como porcentaje de la población total del mismo grupo etario.	$Npt*100$	población

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. 1.2 Dimensión Tecnología e Innovación- Grupo de indicadores y variables.

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	Formula	Meta
1.2A	Uso de diseños o tecnologías sostenibles	1.2 AV1	<i>Gasto o Costo Promedio por Metro Cuadrado</i>	Indicador de eficiencia que muestra los gastos de sostenibilidad en los metros cuadros construidos en la obra	$GM2t = Gm2 = /M2t$	Si $GM2t > GM20$, la entidad incrementó sus costos o gastos por metro cuadrado de construcción, lo que refleja eficiencia en la administración de los recursos. 2. Si $GM2t < GM20$, la entidad obtuvo el costo mínimo promedio por metro cuadrado en construcción de obra civil, logrando ineficiencia en la administración de los recursos hacia la implementación de la sostenibilidad
		1.2 AV2	<i>Gasto o Costo por Empleado</i>	Indicador que identifica los recursos económicos invertidos en empleados especialista en el tema de sostenibilidad	$GP = GT/NE$	Si $GPt > GP0$, la entidad disminuyó su eficiencia en razón a que está gastando menos por empleado con referencia al periodo bajo comparación. 2. Si $GPt < GP0$ la entidad mejoró su eficiencia en razón a que aumento sus costos de personal con referencia al periodo bajo comparación.
1.2 B	Innovación en recursos	1.2B V1	<i>Innovación en servicio</i>	El indicador muestra los cambios innovadores que se realizan mediante la aplicación de nuevos	$\% I = \Sigma \text{positivas} * 100$	En la medición temporal lograr un % de

Código	Indicador	Código	Variabes	Definición	Formula	Meta
				conocimientos y tecnología que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología.		participación del 30% en el índice de tecnología e innovación
		1.2 BV2	<i>Cumplimiento de las actividades de sostenible.</i>	Indicador que muestra el cumplimiento de las actividades programadas para obtener el 100 % de eficacia en la implementación de una infraestructura sostenible	$CA_t = \frac{\text{Resultado Obtenido}}{\text{Resultado Planeado}} * 100$	<p>Sí 90% < CA_t = 100%, la entidad está cumpliendo sus metas en el desarrollo de actividades.</p> <p>2. Sí CA_t > CA₀, la entidad fue más eficaz en el desarrollo de actividades con referencia a un período base.</p> <p>3. Sí CA_t < CA₀, la entidad está perdiendo eficacia en el cumplimiento de sus metas por actividades.</p>
2.2C	I+D+i ambiental	2.2C V1	<i>Generación De I+D+i</i>	El indicador muestra Las actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). En la actualidad, una de las aplicaciones de mayor interés de la innovación tecnológica es su contribución al desarrollo sostenible, a través de lo que se ha venido denominando I+D+i ambiental.	$\text{Tasa I} = \frac{RE}{S} * 100$	Aumentar la tasa de inversión a diferentes áreas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30 2.1 Dimensión Económica- Grupo de Indicadores y variables

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	formula	Meta
2.1A	Indicador de cumplimiento	2.1AV1	<i>Indicador de Eficiencia</i>	Eficiencia en el manejo del presupuesto por año	$IE=EP/PD*100$	Ejecutar el 100% del presupuesto
		2.1AV2	<i>Gasto del proyecto en Medio ambiente.</i>	Determina el gasto del proyecto en Medio ambiente con relación al gasto corriente del proyecto. La proporción del gasto del proyecto que se destina asuntos relacionados con el medio ambiente es un buen indicador de la prioridad que se confiere a los aspectos ambientales y a los criterios de sostenibilidad.	$(GMA)/GT)*100$	Aumentar la inversión en relación a los criterios de sostenibilidad
2.1B	Patrones de Consumo y producción	2.1BV1	<i>Generación de empleo por actividad</i>	Este indicador permite obtener en porcentaje la mano de obra generada por la entidad que desarrolla el proyecto en un sector determinado frente a la mano de obra laboral activa del mismo (puede desagregarse por región, municipio, tipo de mano de obra, etc), bajo un periodo t1- t0	$IGE = PL * 100 / Ma$	Si el resultado del indicador es un porcentaje positivo representara que hubo un aumento en el impacto de generación de empleo por parte del proyecto, si es un porcentaje negativo representara una disminución en el impacto laboral. En la medida que el indicador se acerque a cero representara un menor impacto, mientras que si se acerca a 100 representara un mayor impacto laboral por parte del sector.
		2.1BV2	<i>Consumo</i>	Este indicador	$MtC=MD+MNR$	Logara el uso efectivo de

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	formula	Meta
			<i>de materiales</i>	describe la contribución de la empresa informante a la conservación de la base de recursos y sus esfuerzos para reducir la intensidad de uso de materiales e incrementar la eficiencia de la economía.		materiales por m2 disminuyendo el desperdicio en obra.
2.1 C	La rehabilitación de los costos de los ecosistemas	2.1CV1	<i>Recursos invertidos en mitigación de riesgos naturales</i>	Recursos invertidos en mitigación de riesgos naturales	$RMr = \Sigma RMz$	Lograr mitigar los riesgos previsto en un 100%
		2.1CV2	<i>Programas prevención y mitigación</i>	No. de Programas prevención y Mitigación con logro de metas optimas	$PPM = \Sigma \# Pt$	Desarrollar programas de prevención que disminuya los riesgo del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31 Dimensión Ambiental- Grupo de Indicadores y variables

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	Formula	Meta
2.2A	Gestión del agua	2.2A V1	Ahorro de agua debido a la conservación y a mejoras en la eficiencia.	El concepto de "eficiencia de la energía utilizada en el suministro de agua" (<i>watergy efficiency</i>) significa proporcionar al consumidor con efectividad de costos los servicios deseados relacionados con el agua, al mismo tiempo que se utiliza la menor cantidad posible de agua y energía	$BTAN(\$/\text{año})=AECA(\$/\text{año})-CACO(\$/\text{año})-CAOA(\$/\text{año})$	El propósito de crear un equipo para el uso eficiente del agua es administrar recursos y herramientas para maximizar la eficiencia. El resultado final es proporcionar los mismos beneficios, o incluso más, al usuario final del agua, al mismo tiempo que se reducen los costos de operación, el uso de energía, los desperdicios y el consumo per cápita de agua y energía
		2.2A V2	Volumen de agua reciclada y reutilizada.	Una mayor reutilización y reciclaje de agua puede traducirse en una reducción de los costes de consumo, tratamiento y vertido de agua. La reducción del consumo de agua mediante su reutilización y reciclaje también puede contribuir a la consecución de los objetivos locales, regionales o nacionales de gestión del suministro de agua	$ARr= AR+Ar$	El objetivo es lograr mantener un sistema de reutilización de agua eficiente y amigable con el medio ambiente que logre una sostenibilidad de mejorar económica, ambiental y social en el tiempo
2.2B	Lucha contra el cambio climático	2.2 B V1	Huella de Carbono	la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto por del proyecto	$\text{Cantidad} \times \text{factor de emisión} = \text{toneladas equivalentes de CO}_2$	Cumplir con los standar internacionales de emisiones de carbón, normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064-1, PAS 2050 o GHG Protocol

Código	Indicador	Código	Variab	Definición	Formu	Meta
		2.2 B V2	<i>Emisiones de sustancias destructoras de la capa ozono,</i>	La capa de ozono (O3) estratosférica filtra la mayor parte de las radiaciones ultravioletas dañinas procedentes del Sol (UV-B). El Protocolo de Montreal regula la desaparición progresiva de las sustancias destructoras de la capa de ozono (ozone depleting substances, ODS) a nivel internacional.	$Emisiones = Producción + Importaciones - Exportaciones de Sustancias$	Indicar su nivel de liderazgo tecnológico y su posición competitiva en los mercados de productos y servicios afectados por la normativa relativa a ODS.
		2.2 B V3	<i>Eficiencia energética</i>	La eficiencia energética se marca en las normas para la máxima eficacia e integración en infraestructura, edificios y en la industria, con una tecnología que consigue aumentar la fiabilidad y el funcionamiento Operativo proporcionando un efecto positivo sobre el medio ambiente.	$ETA = Et0 - Et1$	Optimizar energéticamente , consiguiendo la reducción de toneladas de CO2 y ahorros económicos en consumo energético.
		2.2 B V4	<i>Energías renovables</i>	Evalúa el uso de energías renovables como una estrategia energética sostenible. La utilización de recursos propios se considera uno de los principios básicos de la sostenibilidad, siempre y cuando se cumpla la premisa de aprovechar los recursos naturales de manera más eficiente.	$ER = EiAC - ENR$	Implementar el uso en la obra al menos un 10% de energía renovable del porcentaje total energético de la obra para el año en estudio .

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	Formula	Meta
2.2C	Protección y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad	2.2CV1	Reforestación	La tasa de reforestación es un indicador de resultado sobre los recursos forestales y resulta un elemento esencial en la evaluación y diagnóstico del comportamiento de otras variables ambientales (clima, suelos, hidrología, entre otras) y socioeconómicas (crecimiento demográfico, densidad de población, actividades económicas, entre otras) asociadas.	$Tn = (S2/S1)^{1/n} - 1$	Lograr recuperar la misma área deforestada o sumar puntos a un aumento de reforestación en áreas de compensación
		2.2 CV2	Hábitats restaurados o protegidos	Es una estrategia de biodiversidad comprende una combinación de elementos relacionados con la prevención, gestión y restauración de daños en los hábitats naturales, resultantes de las actividades de la Organización.	$Hrp = Hr + Hp$	Asegurar la integridad de los hábitats naturales puede ayudar a mejorar la imagen del proyecto, la estabilidad del entorno y los recursos naturales circundantes, así como su aceptación por las comunidades circundantes.
		2.2 CV3	Áreas Protegidas	Territorio bajo áreas protegidas Incrementar significativamente e la superficie del territorio regional bajo áreas de protección, considerando en su definición zonas de transición y corredores biológicos.	$Apt = Ap + Anp$	gestionar dichos impactos de forma adecuada evitando un daño para la reputación, y retrasos en la obtención de permisos o la pérdida de la licencia ambiental o de construcción.

Código	Indicador	Código	Variables	Definición	Formula	Meta
2.2D	La gestión de residuos sólidos de materiales de construcción	2.2DV1	Generación de residuos peligrosos	La gestión de residuos peligrosos es un área clave de preocupación para muchos grupos de interés. El transporte inadecuado de residuos peligrosos, especialmente a países que carecen de normativa nacional y de infraestructuras para tratarlos, puede suponer un peligro tanto para la salud humana como para el medio ambiente	$RPT = RPt + RPi + RPe + RPtt$	Logara tener una medición de la generación de residuo peligroso para disminuir el uso de estos y mejorar el sistema de disposición en zonas autorizadas
		2.2DV2	Generación de escombros	Cantidad de escombros generadas en obra por espacio y zona de obra construida	$IGE = (RCD + RCDI) / A$	Cuantificar la generación de escombros por área con el objeto de optimizar mejor el manejo de los materiales y aumentar la eficiencia de estos.
		2.2DV3	Reciclaje y reutilización de materiales	La construcción implica la generación de importantes cantidades de residuos sólidos y de demolición RCD, los cuáles, debido a la falta de planificación para una adecuada gestión final de los mismos, se han ido depositando en vertederos, en muchas ocasiones, de forma incontrolada, el indicador muestra la capacidad de reciclaje del proyecto	$R = RCD + RCDI$	Medir la cantidad de materiales recuperados con el objetivo de logara una construcción más limpia y sostenible

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. 2.3 Dimensión social - Grupo de indicadores y variables

Código	Indicador	Código	Variabes	Definición	Formula	Meta
2.3A	participación pública y vigilancia del proyecto	2.3 AV1	<i>Rendición de cuentas a la ciudadanía.</i>	La rendición de cuentas a la ciudadanía es el deber que tienen las autoridades de la Administración Pública de responder públicamente, ante las exigencias que realice la ciudadanía, por los recursos, las decisiones y la gestión realizada en ejercicio del poder que les ha sido delegado	$RC = \frac{\sum RC}{7} * 100$	Lograr cumplir con el rendimiento de cuentas del proyecto a la comunidad en un 100 %
		2.3AV2	<i>Participación pública y vigilancia del proyecto</i>	El indicador mide el derecho de grupos y personas a incidir en el espacio público tanto estatal como no-estatal y es un ingrediente fundamental para la innovación y el fortalecimiento democrático y la construcción de gobernanza	$PP = \frac{As}{Pt} * 100$	Logara la participación de las asociaciones conformadas en un 100% en la vigilancia y aportes al proyecto.
2.3 B	Seguridad y salud en el ciclo de vida	2.3B V1	<i>Incidencia de accidentes de trabajo</i>	El indicador muestra el índice de accidentes en obra por cada 100 trabajadores , indicador estratégico que muestra resultados de efectividad de los programas de prevención de accidentalidad en obra .	$lac = \frac{a}{b} * 100$	Cero accidentes en obra
2.3 C	Riesgo ante desastre	2.3C V1	<i>Índice de Gestión de Riesgo</i>	La principal acción de gestión de riesgos es la reducción del riesgo, . En general, corresponde a la ejecución de medidas estructurales y no estructurales de prevención/mitigación. Es la acción de anticiparse con el fin de evitar o disminuir el impacto económico, social y ambiental de Los fenómenos peligrosos potenciales.	$IGR = IGRIR + IGRRR + IGRMD + IGRPF / 4$	Estructurara un buen sistema de prevención del riesgo.

Código	Indicador	Código	Variabes	Definición	Formula	Meta
2.3 D	Atracción de residentes	2.3D V1	<i>Capacidad de atracción reciente</i>	El movimiento de la población de un lugar a otro está determinado por diversos factores que incluyen desde los gustos y afinidades personales hasta las necesidades y urgencias Económicas. Sin embargo, este desplazamiento obedece, generalmente, al interés por alcanzar un mejor nivel de bienestar al movilizarse, usar o residir cerca el proyecto.	$\frac{CCA}{PobTP} \times 100$	Atraer más población a la zona del proyecto por diferentes razones económicas, sociales, o ambientales, esto habla bien de la calidad del proyecto y del aumento de la calidad de vida de los pobladores.

Fuente: Elaboración propia.

5.6 FICHAS PARA LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN INFRAESTRUCTURA

La Hoja Metodológica o ficha técnica de cada indicador constituye la herramienta necesaria para la construcción de un sistema de indicadores. Una vez que está finalizada, es como el plano del proyecto que se quiere construir. Tiene por tanto todas las especificaciones técnicas que son necesarias para la correcta construcción, actualización e interpretación del indicador, aún y cuando su autor o técnico encargado no esté o haya cambiado de trabajo.

Los campos de la hoja metodológica estandarizada que se presenta, constituyen una propuesta completamente genérica, y debe ser adaptada para que sirva a los propósitos de cada equipo de trabajo, especificidad temática, territorial o institucional que corresponda en cada caso.

1.1 INDICADOR INSTITUCIONAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Clausulas de Sostenibilidad		El indicador mide la transparencia de la entidad contratante con relación a temas específicos de la sostenibilidad que demuestre su acción hacia el cumplimiento de metas de sostenibilidad nacionales e internacionales.					1.1 AV2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
$\%CS=CT/CS*100$	%	x			Mayor al 50% del proyecto				
Variables del indicador									
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información					
Porcentaje de Clausulas firmadas en el contrato inicial por el contratista relacionadas con la sostenibilidad del proyecto		%		Licitación del proyecto y contrato final firmado					
CT= Clausulas firmadas en el contrato inicial por el contratista		und							
CS== Clausulas de sostenibilidad firmadas en el contrato inicial por el contratista.		und							
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual		Otra	x
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					

2.2 INDICADOR INSTITUCIONAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Huella ecológica		El objetivo del indicador es calcular la huella ecológica, consiste en evaluar el impacto sobre el planeta del proyecto y, compararlo con la biocapacidad del planeta.					1.1BV1		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
H= (Emisiones/ Cf)+SP	Ha/año				Tendencia menor a 2 hectáreas globales por persona según escala global para América latina y el Caribe				
Variables del indicador									
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información			
H= huella ecológica				Ha/año		identificación de oportunidades para reducir la huella de carbono, según el estándar ISO 14040.			
Cf= C fijación				Ton CO2/Ha/año					
E= Emisiones Emisiones kgCO2= Consumo (un) *Factor Emisión(KgCO2/un)				tonCO2					
SP= Superficie del proyecto				Ha/año					
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
impacto									
Observaciones: escala de medición de la huella ecológica según Living planet report 2006 of Global Footprint network and living conservation.									

1.1 INDICADOR INSTITUCIONAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Percepción de la corrupción		El indicador mide la percepción de la corrupción que puede afectar las transparencias de los procesos inherentes al proyecto.					1.1CV1		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
$\%PC=P0/Pt*100$	%		X						
Variables del indicador									
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información				
<p>para el cálculo del índice de percepción de la corrupción contienen evaluaciones con respecto a: i) la magnitud del abuso de poder público para el beneficio privado, y ii) la solidez de las medidas anticorrupción vigentes en el país.</p> <p>El procedimiento empleado procede a estandarizar las medidas de cada estudio en una escala de 0 a 10.</p> <p>El valor del índice de percepción de la corrupción corresponde al promedio simple de los puntajes estandarizados obtenidos de la. Los puntajes oscilan entre 0 = altamente corrupto y 10 = altamente transparente.</p>					Estimaciones sobre la base de las encuestas de opinión realizadas por la empresa a los contratista, la población directa del proyecto.				
Pc = percepción de la corrupción, porcentaje producto del cociente de la sumatoria de repuestas que oscila 0 dividida la suma total de respuesta.			%						
P0= suma de respuesta con puntaje 0			und						
Pt= suma total de respuestas			und						
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual		Otra	X
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					
Observación:									

1.1 INDICADOR INSTITUCIONAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo				Numero			
cumplimiento de la ley laboral		El indicador mide percepción ciudadana del cumplimiento de la ley laboral.				1.1CV2			
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
Σ puntajes con valor 10	Promedio simple en una escala de 1 a 10.	x			Cumplimiento optimo de la ley laboral.				
Variables del indicador									
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información					
<p>El cálculo de este indicador se basa en la construcción de una escala de cálculo Para estimar los valores aplica el siguiente procedimiento:</p> <p>1. Sumatoria de las respuestas de los encuestados a preguntas sobre el cumplimiento de la ley laboral en cuanto a: i) pago del salario mínimo; ii) firma de contratos de trabajo; iii) normas de despido, y iv) jornada laboral. Cada pregunta se evalúa en una escala de 1 = no cumplimiento a 10 = total cumplimiento.</p> <p>2. Determinación de los puntajes individuales definitivos, para lo cual se dividen los puntajes individuales derivados de la sumatoria por el número de categorías o preguntas (en este caso, cuatro).</p> <p>3. Obtención de los promedios por zonas de trabajo. Para cada zona de trabajo se suman los puntajes individuales y el resultado se divide por el número total de observaciones (tamaño de la muestra del país).</p>		Promedio simple en una escala de 1 a 10.		Estimaciones sobre la base de las encuestas de opinión realizadas por la empresa a los contratista, la población directa del proyecto					
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual		Otra	x
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					
Observación:									

1.1 INDICADOR INSTITUCIONAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Expectativas de movilidad intergeneracional ascendente		El indicador mide las expectativas a futuro con relación al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores cercanos al proyecto.				1.1DV1	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
$P_{ij} = (b-a)$	%	x			%Mayor al 50% de la población que se afecta directamente el proyecto		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
<p>*Cociente entre el número de personas de 18 años o más que cree que de cálculo sus hijos vivirán mejor que ellas y la población total del mismo grupo etario, multiplicado por 100. El número de personas que cree que sus hijos vivirán mejor que ellas se estima de la siguiente manera:</p> <p>1. Resta de los puntajes que obtienen los individuos en sus respuestas a las siguientes preguntas:</p> <p>i) evaluación del nivel de pobreza-riqueza personal en la actualidad en una escala de 1 = extremadamente pobre a 10 = extremadamente rico, y</p> <p>ii) evaluación del nivel de pobreza-riqueza que las personas creen que tendrán sus hijos, en una en una escala de 1= extremadamente pobre a 10 = extremadamente rico.</p> <p>Para el individuo ij, el puntaje P será igual a $P_{ij} = (b-a)$</p> <p>2. Recodificación de los resultados de la resta: las personas que obtienen puntajes iguales o superiores a 1 son clasificadas en el grupo que cree que sus hijos vivirán mejor que ellos, en tanto que las que obtienen puntajes iguales o inferiores a 0 son clasificados en el grupo restante</p>				Estimaciones sobre la base de las encuestas de opinión realizadas por la empresa.			
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	
						Otra	x
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
*Observación: metodología propuesta por Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).							

1.1 INDICADOR INSTITUCIONAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Estructura social abierta e igualitaria		El indicador mide la percepción de la población con relación a la estructura del proyecto donde esta sea incluyente y estimule la equidad social de los pobladores cercanos al proyecto.					1.1DV2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
Tasa $Es=Npai/Npt*100$	%				El 100% de la población				
Variables del indicador									
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información					
ES= Porcentaje de ciudadanos que cree que la estructura social es abierta e igualitaria.		%		Estimaciones sobre la base de las encuestas de opinión realizadas por la empresa.					
Npai= Cociente entre el número de personas de 18 años y más que cree que la estructura social es abierta e igualitaria.		und							
Npt= la población total del mismo grupo etario		Und							
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual		Otra	x
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					
Observación:									

1.2 INDICADOR DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre			Objetivo				Numero		
Gasto o Costo Promedio por Metro Cuadrado			Evaluar el comportamiento de los gastos o costos incurridos en la realización de obras civiles con énfasis en tecnología sostenible (que permitan este tipo de unidad de medición) a fin de verificar el cumplimiento del principio de eficiencia.				1.2 AV1		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor Esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
GM2t=Gm2/M2t	\$ por m2		x						
Variables del indicador									
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información				
GM2t = Gasto o costo promedio por metro cuadrado con tecnología sostenible construido en el periodo de estudio.			\$ por m2		Estados financieros y cantidades de obra construidas medidas en obra.				
Gm2=Gasto o Costo Total de metro cuadro sostenible			\$						
M2t=Cantidad de Metros cuadrados Construidos totales			M2						
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral	x	Semestral		Anual		Otra	x
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					

1.2 INDICADOR DE TECNOLOGIA E INNOVACIÓN									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre			Objetivo				Numero		
Gasto o Costo por Empleado			Evaluar el comportamiento de los gastos o costos incurridos por concepto de los pagos de personal específico en el tema de sostenibilidad al fin de verificar el cumplimiento del principio de eficiencia en el tema.				1.2 AV2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor Esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
GP =GT/NE	\$ per cápita	x			Porcentaje proporcional a las ganancias obtenidas por utilizar nuevas tecnologías				
Variables del indicador									
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información				
GT=Gasto Total			\$		Información del área de contabilidad y recursos humanos.				
NE= No. de Empleados			Und						
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral	x	Semestral		Anual		Otra	x
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					

1.2 INDICADOR DE TECNOLOGIA E INNOVACIÓN								
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR								
Nombre		Objetivo				Numero		
Innovación en servicio		El indicador mide la innovación desde la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados.				1.2 BV1		
FORMA DE CÁLCULO								
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor Esperado			
		Creciente	Decreciente	Estático				
$\% I = \Sigma \text{positivas} * 100$	%	x			% Estar en el promedio \geq del ranking mundial de innovación			
Variables del indicador								
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información				
Capacidades de innovación		%		Encuesta realizada siguiendo las directrices metodológicas definidas en el Manual de Oslo de la OCDE				
Gastos dedicados a las actividades de innovación		%						
Innovación organizativa		%						
TIC		%						
Vínculos		%						
Actividades innovadoras		%						
Perspectivas de futuro		%						
I= Sumatoria de preguntas positivas por 100		%						
Periodicidad de la medición del indicador								
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	Otra	x
Tipo de indicador								
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación				
Observaciones: se recomienda leer la página WWW.OECD.org								

1.2 INDICADOR DE TECNOLOGIA E INNOVACIÓN							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Cumplimiento de las actividades de sostenible		Evaluar la eficacia de la entidad en el cumplimiento de sus metas propuestas en el desarrollo de actividades que cumplan metas de una infraestructura sostenible.				1.2 BV2	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor Esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
CA _t = Resultado Obtenido/ Resultado Planeado * 100	%	x			El 100% de las actividades cumplidas		
Variables del indicador							
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información	
CA _t = Cumplimiento en actividades desarrolladas para el período t				%		Reportes de actividades planeadas hacia la infraestructura sostenible	
Resultado Obtenido				und			
Resultado Planeado				und			
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral	x	Semestral	x	Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			

1.2 INDICADOR DE TECNOLOGIA E INNOVACIÓN							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Generación De I+D+I		El indicador tienen como objetivo medir la generación de productos, servicios o procesos productivos que incorporen valor y nuevas ventajas para la sociedad, es decir que tienen como objetivo final la innovación.				2.2CV1	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor Esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
$Tasa I = RE/S * 100$	Tasa%	x			Qu el % de \$ \geq al % m2 que se aplica el I+D+I		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
Recursos económicos destinados		\$		Informes económicos y de gestión sobre el tema de I+D+I			
Superficie objeto de estudio afectada		M2					
Tasa I= cociente de Recursos económicos destinados Dividido la Superficie objeto de estudio afectada		%					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	
						Otra	x
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			

2.1 INDICADOR DE ECONOMIA							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Indicador de Eficiencia		Este indicador miden el nivel de ejecución del proceso, se concentran en el cómo se hicieron las cosas y miden el rendimiento de los recursos utilizados para un proceso económicamente sostenible.				2.1 AV1	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
IE=EP/PD*100	%		X		El 100% de eficiencia en la ejecución del proceso constructivo analizado.		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
IE= % Ejecución Presupuestal Total / Presupuesto Definitivo		%		Los estados financieros ,las proyecciones económicas y los presupuestos			
EP= ejecución presupuestal de la obra.		\$					
PD= presupuesto definitivo destinado a la obra.		\$					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral	x	Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			

2.1 INDICADOR DE ECONOMIA							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Generación de empleo por actividad		El indicador busca no sólo medir la creación de puestos de trabajo, sino también, "la calidad" y sostenibilidad en el tiempo de los nuevos empleos.				2.1BV2	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
IGE = PL* 100 / Ma	%				El 100% del impacto laboral		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
PL = PLt1 – PLt0		und		Informes de recurso humanos de contratación y datos estadísticos de la zona del proyecto de la población activa del sector			
IGE : Representa el impacto laboral de la entidad generadora del proyecto en determinado sector en un periodo (t1 - t0),		%					
PL : Son las plazas laborales, generadas por las entidades ejecutoras del proyecto en determinado sector		und					
Ma : Es la mano de obra económicamente activa del sector, que podrá desagregarse en mano de obra calificada (MOC), mano de obra no calificada (MONC), formal, informal, nacional, extranjera, etc, en un periodo		und					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	x	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
<p>Observaciones: Como su medición se realiza a través del tiempo t0 y t1 se definen de la siguiente manera:</p> <p>t0: Representa el periodo inicial de la observación de las variables del indicador.</p> <p>t1: Representa el momento final de la observación de las variables del indicador.</p> <p>Para medir la calidad del empleo generado se consideran los salarios nominales pagados, en el entendido de que los mayores niveles de calificación y formalización están generalmente asociados a niveles salariales más elevados.</p>							

2.1 INDICADOR DE ECONOMIA							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Consumo de materiales		El indicador tiene como objetivo conocer con detalle su consumo interno, ya sea por producto o por categoría de productos, facilita la monitorización de la eficiencia en el uso de materiales y del coste de los flujos de materiales.				2.1BV2	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
MtC=MD+MNR	Volumen ó peso		x		Reducción del consumo de materiales por m2 esperado según mediciones de construcción sostenible estandar		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
Mtc= Indique la cantidad total de materiales consumidos, incluyendo los adquiridos a proveedores externos y los obtenidos de fuentes internas (producción cautiva y actividades extractivas).		Volumen ó peso		Las posibles fuentes de información son los sistemas de facturación y contabilidad, así como el departamento de gestión de compras o suministros			
MD=Materiales presentes en los productos finales.		Volumen ó peso					
MNR= Recursos que no se renuevan en un corto plazo de tiempo, tales como minerales, metales, petróleo, gas, carbón, etc.		Volumen ó peso					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	x	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
Observaciones: Recomendación del Consejo de la OCDE sobre Flujos de Materiales y Productividad de los Recursos, 2004.							

2.1 INDICADOR DE ECONOMIA						
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR						
Nombre		Objetivo			Numero	
Recursos invertidos en mitigación de riesgos naturales		El indicador es medir el uso efectivo de los recursos en la mitigación del riesgo.			2.1CV1	
FORMA DE CÁLCULO						
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado	
		Crecente	Decreciente	Estático		
RMr= Σ RMz	\$	x			100% del recurso invertido mitigue el 100 % de los riesgos	
Variables del indicador						
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información		
Rmr=Recursos invertidos en mitigación de riesgos naturales.		\$		Estados financieros del rubro s ambientales.		
Rmrz= recurso invertidos en mitigación de riesgo en zonas Z0, Z1, Z2 et.c.		\$				
Periodicidad de la medición del indicador						
Mensual	x	Trimestral		Semestral		Anual
						Otra
Tipo de indicador						
Ámbito de medición			Dimensión de evaluación			

2.1 INDICADOR DE ECONOMIA							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Programas prevención y mitigación		El objetivo del indicador es medir la coordinación de esfuerzos de modo que los recursos financieros, materiales y humanos se usen de manera óptima, en los programas de prevención y mitigación logrando su sostenibilidad.				2.1CV2	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
PPM=Σ # Pt	und	x			No programas logre el beneficio del 100 % de la población cercana		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
PPM= la sumatoria de programas finalizados con logro de objetivos óptimos		Und		Informes del área de seguridad industrial ocupacional			
Pt= programas totales terminales con calificación optima		und					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral	x	Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			

2.2 INDICADOR AMBIENTAL								
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR								
Nombre			Objetivo				Numero	
Ahorro de agua debido a la conservación y a mejoras en la eficiencia			Indicador de operación o desempeño que mide el ahorro y el uso eficiente del agua en las diferentes operaciones y procesos del proyecto.				2.2 AV1	
FORMA DE CÁLCULO								
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado			
		Creciente	Decreciente	Estático				
BTAN(\$/año)=AECA(\$/año)-CACO(\$/año)-CAOA(\$/año)	(\$/año)	X			Beneficio económico con un % del 50% de recuperación en un año			
Variables del indicador								
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información			
BTAN= beneficio total anual neto y equivale al beneficio económico neto que resultaría si se implementa medidas de ahorro.			(\$/año)		La información sobre la captación total de agua por la organización puede ser obtenida de las lecturas de contadores, cálculos derivados de otros datos sobre agua disponibles o estimaciones de la propia organización (caso de no existir contadores de agua, ni facturas, ni otros datos de referencia).			
AECA= son los ahorros esperado en costos anuales relativos a la operación actual en (\$/año)(disminución de pagos por abastecimiento de agua etc)			(\$/año)					
CACO= son los costos anuales de operación anual, sobre la operación actual en (\$/año) corresponden a los extras que resultaría para mano de obra mantenimiento, energía , materiales y disposición de residuos si se utiliza tal medida			(\$/año)					
Periodicidad de la medición del indicador								
Mensual	X	Trimestral		Semestral		Anual		Otra
Tipo de indicador								
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación				
Observaciones: para desarrollar estrategias de ahorro y uso eficiente del agua se recomienda basarse en la estrategia de PML, las cual se lleva por fases.								

2.2 INDICADOR AMBIENTAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Volumen de agua reciclada y reutilizada		Al saber el grado de reutilización y reciclaje de agua puede servir como medida de la eficiencia y demostrar el éxito de la organización a la hora de reducir sus captaciones y vertidos totales de agua.				2.2A V2	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
ARr= AR+Ar	(m3/año)	x			Recuperar el 60% del agua utilizada.		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
ARr=volumen de agua reciclada/reutilizada sobre la base de la cantidad de la demanda de agua satisfecha con agua reciclada/ reutilizada, evitando su captación de otras fuentes		(m3/año)		La información puede obtenerse de las lecturas de contadores o facturas de agua, o a partir de cálculos basados en una auditoría o inventario de agua, o del proveedor de agua (caso de no existir contadores ni facturas de agua).			
*AR= el agua tratada antes de su reutilización como el agua no tratada		(m3/año)					
*Ant= el agua tratada antes de ser reciclada como el agua no tratada		(m3/año)					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	X	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
*Observaciones: Aquí se incluyen las "aguas grises" (es decir, aguas pluviales recogidas y aguas residuales generadas por procesos domésticos como lavado de vajillas o ropa y agua de baño).							

2.2 INDICADOR AMBIENTAL								
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR								
Nombre		Objetivo					Numero	
Huella de Carbono		La Huella de Carbono busca calcular la cantidad de GEI que son emitidos directa o indirectamente a la atmósfera cada vez que se realiza una acción determinada y que las empresas puedan reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado de las emisiones durante los procesos productivos.					2.2 B V1	
FORMA DE CÁLCULO								
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado			
		Creciente	Decreciente	Estático				
Cantidad x factor de emisión = toneladas equivalentes de CO ₂	(tCO ₂ e),		x		Tendencia menor a standares de emisión para sector en la construcción			
Variables del indicador								
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información				
Cantidad: es el parámetro que define el grado de actividad y que se encuentra referido al factor de emisión. P. ej cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (Nm ³ de gas)				Los factores de emisión permiten estimar las emisiones de GEI a partir de datos de las actividades. Las fuentes de información más utilizadas son IPCC http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html , GHG www.ghgprotocol.org y Ecoinvent (http://www.ecoinvent.org/home).				
Factor de emisión supone la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad del parámetro "dato de actividad". Estos factores varían en función de la actividad que se trate. P.e. 2,16 Kg CO ₂ eq / Nm ³ . Cuando existen dos datos para un factor de emisión, siempre hay que utilizar el más conservador (el más alto)								
Periodicidad de la medición del indicador								
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra
Tipo de indicador								
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación				
Flujo y presión								
Observaciones: en el ámbito Internacional en el sector de la construcción- Guía de huella de carbono desarrollada por la asociación http://www.encord.org/wp-content/uploads/2010/05/ENCORD_Construction-CO2-Measurement-Protocol.pdf								

2.2 INDICADOR AMBIENTAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre			Objetivo				Numero		
Emisiones de sustancias destructoras de la capa ozono,			Medir las emisiones de ODS permitiendo evaluar en qué medida el proyecto incumple con la normativa presente y futura, y cuáles son sus riesgos probables en este ámbito				2.2 B V2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula		Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado			
			Creciente	Decreciente	Estático				
Emisiones = Producción + Importaciones – Exportaciones de Sustancias		*toneladas métricas y en toneladas de CFC-11 equivalente.		x					
Variables del indicador									
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información			
Producción = Sustancias Producidas – Sustancias Destruídas mediante Tecnología – Sustancias empleadas en su totalidad como elementos para la fabricación de otros compuestos químicos				toneladas métricas y en toneladas de CFC-11 equivalente.		La información puede derivarse de las mediciones y contabilidad internas.			
Importaciones= sustancias compradas y usadas en el proyecto. Exportaciones = Sustancias producidas en el proyecto y usadas en sitios diferentes al área del proyecto.				toneladas métricas y en toneladas de CFC-11 equivalente.					
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral			Semestral		Anual	x	Otra
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
Flujo y presión									
<p>Observaciones Se incluyen las emisiones de las sustancias mencionadas en los Anexos A, B, C, y E del Protocolo de Montreal sobre sustancias que destruyen la capa de ozono.</p> <p>*El CFC-11 es una unidad de medida para comparar diversas sustancias basándose en su potencial de destrucción de ozono. El nivel de referencia 1 es el potencial de destrucción de la capa de ozono del CFC-11 y el CFC-12.</p>									

2.2 INDICADOR AMBIENTAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Eficiencia energética		El objetivo del índice es optimizar el funcionamiento y el ciclo de vida de las infraestructuras y alcanzar el máximo ahorro de energía, la operatividad y el mantenimiento, sin comprometer la producción, y la comodidad.				2.2 B V3	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
ETA= Et0-Et1							
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
ETA= cantidad total de energía ahorrada por las iniciativas de reducción del consumo de energía y aumento de la eficiencia energética.		Julios		La información puede provenir de mediciones internas del consumo de energía y de información proporcionada por el proveedor (p. ej. especificaciones energéticas de nueva maquinaria, bombillas, etc.)			
Et0= Consumo de energía en un tiempo inicial		Julios					
Et1= Consumo de energía en un tiempo final		Julios					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	x	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
Observaciones: .No se debe incluir en este indicador la minoración del consumo de energía resultante de una reducción de la capacidad productiva o de la externalización de de actividades.							

2.2 INDICADOR AMBIENTAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo				Numero			
Energías renovables		Este Indicador Evalúa el uso de energías renovables como una estrategia energética sostenible.				2.2 B V4			
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
ER= EiAC-ENR	Julios	x							
Variables del indicador									
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información					
ER= Energía intermedia adquirida y consumida procedente de fuentes renovables.		Julios		Los proveedores de energía y de servicios relacionados son la fuente de información más importante para este indicador. Se puede obtener también información adicional a partir de facturas, registros de medición (o cálculo) de calor/combustible, estimaciones, cálculos por defecto, etc					
EiAC= Indique la cantidad de energía intermedia adquirida y consumida procedente de fuentes externas al proyecto.		Julios							
ENR= Energía intermedia adquirida y consumida procedente de fuentes no renovables,		Julios							
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación					
Flujo y presión									
Observaciones									

2.2 INDICADOR AMBIENTAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo						Numero	
Reforestación		El indicador mide la dinámica del cambio de la cobertura vegetal del proyecto.						2.2CV1	
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
$T_n = (S_2/S_1)^{1/n} - 1$	%hectáreas/año		x		El 100% de lo deforestado.				
Variables del indicador									
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información			
Tn: tasa de cambio (para expresar en %, hay que multiplicar por 100),				%		Cartografía de uso del suelo y vegetación y datos de resultados de hectáreas reforestadas			
S1 = superficie deforestada en la fecha 1,				Hectáreas					
S2= superficie reforestada en la fecha 2,				Hectáreas					
n = número de años entre las dos fechas				año					
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
Observaciones: Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año.									

2.2 INDICADOR AMBIENTAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre			Objetivo				Numero		
Hábitats restaurados o protegidos			Este indicador mide la implementación de una estrategia específica para la prevención o restauración de los impactos negativos causados por las actividades del proyecto.				2.2 CV2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula		Unidad de medida		Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
Hrp= Hr+Hp		Hectáreas		Creciente	Decreciente	Estático			
Variables del indicador									
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información			
Hrp= a áreas cuya restauración ha sido completada o que son protegidas de forma activa				Hectáreas		La información sobre áreas protegidas puede encontrarse en la documentación del Sistema de Gestión Medioambiental, planes de instalaciones, evaluaciones de impacto ambiental y social o en la licencia ambiental. La información sobre los requisitos para la restauración de terrenos puede encontrarse en los contratos de cesión, arrendamiento o compra de los terrenos, o en las evaluaciones de impacto ambiental y social, y en registros de riesgos.			
Hr= Áreas que han sido utilizadas o se han visto afectadas por las operaciones, y en las cuales las medidas de restauración han devuelto el medio ambiente a su estado original o al menos a un estado en el que es un ecosistema sano y funcional				Hectáreas					
Hp= Áreas que están protegidas frente a cualquier daño durante las operaciones y en las que el medio ambiente se mantiene en su estado original, con un ecosistema sano y funcional.				Hectáreas					
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
Observaciones: Evaluar el estado del área a partir de su estado al final del período objeto de informe.									

2.2 INDICADOR AMBIENTAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Áreas Protegidas		Monitorizar las actividades que tienen lugar en áreas protegidas o no protegidas de gran valor para la biodiversidad permitiendo reducir el riesgo de causar impactos. También permite que se gestione correctamente sus impactos sobre la biodiversidad o evite una mala gestión de los mismos.				2.2C V3	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
Apt=Ap+Anp	Km2			x			
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
Apt= áreas protegidas y áreas no protegidas de gran valor para la biodiversidad.		Km2		Las fuentes de información para estos datos incluyen los contratos de venta y arrendamiento, o el catastro nacional/regional. A nivel nacional los organismos públicos responsables de la protección y conservación del medio ambiente pueden proporcionar información sobre áreas protegidas a nivel nacional e internacional y áreas no protegidas de gran valor para la biodiversidad. Asimismo, las Estrategias y Planes de Acción Nacionales para la Biodiversidad suelen incluir registros de áreas protegidas y áreas no protegidas de gran valor para la biodiversidad			
Ap= áreas protegidas.		Km2					
Anp= áreas no protegidas.		Km2					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	X	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
*Observaciones: datos importantes al indicador Ubicación geográfica, Ubicación del proyecto respecto al área protegida, Tipo de operación, Valor para la biodiversidad y Superficie del centro operativo del proyecto en km2.							

2.2 INDICADOR AMBIENTAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Generación de residuos peligrosos		El indicador mide el consumo de residuos peligrosos en el proyecto y el optimo transporte de ellos a sitios normalizados.				2.2DV1	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
$RPT=RPt+RPi+RPe+RPtt$	Kilogramos		X		Reducir el 30% del consumo de residuos peligroso, esperando su disminución gradual en el tiempo		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
RPT=Peso total de los residuos peligrosos por destino		kg		Entre las fuentes potenciales de información se incluyen los datos de facturación de contratistas de servicios logísticos o de gestión de residuos, los sistemas contables y el departamento de gestión de compras o suministros. La documentación específica que debe acompañar a los envíos de residuos peligrosos, lo que proporcionaría todos los datos relevantes para este indicador.			
RPt= Peso total de los residuos peligrosos transportados por destino = Peso de los residuos peligrosos transportados hasta la organización informante, por destinos, desde fuentes/proveedores externos que no son propiedad de la empresa. + Peso de los residuos peligrosos transportados desde la organización informante, por destinos, hasta fuentes/proveedores externos que no son propiedad de la empresa. + Peso de los residuos peligrosos transportados nacional y/o internacionalmente, por destino entre, ubicaciones propias, alquiladas o gestionadas por la empresa .		kg					
RPI=Peso total de los residuos peligrosos importados,		kg					
RPe=Peso total de los residuos peligrosos exportados		kg					
RP tt=Peso total de los residuos peligrosos tratados		kg					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral		Semestral	X	Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
Observaciones:							

2.2 INDICADOR AMBIENTAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre			Objetivo				Numero		
Generación de escombros			Indicar para cada categoría de residuos un índice de generación en función del peso o volumen.				2.2DV2		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
IGE= (RCD+RCDI)/A	Kg/ m2				Que el índice de generación sea menor al 10 % de los materiales consumidos en obra				
Variables del indicador									
Nombre					Unidad de medida		Fuente de información		
IEG escombros generado producto de la suma de los materiales no inerte e inertes					Kg/ m2		Pesos tomados en obra y áreas tomadas del plano del proyecto		
RCD no inertes generados totales					Kg				
RCDi inertes generados totales					Kg				
A área total de proyecto					m2				
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual	<input checked="" type="checkbox"/>	Trimestral	<input type="checkbox"/>	Semestral	<input type="checkbox"/>	Anual	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
Estado									
Observaciones									

2.2 INDICADOR AMBIENTAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Reciclaje y reutilización de materiales		El objetivo es plantear es medir la tendencia a la reutilización, reciclaje con el objeto de mejorar las posiciones en materia de reciclaje y reutilización				2.2DV3	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
R= RCD+RCDI	Kg/año	x			Un valor mayor al 40%(medida promedio de reciclaje en construcción) del material consumido		
Variables del indicador							
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información			
R reciclaje producto de la suma de los materiales no inerte e inertes recuperados		Kg/ año		Reportes del sistema ambiental en el tema de generación.			
RCD no inertes que justifican una separación y recogida selectiva		Kg					
RCDi inertes que justifican una separación y recogida selectiva.		Kg					
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual	x	Trimestral		Semestral		Anual	Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
resultado							
Observaciones							

2.3 INDICADOR SOCIAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Rendición de cuentas a la ciudadanía		El indicador califica la existencia y contenido de los ejercicios de rendición de cuentas a la ciudadanía, la gestión institucional, la ejecución del presupuesto, los planes y programas a través de su página Web y de otros medios de información					2.3 AV1		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
RC= $\Sigma RC/7*100$	%				El valor 3 según escala de evaluación de las fases del proceso que es el valor óptimo				
Variables del indicador									
Nombre		Unidad de medida		Fuente de información					
RC= porcentaje de valoración de las líneas de evaluación final de la rendición de cuentas		%		Informes de los evaluadores externos en el proceso de valoración de las audiencias públicas realizadas en un tiempo T					
RC1= nivel de participación de organizaciones sociales en el proceso de rendición de cuentas		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC2= gestión administrativa del proceso de rendición de cuentas		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC3= realización de la audiencia pública		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC4= espacios de interlocución con la ciudadanía, generados por la entidad		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC5= estrategia de comunicación para la rendición de cuentas		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC6= establecimiento de contenidos para la rendición de cuentas		puntos (0, 1, 2 y 3)							
RC7=calidad de la información		puntos (0, 1, 2 y 3)							
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
<p>Observaciones. Para la calificación de los resultados de cada indicador se utiliza una escala de cuatro puntos (0, 1, 2 y 3) de valoración, que incluye: El valor cero (0) cuando hay ausencia de aportes al proceso de rendición de cuentas.</p> <p>Los valores 1, 2 y 3 idéntica y numeran los niveles en los esfuerzos institucionales para cualificar componentes de las diferentes etapas del proceso de rendición de cuentas, siendo tres (3) el máximo valor posible.</p>									

2.3 INDICADOR SOCIAL								
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR								
Nombre		Objetivo					Numero	
Participación pública y vigilancia del proyecto		Medir la cantidad de Comités de vigilancia comunitaria Conformados en las localidades de las Regiones Prioritarias para conservar sus ecosistemas, su biodiversidad y cultura.					2.3AV2	
FORMA DE CÁLCULO								
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado			
		Creciente	Decreciente	Estático				
PP= As/Pt *100	%	X			relativo			
Variables del indicador								
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información			
PP= No. de asociaciones de participación ciudadana / Población total de la zona de influencia del proyecto			%		Número de Comités de Vigilancia conformados en el año: Consolidado de informes físico financieros enviados por las Direcciones Regionales. Cuenta Pública.			
As No. de asociaciones de participación ciudadana			und					
Pt Población total de la zona de influencia del proyecto			und					
Periodicidad de la medición del indicador								
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra
Tipo de indicador								
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación				
Observaciones.								

2.3 INDICADOR SOCIAL						
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR						
Nombre	Objetivo				Numero	
Incidencia de accidentes de trabajo	Medir el Índice de incidencia: Número de accidentes en jornada de trabajo con baja por cada 100 trabajadores afiliados a regímenes de la Seguridad Social con la contingencia de accidente de trabajo específicamente cubierta.				2.3BV1	
FORMA DE CÁLCULO						
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado	
		Creciente	Decreciente	Estático		
lac: $a/b * 100$	Und		x		Cero accidentes	
Variables del indicador						
Nombre	Unidad de medida	Fuente de información				
lac = Número de accidentes en jornada de trabajo con baja por cada 100 trabajadores afiliados a regímenes de la Seguridad Social con la contingencia de accidente de trabajo específicamente cubierta.	und	Estadística de Accidentes de Trabajo recopilados por os SISO del proyecto				
a: N° de accidentes en jornada de trabajo y que causan baja laboral, en un año	und					
b: Afiliados a regímenes de la Seguridad Social con la contingencia de accidente de trabajo específicamente cubierta durante ese año.	und					
Periodicidad de la medición del indicador						
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual
						Otra
Tipo de indicador						
Ámbito de medición			Dimensión de evaluación			
Observaciones. Estadísticas internacionales de este indicador DGSANCO (ECHI)						

2.3 INDICADOR SOCIAL							
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR							
Nombre		Objetivo				Numero	
Índice de Gestión de Riesgo		El objetivo del indicador es la medición del desempeño o performance de la gestión del riesgo en el proyecto.				2.3CV1	
FORMA DE CÁLCULO							
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado		
		Creciente	Decreciente	Estático			
$IGR = IGRIR + IGRRR + IGRMD + IGRPF / 4$		X			Que la reducción del riesgo sea de un 100 %		
Variables del indicador							
Nombre				Unidad de medida		Fuente de información	
Identificación del riesgo (IR), que comprende la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva;						Información suministrada por el área administrativa de la empresa y los estudios en la zona del proyecto	
Reducción del riesgo (RR), que involucra propiamente a la prevención-mitigación;							
Manejo de desastres (MD), que corresponde a la respuesta y la recuperación							
Gobernabilidad y Protección financiera (PF), que tiene que ver con la a transferencia del riesgo y la institucionalidad.							
Periodicidad de la medición del indicador							
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	X Otra
Tipo de indicador							
Ámbito de medición				Dimensión de evaluación			
<p>Observaciones. La valoración de cada indicador se hizo utilizando cinco niveles de desempeño: bajo, incipiente, apreciable, notable y óptimo que corresponden a un rango de 1 (bajo) a 5 (óptimo), siendo uno el nivel más bajo y cinco el nivel más alto. Este enfoque metodológico permite utilizar cada nivel de referencia simultáneamente como un "objetivo de desempeño" (target) y por lo tanto facilita la comparación y la identificación de resultados o logros hacia los cuales los proyectos deben dirigir sus esfuerzos de formulación, implementación y evaluación de normas en cada caso.</p>							

2.3 INDICADOR SOCIAL									
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR									
Nombre		Objetivo					Numero		
Capacidad de atracción reciente		Este indicador, además de permitir el cálculo de la capacidad de atracción reciente, facilita el análisis de los flujos migratorios al permitir medir la magnitud y dirección de dicho movimiento en un periodo de tiempo específico.					2.3DV1		
FORMA DE CÁLCULO									
Fórmula	Unidad de medida	Tendencia esperada del indicador			Valor esperado				
		Creciente	Decreciente	Estático					
$\frac{CCA = PbResOT}{PobTP} \times 100$	%	x							
Variables del indicador									
Nombre			Unidad de medida		Fuente de información				
CCA = es la capacidad de atracción por reciente			%		Censos de la zona y encuestas de origen y destino que permitan medir la población que s atraída al proyecto por diferentes motivos.				
PbResOT = Población residente en otra entidad por zona X 100			und						
PobTP= Población total de la zona del proyecto			und						
Periodicidad de la medición del indicador									
Mensual		Trimestral		Semestral		Anual	x	Otra	
Tipo de indicador									
Ámbito de medición					Dimensión de evaluación				
Observaciones: Este indicador puede producir un Mapa de Atracción migratoria reciente por zonas.									

Con las hojas metodológicas propuestas se puede identificar como la infraestructura de determinada zona puede ser responsable en

% del consumo total de energía

% uso de recursos naturales

% del consumo de agua

% de Gestión de residuos

% de innovación y uso de nuevas tecnologías.

% de los gases de efecto invernadero

5.7 ESTANDARIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LOS INDICADORES

Debido a las variadas dimensiones de la sostenibilidad, los indicadores se expresan en unidades diferentes, en función de la variable que se quiera cuantificar (social, económica, institucional, etc.). Esto dificulta la interpretación de los resultados. Aunque se hallan diferentes propuestas estadísticas para evaluar el indicador, en el presente trabajo la metodológica considera la construcción de escalas. Cada indicador varía entre 0 y 1 siendo 0 el valor mínimo del desempeño y 1 el máximo, con el objeto de adaptar los indicadores a una escala común, se utiliza la función de relativización basada en la metodología planteada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para calcular el índice de desarrollo humano.

a. Relación positiva

$$f(x) = X - m / M - m$$

b. Relación negativa

$$f(x) = \frac{X - m}{M - m}$$

Donde:

X es el valor correspondiente a la variable o indicador para una unidad de análisis de terminada en un periodo determinado.

m valor mínimo de la variable en un periodo determinado

M nivel máximo en un periodo determinado

Se consigue valor que oscilan entre 0 y 1 y para ambos caso 1 es una situación mejor lo que implica que se ha estandarizado

De esta manera, todos los indicadores serán directos: a mayor valor, más sustentable. Esto facilita la comparación entre diferentes sistemas e, incluso, entre sistemas similares de diferentes zonas o regiones.

Para calcular el índice de cada una de las dimensiones se calcula el promedio ponderado de cada uno de las variables de los indicadores, previamente relativizados.

Se promedian las calificaciones normalizadas (C_{jj}) de las variables incluidas (m) en cada indicador (j)

$$Indicador\ j = \frac{\sum_{l=1}^{m_j} (c_{jl} / m_j)}{m_j}$$

Se promedian las calificaciones normalizadas de todas las variables (n) para obtener el índice por entidad

$$Indicador\ j = \frac{\sum_{l=1}^n (c_j / n)}{n}$$

Después se calcula el promedio de cada uno de los indicadores, este se pondera con el nivel de importancia estipulado para la zona del proyecto.

Formula del cálculo de cada dimensión:

$$I\ dis = (1/n) * \sum_{i=1}^n Ii$$

Donde:

N es el total de indicadores a incorporar en cada dimensión

I es un indicador de cada dimensión en un momento determinado.

Después de calcular el índice de cada una de las dimensiones de la infraestructura sostenible (*I dis*) se suman ponderados por el porcentaje de importancia asignado para cada una de las dimensiones, aunque para el sistema desarrollado el valor será igualmente importantes para cada dimensión⁵⁰, lo cual permite que se pueda promediar.

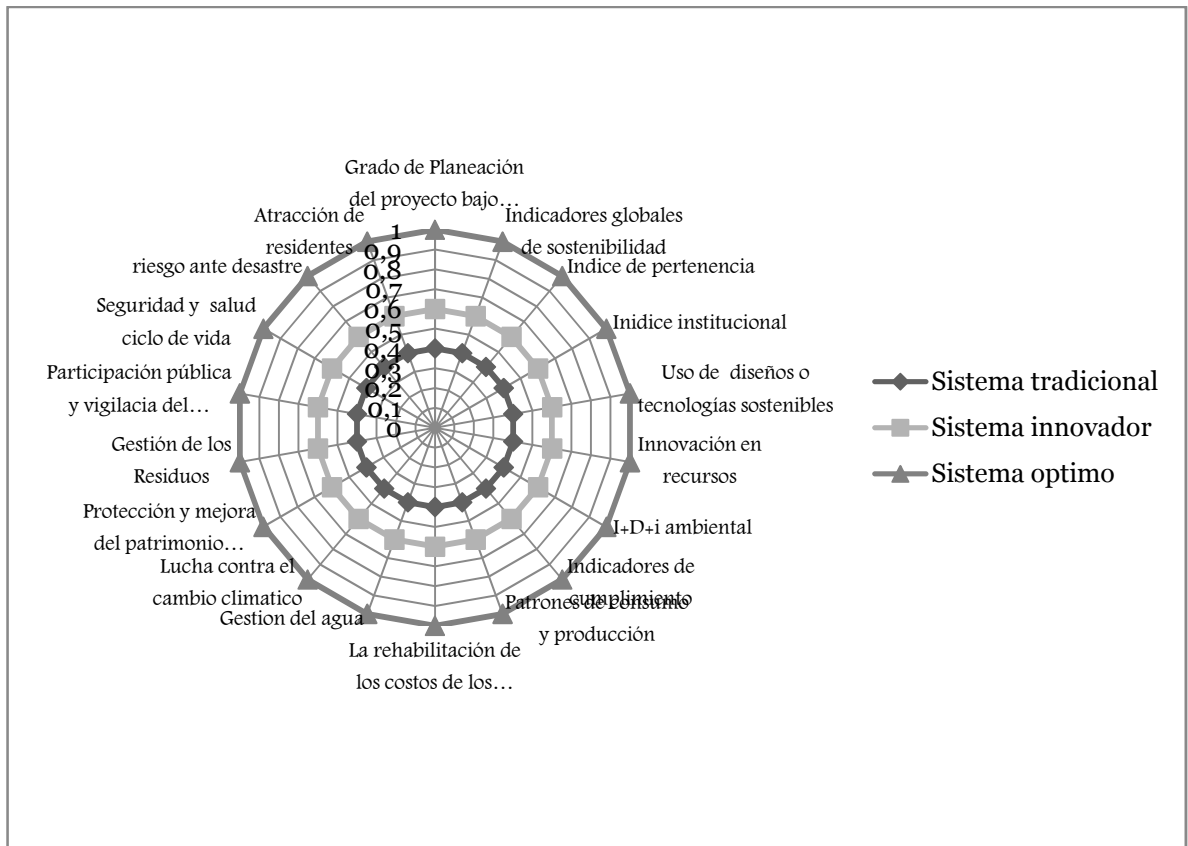
El Índice de Sostenibilidad en la infraestructura es el promedio ponderado de los 18 indicadores antes descritos. En este sentido es un índice construido a partir de pesos iguales, ello justificado por la dificultad de tener unos pesos globalmente aplicables. Por su parte, para la construcción de cada indicador a partir de las variables que lo conforman también se utilizan factores de peso idénticos.

⁵⁰ En un sistema de Sostenibilidad todas las dimensiones, son igual de importantes según las teorías mundiales de desarrollo sostenible.

5.8 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos, y contruidos los indicadores, los resultados deben ser enunciados de manera sencilla y clara. Un perfil para hacer esto es representándolos en un gráfico tipo radar, un mapa multicriterio usado por varios autores (Astier et al. 2002, Gómez et al. 1996, Sarandón 2002, Bockstaller et al. 1997, Flores y Sarandón 2004, Sarandón et al. 2006 a y b, Abbona et al. 2007a). En este diagrama se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación de un sistema tradicional, innovador y optimo. Esto permite detectar los puntos críticos del sistema, al suministrar una idea de la distancia entre las situaciones de referencia y la actual. A su vez, sintetiza numerosa información trascendental y permite una perspectiva holística del problema. La figura 21 muestra el conjunto de indicadores desarrollados .Sin embargo, si se quiere comparar, no conviene utilizar este diagrama porque la superposición de tantas líneas lo haría poco útil. En este caso, es necesario sintetizar aún más la información hasta obtener un solo valor o índice de sustentabilidad relacionando todos los indicadores entre sí, considerando la importancia relativa de cada uno de ellos (ponderación) o su contribución a la sustentabilidad, para construir un supra valor o índice de sustentabilidad (Sarandón 2002).

Figura 22. Integración de Indicadores de sostenibilidad para el sistema de indicadores de infraestructura.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: diagrama araña (adaptado de Perales et al., 2000)

La figura muestra el esquema y los datos utilizados para su construcción fueron los indicadores de cada dimensión y el sistema óptimo se asume 1 que es el 100% de cumplimiento de cada uno de las dimensiones el sistema, los otros dos sistemas se obtuvieron al considerar en una escala de comparación con el promedio de la escala 0,5 (punto de referencia) se pone por debajo 0,02 de esta línea un sistema tradicional y por encima 0,01 el sistema innovador referenciando estos puntos en las escalas de resultados de evaluación de indicadores de países en temas de sostenibilidad e innovación y se presentan tanto en sus unidades originales y en porcentajes con respecto al óptimo.

5.9. PROPUESTA SEGUNDA ETAPA DEL SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA.

La segunda etapa del sistema es la valoración del marco para una metodología de evaluación cuantitativa y cualitativa del sistemas de indicadores, tanto individual como grupal en términos matemáticos y estadísticos, propuesto debe ser una herramienta para la planificación y el diseño de sistemas de manejo de recursos de un obra civil, que permita mejorar el perfil social, ambiental, económico, institucional y tecnológico /innovación. Un aspecto indispensable para diseñar esta metodología de evaluación es la realización de un proceso participativo, que debe promover la discusión y retroalimentación de evaluadores y evaluados, como forma de construir colectivamente una herramienta para la medición de ecosistemas urbanos entre los que cabe añadir la construcción de infraestructura a partir de indicadores y el establecimiento de tablas de ponderación de referencia entre regiones del país como un observatorio de indicadores que permita construir el tiempo tabas de referencia que permitan hallar entre los datos las referencias de desviación estándar y coeficientes de correlación que permitan hacer un análisis más puntual entre regiones y entidades que utilicen el sistema, creándose un futuro ranking nacional del uso de la infraestructura sostenible. Para ello se hace necesario el conocimiento de la comunidad involucrada y contar con facilitadores, que incorporen un enfoque de investigación participativa, mediante el cual se promueva el diálogo de conocimientos. Asimismo debe contar con una perspectiva de trabajo interdisciplinario, que permita determinar de manera integral (considerando las interrelaciones entre las 5 dimensiones) las limitantes y posibilidades para la sostenibilidad de los sistemas que permita su medición a través de la comparación de dos sistemas o más al mismo tiempo analizar la evolución de un sistema a lo largo del tiempo. El componente temporal es uno de los aspectos más difíciles de manejar ya que es intrínseco a la definición de sostenibilidad. Se fija un tiempo largo para evaluar sostenibilidad e insostenibilidad de los sistemas de producción; al abordar con una mirada integral y sistémica la

evaluación de la sostenibilidad, resulta una herramienta práctica para ser utilizada en el campo de la construcción. El uso de indicadores permite decidir la incorporación de nuevas tecnologías, materiales y técnicas de producción, así como evaluar sus riesgos en el tiempo. El diseño, desarrollo y aplicación exitosa de indicadores exige un enfoque sistémico y holístico, con un buen conocimiento de la infraestructura y su inmersión en lo urbano regional y su inclusión en los sistemas eco- sistémicos.

La metodología debe proponer caracterizar el sistema, el contexto socio-ambiental y el ámbito espacial de la evaluación, incluyendo todos los componentes del sistema, los insumos, la producción, y el manejo, considerando las principales características sociales y económicas de los constructores y su forma de organización. Para evaluar la sostenibilidad se sugiere usar siete atributos básicos de una infraestructura sostenible la productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión. Basándose en los mismos, se identifican los puntos críticos para la sostenibilidad del sistema, los que luego se relacionan con cinco áreas de evaluación (ambiental, social y económica, institucional y tecnología/innovación). Para cada área de evaluación se definen criterios de diagnóstico e indicadores, los indicadores son variables seleccionadas y cuantificadas que permiten ver tendencias y comprender los puntos críticos de la infraestructura, las cuales han sido seleccionados en el presente trabajo conjunto con el desarrollo de formulas que lo cuantifiquen. En un segunda fase de esta propuesta es necesario un taller y puesta en marcha del sistema en diferentes entidades que desarrollen proyectos constructivos de infraestructura Este procedimiento garantiza una relación coherente entre los indicadores y los atributos generales, siendo diseñados para un sistema de manejo concreto, en un lugar y tiempo determinado y con un entorno social y ambiental específico. Posteriormente deberán realizarse las mediciones, el monitoreo, y la integración de los resultados utilizando diferentes técnicas, para llegar a recomendaciones sobre los sistemas de manejo, que permitan proponer valores concretos de comparación entre los diferentes ejecutores de infraestructura en el país. Esta

propuesta da el paso a una metodología de evaluación que ayude a identificar el estado de la infraestructura en los procesos de evaluación de la sostenibilidad planetaria adquiriendo esta un peso entre los índices de sostenibilidad y competitividad.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del este trabajo son:

- En la infraestructura no coexiste, un sistema conciliado de indicadores globales de sostenibilidad entre el estado y los constructores, tampoco individualmente; ni herramientas de evaluación, mientras que las nuevas tendencias muestran la necesidad de disponer de los mismos para la adecuada toma de decisiones a nivel técnico, social, político y ambiental. Existe la necesidad de un lenguaje común que debe confluir en unas herramientas que permitan acercarnos a ese enfoque de trabajar que se llama sostenibilidad, a ese objetivo común que no es una única meta, sino un proceso y a un estilo de vida, que llamamos desarrollo sostenible.
- La transformación del mercado exige aumentar el nivel de conciencia y conocimiento de los profesionales del diseño, la ingeniería y la construcción; los promotores de proyectos; los usuarios finales; los inversionistas; los expertos en financiamiento, y los funcionarios gubernamentales de todos los niveles, respecto de la visión, las metas y las estrategias de la infraestructura sostenible, así como también en torno a los beneficios particulares del diseño integrado y otras cuestiones que la infraestructura sostenible puede plantear para cada uno de estos actores del sector.
- Todos los niveles de gobierno deben impulsar la participación del sector privado y la sociedad civil en la institucionalización de un ciclo de políticas y programas que apoyen el desarrollo continuo de mercados para la Infraestructura sostenible, con la perspectiva de su ampliación acelerada a todo el sector constructor. Estas políticas y programas deben ocuparse no sólo del consumo energético, sino también del agua, los residuos, el uso del

suelo y otros asuntos, tanto en las infraestructuras nuevas como en los existentes.

- Para medir la incidencia que el sector de la construcción tiene sobre el entorno natural se necesita datos objetivos que nos proporcionen información al respecto; necesitamos disponer de indicadores que nos permitan medir, evaluar y controlar los impactos potenciales de nuestras obras sobre el estado y calidad de los recursos naturales y del medioambiente; los indicadores ayudan a apreciar cómo evolucionan las obras a lo largo del tiempo y proporcionan datos para actuar en consecuencia.

- Cuantificar con indicadores la interacción con el entorno nos sirve para evaluar la importancia de la misma, pero para ello es necesario que estos indicadores sean lo suficientemente representativos y precisos. Por ello, además de los valores medios, se refleja el porcentaje de obras en las que las diferentes magnitudes han sido evaluadas. Estos porcentajes de evaluación dan una idea de la calidad del dato, que es en algunos casos puede ser mejorable, pero que año tras año va aumentando y, por lo tanto, siendo más confiable y acorde con el estado de las obras y su influencia en el medio en que se llevan a cabo.

- Un apropiado conocimiento de las variables del entorno en que se desarrollan las obras civiles, un sistema que certifique las buenas prácticas en todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura, un sistema de control que compruebe el desempeño de lo determinado, lleva hacia una construcción más sostenible que, en ocasiones con un esfuerzo consciente de la situación global, influye en una protección de nuestro futuro y del planeta que heredamos y que ahora transferimos a nuestros sucesores.

- Se reconocieron los modelos y herramientas de la evaluación sostenible como ayuda a la toma de decisiones en el sector de la construcción, así como la identificación las problemáticas y vacíos actuales, además se analizaron los estándares relacionados con la construcción sostenible y gestión del riesgo, así como los métodos de valoración de la sostenibilidad para la toma de decisiones en el campo de la construcción.

- Se ha registrado la falta de una metodología científica, precisa para la identificación, selección y priorización de indicadores de sostenibilidad en el sector de la infraestructura en Colombia. Como aportación principal este trabajo ha desarrollado una propuesta metodología que puede servir en algunas de las limitaciones existentes para obtener un conjunto de indicadores de sostenibilidad aplicada a los proyectos de infraestructura de todo tipo en la región.

- Del grupo de actores identificados en el sector de la construcción solo el 53% de los entrevistados aceptaron un conocimiento del uso de los indicadores en la construcción sostenible pero enfocada a la edificación, el 100 % de los encuestados manifestó desconocimiento del uso de los indicadores de la sostenibilidad en la infraestructura.

- En el contexto colombiano las dimensiones de la sostenibilidad en la infraestructura fueron identificadas por los entrevistados, reconociendo que las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad: medioambiente, economía, y social no son suficientes para enfrentar el reto de la sostenibilidad en la infraestructura, se identificó la importancia de adherir dos dimensiones la institucional y la tecnología e innovación como elementos fundamentales en el contexto de región en vía de desarrollo.

- Del total de indicadores identificados en la lista de evaluación y después de un agrupación macro se procedió a una selección definitiva por el grupo de actores, tratando de seleccionar aquellos con mayor influencia en la infraestructura sostenible con la meta de hacer manejable el uso de indicadores con el objeto de reducir el número de criterios y tras someter los indicadores a una agrupación en dimensiones se seleccionaron en definitiva 18 indicadores de sostenibilidad.

- El total de variables adjudicadas a cada indicador vario entre una y cuatro dependiendo de la importancia global del indicador en total se identificaron 35 variables aplicadas a medir el indicador de forma holística.

- El objetivo de los indicadores descritos es el de instaurar, de manera sintética, una condición que puede ser representada espacialmente, su explicación, no obstante, requiere de análisis más o menos complejos. Un indicador indica, no explica. En este sentido la interpretación de los indicadores no puede abstraerse de la complejidad de la realidad adjunta y espacialmente específica. Por ello un indicador numérico no puede ser explicado en los mismos términos en todo el territorio, debido a diferencias de contexto, que surgen de las diferentes características sociales, económicas y políticas del espacio geográfico. Por ello, su interpretación es intrínsecamente compleja y requiere de la participación de un grupo multi- e interdisciplinario. Al tener esta realidad una condición cambiante en el espacio y en el tiempo, los indicadores y su interpretación no son válidos indefinidamente en el tiempo, sino que requieren ser revisados periódicamente. Por ello, la sostenibilidad de la infraestructura es una actividad permanente, en tanto que su objeto de estudio, el territorio, es dinámico en tiempo y espacio

- Las hojas metodológicas realizadas para las variables identifican su objetivo, la fuente de información, la forma de medición y el valor esperado,

estas hojas son una ayuda metodológica al usuario el sistema, para generar la evaluación de los indicadores aplicados al sistema final de la infraestructura.

- Se identifica que el sistema puede medirse de forma grafica desde una visión de radar donde se delimitan el resultado de los indicadores de desde una sistema optimo, innovador o tradicional.
- El presente trabajo es una aproximación a la construcción sostenible a los proyectos de infraestructura sostenible en Colombia, de igual forma se dejan perfiles para investigación futura de este tema.

BIBLIOGRAFÍA

ALBA, Mauricio Fernando. Introducción a la Teoría General de Sistemas y al Análisis de Sistemas de Información. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales, 1995.

ANINK, D., BOONSTRA, C., Y MAK, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, Londres, 1996.

ARCE R y Gullón 200 N. The application of strategic environmental assessment to sustainability assessment of infrastructure development. 2000. 393p.

ARNOLD, M & D. RODRÍGUEZ. "El Perspectivismo en la Teoría Sociológica". Revista Estudios Sociales (CPU). Santiago. Chile. N°64. 1990^a.

AVOTS, Ivars, "Cost Relevance Analysis" Paper presented at IMSA seminar, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. October 1981.

BERTALANFFY Von, L. "The Theory of Open Systems in Physics and Biology". En: Science. N°3. 1959. Páginas 23-29.

BERTALANFFY Von, L. Teoría General de los Sistemas. Editorial Fondo de Cultura Económica. México. 1976.

BRAGANÇA L, MATEUS R, KOUKKARI H. Perspectives of building sustainability assessment. In: Proceedings of the sustainable construction, materials and practices conference, Portugal SB07, Lisbon, Portugal; 2007.

BRAÑES, Raúl (Coord). *El desarrollo del Derecho Ambiental latinoamericano y su aplicación*. México D.F.: PNUMA. 2001

BRUNDTLAND . "Nuestro Futuro Común" .del año 1985.

BURGUEÑO Muñoz Antonio Evaluación de la sostenibilidad en las infraestructuras. Indicadores CONAMA.

CAMPLIGIO, Luigi, Laura PINESCHI, Domenico Siniscalco y Tulio Treves. 1993. The Environment After Río. Londres: Graham & Trotman.

CEPAL.Río +20 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. La Sostenibilidad del Desarrollo a 20 años de la cumbre para la tierra: Avances brechas y lineamientos estratégicos, para América Latina y el Caribe. Versión preliminar. Agosto de 2011. Editada Por Naciones Unidas.

CHECKLAND, Peter. Pensamiento de Sistemas, práctica de sistemas. México: Editorial Limusa, 1993.

CHEN Z., Li H., Ross A., Khalfan M.M.A. and Kong S.C.W. Knowledge-Driven ANP Approach to Vendors Evaluation for Sustainable Construction. Journal of Construction Engineering and Management, 134 (12) December, (2008), CRISP (Construction and City Related Sustainability Indicators) 928-941pp.

CHOGUILL, M. B. G. A ladder of community participation for underdevelopment countries. Habitat international, 1996. 30(3), 431-444 pp.

Consejo Internacional para la investigación y la innovación en la Edificación y la Construcción (CIB) , 1998.

Construction and City Related Sustainability Indicators), del U.S. Department of Energy "Building Technologies Programs", o los trabajos de Fowler y Rauch (2006) y de la International Energy Agency IEA, 2001.

D. CRAWLY, I. Aho. La construcción de los métodos de evaluación ambiental: aplicaciones y tendencias de desarrollo / Edificio de Investigación e Información, 27 (1999).30 p.

DASGUPTA S. ANDTAM E.K.L. Indicators and framework for assessing sustainable infrastructure. Canadian Journal of Civil Engineering, 2005. 32, 30-44p.

DIEKMANN James E., Sweater Edward E., Taher Khalid . "Management of Projects Risks And Uncertainties", The Constructions Industry Institute (CII), The University of Austin Texas.1988.

El "Paso Natural" (Robert, 2000)

ELKINGTON John en su libro Caníbales con tenedores (Cannibals with Forks, 1997).

ERIKSON, C.A. 1979 "Risk Sharing in Constructions Contracts". Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in civil Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign.

FERNADEZ SANCHEZ Gonzalo. Propuesta de Modelo para la Evaluación dela Sostenibilidad en la Dirección Integrada de Proyectos de Ingeniería Civil. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Madrid. 2010. 250p.

G.H. BRUNDTLAND et al (World Commission on Environment and Development), Our Common Future, Oxford University Press, Oxford. 1987.

GIGCH van "Teoría General de Sistemas", 1987.

GLAVIC, P; LUKMAN, R. (2007). "Review of Sustainability Terms and Their Definitions".Journal of Cleaner Production, 13,. 593-606 pp.

GLOBAL REPORTING INTERNATIONAL (GRI). A Snapshot of Sustainability Reporting in the construction and real state sector. Global Reporting Initiative 2008.

GRIFFITH, A. y BHUTTO, K., (2008). —Improving environmental performance through integrated management systems (IMS) in the UKII, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 19, No.5, pp.565-578.

GUY, G.B. and KIBERT, C.J. (1998) *Developing Indicators of Sustainability: US Experience*. *Building Research and Information*, 26(1), 39-45 pp.

HAAPIO, P. Viitaniemi. A critical review of environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28 (2008), pp. 469–482 y A. Forsberg, F. MALMBORG von. Tools for environmental assessment of the built environment. *Building and Environment*, 39 (2) (2004), . 223–228 pp.

ISO 26000 –Guía Sobre Responsabilidad Social.

ISO/TS 21929-1, 2006. Sustainability in building construction – Sustainability Indicators – Part 1: Framework for development of indicators for buildings. International Organization for Standardization.

ITSEMAP, servicios tecnológicos MAPFRE RE compañía de reaseguros S.A. Informe Técnico sobre riesgo y seguro en la Construcción de Infraestructura Civil. REf E 189-199.Madrid Diciembre de 2003.

KIBERT Sustainable construction and the model are described in 1994 .

KIBERT, Charles (1994 et al.) CIB-TG16, First International Conference on Sustainable Construction, Florida.

LANTING, Roel .Sustainable Construction in The Netherlands –A perspective to the year 2010 (Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-). 1996. P007

LEY 99 DE 1993, en Diario Oficial No 41146, del 22 de diciembre de 1993.

LOZANO, R. “Envisioning sustainability three-dimensionally”, *Journal of Cleaner Production* 16 (17), .2008 .1838-1846p.

MARTÍNEZ ALIER Juan. Curso de economía ecológica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 1998. 132p.

NACIONES UNIDAS Programa 21: Programa de Acción de las Naciones Unidas de Río, Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. 1992.

NACIONES UNIDAS. Objetivos de Desarrollo del Milenio: Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe (LC/G.2428-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) .2010a.

O.O. Ugwu, M.M. Kumaraswamy, A. Wong, S.T. Ng Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP) Part 1. Development of indicators and computational methods .Autom. Constr., 15 (2006), pp. 239–251

PMI (Project Management Institute) Construction Extensión to the PMBoK Guide 2000. PMI Standard (2003).

QUIROGA M. Rayén. Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo Sostenible: Estado del arte y perspectivas. División de medio ambiente y asentamientos humanos. CEPAL/ECLAC. Santiago de Chile Septiembre de 2001.

Rackwitz, R.; Lentz, A.; Faber, M. *Socio-economically sustainable civil engineering infrastructures by optimization. Structural Safety, 2005. 27(3):187-229 pp.*

Rodrigo D. López. Luis C Torres. Teoría de Sistemas. Junio de 2009

RODRÍGUEZ, D. & M. Arnold. Sociedad y Teoría de Sistemas. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 1991.

SEO S., ARAMAKI T, HWANG Y. AND HANAKI K. Fuzzy Decision-Making tool for Environmental Sustainable Buildings. Journal of Construction Engineering and Management 130 (3) May/June, 2004. 415-423 pp.

SHTUB Avraham, F Bard Jonathan. Project Management Engineering, Technology, and Implementation. Prentice Hall, New Jersey. 1994.

SNELL, T., & COWELL, R. Scoping in environmental impact assessment: Balancing precaution and efficiency? *Environmental Impact Assessment Review*, 2006. 26, 359–376pp.

TORO JARAMILLO Iván Darío y PARRA RAMÍREZ Rubén Darío. Fundamentos Epistemológico de la Investigación y la Metodología de la Investigación Cualitativa /Cuantitativa. Primera Edición. Bogotá. Fondo Editorial Universidad Eafit. 2010. 1000 p.

TORO Javier, Analisis constructivo del proceso de Evaluación de impacto en Colombia, propuesta de mejora, Tesis Dotoral, Granada, Universidad de Granada, 2009a

TORO, Javier & Requera, Ignacio &Zamra, Montserrat “ Enviromental impact assessment in Colombia, Critical analysis and proposals for improvement”, en *Enviromental Impact Assessment Review*, 2009b.

UGWU O.O. AND HAUPTTC. Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability-a South African construction industry perspective. *Building and Environment*, 2007. 42, 665-68 pp.

UGWU, O.O. (Department of Civil Engineering, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, Hong Kong); Haupt, T.C. Source: *Building and Environment*, v 42, n 2, p 665-680, February 2007.

Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Ciudad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A.,. SAFE— Ahierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2007, 120 (2–4), 229–242 pp.

WARD Stephan, September 1999, “ Requirements for An Effective project Risk Management Process”. *Journal Project Management*, Vol. 3 Pag (37-43)

Referencias páginas web.

Artículo del 20 de febrero de 2012. “Colombia triplicara inversión en infraestructura hasta 2014. www.portafolio.com. Economía. Página visitada en marzo 2012.

Banco Mundial. www.bancomundial.org/ .Página Visitada en Junio de 2012.

Capítulo Español del Club de Roma. www.clubderoma.net. Página web visitada en febrero 2012.

Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible. www.minambiente.gov.co
Página visitada en abril 2012.

Naciones unidas. www.un.org/es/. Página web visitada en marzo 2012.

Periódico El colombiano, 29 de diciembre de 2011. Artículo: El Gobierno planea invertir seis billones de pesos en infraestructura vial.

Por problemas ambientales suspenden provisionalmente obras de infraestructura importante para el país. www.caracol.com. 03 de abril de 2012. Página visitada en mayo 2012.

United Nation. Sustainable Development Knowlwdge platform.
www.sustainabledevelopment.un.org. Página visita en Junio 2012.

World Green Building Council. www.worldgbc.org/. Página visitada en mayo 2012.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario para Entidades del Estado

Entrevista para la definición de Indicadores de Sostenibilidad en Proyectos de Infraestructura Sostenible en Colombia.

Datos Personales.

Entidad:
Fecha:
Persona:
entrevistada:
Cargo:
Profesión:
Tiempo en el cargo:
Correo Electrónico:

I. Estado actual de los proyectos de infraestructura.

1. Cuáles son las áreas de la infraestructura que maneja la entidad?
 - Vías terrestres de comunicación
 - Hidráulicas
 - Obras sanitarias
 - Obras portuarias.
 - Edificaciones
2. Cuáles son los desafíos prioritarios en materia de desarrollo de infraestructura en la región?
3. Los proyectos de infraestructura se articula y son complementarios con los proyectos de región?
4. ¿Cuán significativa es la contribución de la infraestructura a la reducción de emisiones como a otros objetivos (huella ecológica, MGD entre otros)?

II. Relación de la infraestructura y la sostenibilidad

1. Cree usted que nuestra infraestructura es ó puede ser sostenible?
2. La sostenibilidad hace parte de los proyectos actuales de infraestructura?
3. Que áreas de la infraestructura considera pueden ser tomados en el tema de sostenibilidad?
4. Esta entidad cuales dimensiones (económica, social, ambiental) de la sostenibilidad aplica en sus proyectos de infraestructura?
5. Como piensa que se debe evaluar la sostenibilidad de un proyecto de infraestructura?

III. Contratación de la Infraestructura

1. Como se aplican los conceptos de sostenibilidad en la evaluación del contratista?
2. Que ítems de la contratación evalúan el manejo de la sostenibilidad y la eficacia del contratista en este tema?
3. Se evalúa actualmente el personal calificado del contratista en temas de sostenibilidad?
4. Los modelos de contratación y leyes actualmente disponibles permiten ejecutar una contratación de infraestructura sostenible?
5. Cuáles son las limitaciones y desafíos de las actuales leyes de contratación estatal para desarrollar una infraestructura sostenible?
6. La contratación del proyecto facilita su monitoreo y evaluación (línea base, indicadores, metas, metodologías de evaluación participativa etc.)?
7. Se lleva a cabo procesos participativos que involucren a la comunidad en el la formulación, ejecución y seguimiento del proyecto?
8. Se informa sobre el desempeño de la empresa contratista en el tema de sostenibilidad a la comunidad?
9. Se incluye la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura ejecutados en los informes finales de la entidad a la sociedad?

IV. Dimensiones del Desarrollo sostenible

1. Proponga las dimensiones en que dividiría la construcción sostenible de obras de infraestructura de modo que sean de fácil manejo en el campo?
 - Dimensión económica
 - Dimensión Social
 - Dimensión Ambiental
 - Dimensión institucional
 - Dimensión Tecnológica

2. Considera que la medición de los indicadores de sostenibilidad son importantes en qué fase del proyecto de infraestructura?
 - Fase de Planeación
 - Fase de diseño
 - Fase de construcción
 - Fase de Uso y mantenimiento

V. Indicadores de sostenibilidad.

1. La entidad utiliza indicadores de sostenibilidad para evaluar los proyectos de infraestructura?.

2. Considera que actualmente los indicadores de sostenibilidad que maneja la infraestructura son vinculantes y tienen incorporados dimensiones y sectores de alta relevancia?

3. Que indicadores considera pertinentes en la línea ambiental en los siguientes temas: agua, Atmosfera, suelo, energía, residuos?

4. Proponga aquellos indicadores que considera importantes en la infraestructura relacionados con la construcción del proyecto?

5. Proponga indicadores de relevancia en los proyectos de infraestructura relacionados con el tema económico del proyecto?

6. Proponga aquellos indicadores que considere importantes en los proyectos de infraestructura relacionados con el tema de seguridad, salud e higiene ocupacional?

7. Que indicadores considera importantes en la infraestructura relacionados con la sociedad y la integración social?
8. Proponga aquellos indicadores que considere importantes en la infraestructura con el tema de la cultura?
9. Que indicadores considera importantes en la infraestructura en el tema de economía social?
10. Que otros indicadores de sostenibilidad considera importantes en el tema de la infraestructura?
11. Considera que el manejo de indicadores puede evaluar el desarrollo sostenible de los proyectos de infraestructura?

VI. Adhesión a pactos internacionales de sostenibilidad y compromisos con iniciativas externas.

1. Ha adoptado la entidad iniciativas principios o programas sociales, ambientales nacionales o internacionales con los proyectos de infraestructura?
2. Se presenta información de cumplimiento de los compromisos de los programas o principios adscritos?
3. Esta debidamente auditados y certificados los sistemas de gestión de sostenibilidad y se informa de ellos?
4. Los proyectos de infraestructura presentan estrategias para el uso racional de recursos renovables y no renovables favoreciendo la conservación del medio ambiente?

Anexo B. Cuestionario para Diseñadores Estructurales

Entrevista para la definición de Indicadores de Sostenibilidad en Proyectos de Infraestructura Sostenible en Colombia.

Datos Personales.

Entidad:
Fecha:
Persona entrevistada:
Cargo:
Profesión:
Tiempo en el cargo:
Correo Electrónico:

I. Estado actual de los proyectos de infraestructura.

1. En qué estado consideras que esta Colombia en el tema de la Infraestructura?
2. Que obras de infraestructura ha construido la empresa?
3. La empresa pertenece alguna asociación que maneje temas de sostenibilidad?
4. Las especificaciones sobre diseño en las licitaciones exigen algún componente de Sostenibilidad?
5. El gobierno debería dar incentivos a los diseños sostenibles?
6. Es importante renovar la normativa existente en Diseño?
7. Conoce algo sobre el sello verde colombiano para edificaciones sostenibles?

II. La empresa y la Sostenibilidad

1. Sus diseños tiene en cuenta el tema de sostenibilidad?
2. El tema de sostenibilidad hace parte de las políticas de la empresa o lo solicita el cliente?
3. La empresa maneja índices que midan la efectividad del diseño en temas de sostenibilidad?
4. La empresa tiene personal especializado en el tema de sostenibilidad?
5. Considera que un diseño sostenible puede mejorar el desempeño económico de una obra de infraestructura?
6. La responsabilidad social de la empresa considera que realizar diseños sostenibles es una línea importante que hay que manejar en el medio?
7. Como pueden reunir el factor social, económico y ambiental en el diseño?
8. Han participado con empresas constructoras que hayan certificado su obra en sostenibilidad?
9. El cliente tiene conciencia del tema de sostenibilidad?
10. Que puede aportar medir la sostenibilidad de un diseño, en un sistema de evaluación de la sostenibilidad en la infraestructura?

Anexo C. Cuestionario para Empresas Constructoras

Entrevista para la definición de Indicadores de Sostenibilidad en Proyectos de Infraestructura Sostenible en Colombia.

Datos personales.

Empresa:
Fecha:
Persona entrevistada:
Cargo:
Profesión:
Tiempo en el cargo:
Correo Electrónico:

I. Estado actual de los proyectos de infraestructura.

5. Cuáles son las áreas de la infraestructura maneja la empresa?
 - Vías terrestres de comunicación
 - Hidráulicas
 - Obras sanitarias
 - Obras portuarias.
 - Edificaciones
6. Cuáles son los desafíos prioritarios en materia de desarrollo de infraestructura en la región?
7. Los proyectos de infraestructura consideran están articulados y son complementarios con los proyectos de región?
8. ¿Cuán significativa es la contribución de la infraestructura a la reducción de emisiones como a otros objetivos (huella ecológica, MGD entre otros)?

II. Relación de la infraestructura y la sostenibilidad

6. Cree usted que nuestra infraestructura es ó puede ser sostenible?
7. La sostenibilidad hace parte de los proyectos actuales de infraestructura?
8. Que áreas de la infraestructura considera pueden ser tomados en el tema de sostenibilidad?
9. cuales dimensiones (económica, social, ambiental) de la sostenibilidad aplica en sus proyectos de infraestructura?
10. Como piensa que se debe evaluar la sostenibilidad de un proyecto de infraestructura?

III. Contratación de la Infraestructura

10. Como se aplican los conceptos de sostenibilidad en la evaluación del contratista?
11. Que ítems de la contratación evalúan el manejo de la sostenibilidad y la eficacia del contratista en este tema?
12. Se evalúa actualmente el personal calificado del contratista en temas de sostenibilidad?
13. Los modelos de contratación y leyes actualmente disponibles permiten ejecutar una contratación de infraestructura sostenible?
14. Cuales son las limitaciones y desafíos de las actuales leyes de contratación estatal para desarrollar una infraestructura sostenible?
15. La contratación del proyecto facilita su monitoreo y evaluación (línea base, indicadores, metas, metodologías de evaluación participativa etc.)?
16. Se lleva a cabo procesos participativos que involucren a la comunidad en el la formulación, ejecución y seguimiento del proyecto?

17. la empresa informa al contratante el avance en índices del manejo del tema de sostenibilidad?

18. Se incluye la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura ejecutados en los informes finales de la entidad a la sociedad?

IV. Dimensiones del Desarrollo sostenible

3. Proponga las dimensiones en que dividiría la construcción sostenible de obras de infraestructura de modo que sean de fácil manejo en el campo?

- Dimensión económica
- Dimensión Social
- Dimensión Ambiental
- Dimensión institucional
- Dimensión Tecnológica

4. Considera que la medición de los indicadores de sostenibilidad son importantes en qué fase del proyecto de infraestructura?

- Fase de Planeación
- Fase de diseño
- Fase de construcción
- Fase de Uso y mantenimiento

V. Indicadores de sostenibilidad.

12. La empresa utiliza indicadores de sostenibilidad para evaluar los proyectos de infraestructura?.

13. Considera que actualmente los indicadores de sostenibilidad que maneja la infraestructura son vinculantes y tienen incorporados dimensiones y sectores de alta relevancia?

14. Que indicadores considera pertinentes en la línea ambiental en los siguientes temas: agua, Atmósfera, suelo, energía, residuos?
15. Proponga aquellos indicadores que considera importantes en la infraestructura relacionados con la construcción del proyecto?
16. Proponga indicadores de relevancia en los proyectos de infraestructura relacionados con el tema económico del proyecto?
17. Proponga aquellos indicadores que considere importantes en los proyectos de infraestructura relacionados con el tema de seguridad, salud e higiene ocupacional?
18. Que indicadores considera importantes en la infraestructura relacionados con la sociedad y la integración social?
19. Proponga aquellos indicadores que considere importantes en la infraestructura con el tema de la cultura?
20. Que indicadores considera importantes en la infraestructura en el tema de economía social?
21. Que otros indicadores de sostenibilidad considera importantes en el tema de la infraestructura?
22. Considera que el manejo de indicadores puede evaluar el desarrollo sostenible de los proyectos de infraestructura?

VI. Adhesión a pactos internacionales de sostenibilidad y compromisos con iniciativas externas

5. Ha adoptado la empresa iniciativas principios o programas sociales, ambientales nacionales o internacionales con los proyectos de infraestructura?
6. Se presenta información de cumplimiento de los compromisos de los programas o principios adscriptos?

7. Esta debidamente auditados y certificados los sistemas de gestión de sostenibilidad y se informa de ellos?
8. Los proyectos de infraestructura presentan estrategias para el uso racional de recursos renovables y no renovables favoreciendo la conservación del medio ambiente?
9. La empresa conoce o a contados con incentivos o beneficios económicos por manejar el tema de sostenibilidad en sus obras?