



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Guía para la integración de criterios sostenibles en la
elaboración de proyectos de ingeniería civil en la República
Dominicana.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Delmonte Felix, Joan Enrique

Tutor/a: Martí Albiñana, José Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**Escuela T.S. de Ingenieros de
caminos, Canales y Puertos**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Guía para la integración de criterios sostenibles en la elaboración de proyectos de construcción de ingeniería civil en la República Dominicana

Autor:

Joan Delmonte Félix

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Tutor: José Vicente Martí Albiñana

Curso: 2023/2024

Resumen Ejecutivo

Título	Guía para la integración de criterios sostenibles en la elaboración de proyectos de construcción de ingeniería civil en la República Dominicana
Autor	Joan Delmonte Félix
Planteamiento del problema	En la República Dominicana, la construcción sostenible y la adaptación al cambio climático son prioridades que han sido identificadas por el plan de acuerdo con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Sin embargo, persisten desafíos en la integración efectiva de criterios sostenibles en la aprobación de proyectos de construcción. Obstáculos como la falta de conciencia, percepción errónea de costos y la ausencia de incentivos estatales han limitado su adopción. El problema por abordar en el trabajo radica en establecer un marco sólido que permita la inclusión efectiva de consideraciones sostenibles en cada etapa del proceso de aprobación. Este estudio busca analizar prácticas internacionales, evaluar su adaptabilidad al contexto dominicano y proponer recomendaciones para mejorar la planificación, diseño y ejecución de proyectos de construcción sostenibles, contribuyendo a un futuro más resiliente y equitativo en el país.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar el panorama actual de la industria de la construcción en la República Dominicana, identificando barreras y oportunidades para la integración de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos. 2. Estudiar experiencias exitosas en otros países donde se hayan integrado criterios sostenibles en la aprobación de proyectos de construcción, con el objetivo de identificar enfoques y estrategias que puedan ser aplicables al contexto dominicano. 3. Desarrollar recomendaciones específicas para superar los obstáculos identificados y promover la integración efectiva de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción. 4. Evaluar la viabilidad y adaptabilidad de las recomendaciones propuestas al contexto dominicano, considerando factores económicos, políticos, sociales y culturales que puedan influir en su implementación exitosa.
Estructura organizativa	<p>Capítulo 1: Introducción Se explica el contexto de la construcción sostenible en la República Dominicana, junto con la declaración del problema y su relevancia en el ámbito local.</p> <p>Capítulo 2: Panorama de la Industria de la Construcción en la República Dominicana En este capítulo se realiza un análisis detallado del estado actual de la industria de la construcción en el país.</p>

	<p>Capítulo 3: Prácticas Internacionales en Construcción Sostenible Se hace una revisión de experiencias exitosas en otros países donde se hayan integrado criterios sostenibles en la aprobación de proyectos de construcción.</p> <p>Capítulo 4: Recomendaciones para la Integración de Criterios Sostenibles Se plantea un desarrollo de recomendaciones específicas para superar obstáculos locales, con un enfoque en la educación y sensibilización.</p> <p>Capítulo 5: Recomendaciones para la Evaluación de la Sostenibilidad de Proyectos de Ingeniería Civil En estas recomendaciones se sugiere la aplicación de métodos específicos para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos de ingeniería civil.</p> <p>Capítulo 6: Marco de Acción para la Construcción Sostenible Se desarrolla un marco de acción con pasos concretos para la integración de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción.</p> <p>Capítulo 7: Contribución a la Toma de Decisiones Se plantea proporcionar información y recomendaciones basadas en evidencias a las autoridades y profesionales de la construcción.</p> <p>Capítulo 8: Conclusión Se realiza la recapitulación de los hallazgos clave. Se identifica la importancia de la integración de criterios sostenibles en la República Dominicana.</p> <p>Referencias Bibliográficas: Listado de fuentes y documentos consultados.</p> <p>Anexos: Cualquier material adicional, gráficos, etc.</p>
Método	<p>Se plantea utilizar un enfoque de investigación mixta que combine métodos cualitativos y cuantitativos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión Documental. 2. Análisis de Datos. 3. Estudio de Casos. 4. Comparación Internacional. 6. Análisis de Políticas y Marco Regulatorio.
Cumplimiento de objetivos	<p>Se desarrollarán recomendaciones específicas para superar los obstáculos identificados en la integración de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción en la República Dominicana. Se evaluará la viabilidad y adaptabilidad de las recomendaciones propuestas al contexto dominicano, considerando factores económicos, políticos, sociales y culturales que puedan influir en su implementación exitosa.</p>
Conclusiones	<p>Este trabajo propone la creación de una guía para integrar criterios de sostenibilidad en el proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada en la República Dominicana.</p> <p>La guía busca ofrecer pautas claras para todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, enfocándose en</p>

	<p>reducir los impactos negativos, conservar los recursos naturales y mejorar la resiliencia al cambio climático</p> <p>Se han definido ocho criterios esenciales de sostenibilidad para ser aplicados: impacto ambiental, eficiencia energética, gestión de recursos hídricos, conservación de la biodiversidad, materiales sostenibles, reducción de residuos, integración comunitaria y planificación del uso de suelo. Estos criterios se seleccionaron basándose en el Reporte Brundtland y referencias internacionales, y se acompañan de justificaciones, objetivos, profesionales requeridos y directrices para su integración en cada etapa del proyecto.</p> <p>Para evaluar la sostenibilidad de los proyectos, se presentan tres enfoques: desarrollo de indicadores, modelos matemáticos y análisis del ciclo de vida.</p> <p>El trabajo también propone la creación de un comité interinstitucional para centralizar y agilizar el proceso de aprobación de proyectos, promoviendo la integración de las regulaciones existentes.</p>
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementación de regulaciones específicas de sostenibilidad: Se recomienda que las autoridades dominicanas desarrollen un marco regulatorio que integre criterios sostenibles en todas las etapas de los proyectos de infraestructura. 2. Creación de una guía detallada de sostenibilidad: Desarrollar una guía formal que ofrezca pautas claras sobre el impacto ambiental, eficiencia energética, gestión del agua, biodiversidad, materiales sostenibles, y otros aspectos relacionados con la sostenibilidad en la construcción. 3. Centralización del proceso de aprobación de proyectos: Se sugiere la creación de un comité interinstitucional que unifique el proceso de aprobación de proyectos de infraestructura. 4. Adopción de metodologías de evaluación: Se recomienda la utilización de metodologías basadas en el desarrollo de indicadores, modelos matemáticos y análisis del ciclo de vida para evaluar la sostenibilidad de los proyectos.
Limitaciones	<p>Las principales limitaciones del estudio son la falta de conciencia y percepción errónea de costos en la construcción sostenible, la ausencia de incentivos estatales y la dificultad de adaptar prácticas internacionales al contexto dominicano, debido a barreras económicas, políticas y culturales que podrían obstaculizar su implementación efectiva.</p>

Índice de Contenido

Índice de Tablas	6
Índice de Gráficos	7
Capítulo 1: Introducción	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Alcance	9
1.2.1 Objetivo General	9
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Breve explicación del método	10
1.4 Contenido del trabajo	10
Capítulo 2: Panorama de la Industria de la Construcción en la República Dominicana	11
2.1 Contexto Natural	11
2.2 Contexto económico	11
Sector privado	15
2.3 Contexto legal y normativo	16
Ley No. 340-06 sobre Compras y Contrataciones de Bienes, Servicios, Obras y Concesiones	18
Ley 64-00 General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales	19
Ley 1-12, Estrategia Nacional del Desarrollo 2030	19
Ley No. 57-07 sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus..	19
Regímenes especiales	19
Capítulo 3: Referencias Internacionales en Guías de Criterios de Construcción Sostenible	20
3.1 Guía Nacional Sobre Desarrollo Sostenible Y La Gestión Ambiental Para Ingenieros Profesionales, Canadá (Engineers Canada, 2016)	20
3.2 Guía Básica de Criterios de Sostenibilidad en las Promociones de Viviendas con Protección Pública. Comunidad Valenciana, España (Conselleria de Territorio y Vivienda, 2006).	21
3.3 Guías De Sostenibilidad En La Edificación Residencial. Valencia, España (Generalitat Valenciana, 2009)	22
Capítulo 4: Recomendaciones para la integración de criterios sostenibles en proyectos de ingeniería civil	24
4.1. Impacto ambiental	26
4.2. Eficiencia Energética	27
4.3. Gestión de recursos hídricos	28
4.4. Conservación de la biodiversidad	30
4.5. Materiales sostenibles	31
4.6. Reducción de residuos	33

4.7. Integración comunitaria	34
4.8. Planificación de uso de suelo	35
Capítulo 5: Recomendaciones para la evaluación de la sostenibilidad de proyectos de ingeniería civil	37
5.1.Desarrollo de Indicadores	39
5.2.Modelos matemáticos y métodos computacionales	42
5.3.Análisis del ciclo de vida (LCA)	45
5.3.1.Métodos de evaluación en el sector construcción.....	46
Capítulo 6: Marco de Acción para la Construcción Civil Sostenible	47
6.1.Comité Interinstitucional.....	48
6.2.Integración de herramientas de evaluación en el proceso de aprobación de proyectos .	49
6.2.1.Impacto ambiental	49
6.2.2.Eficiencia Energética.....	49
6.2.3.Gestión de recursos hídricos	50
6.2.4.Conservación de la biodiversidad.....	51
6.2.5.Selección de Materiales	52
6.2.6.Minimización de Residuos.....	52
6.2.7.Integración comunitaria	53
Capítulo 7: Contribución a la toma de decisiones.....	54
7.1.Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020)	54
7.2.Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007).....	59
Capítulo 8: Conclusiones	64
Referencias	67
Anexos	0

Índice de Tablas

Tabla 1. Valor agregado por actividad económica trimestral 2022-2023. (Banco Central de la República Dominicana, 2023).....	12
Tabla 2 Cuadro de resumen de licencias otorgadas en la construcción del sector privado en el período 2017-2023, según tipo de construcción. Elaboración propia.Fuente: Registros administrativos Departamento Tramitación de planos, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).	15
Tabla 3. Cuadro de resumen de licencias otorgadas en la construcción del sector privado 2017-2023, según tipo de proyecto. : Registros administrativos Departamento Tramitación de planos, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).	16
Tabla 4. Tabla de tecnologías del agua. Elaboración propia.....	30
Tabla 5 Ejemplos de certificaciones sostenibles relacionadas con materiales sostenibles. Elaboración propia.	33
Tabla 6. Diferentes métodos de evaluación de la sostenibilidad de la ingeniería civil. Fuente: (Rodríguez López & Fernández Sánchez, 2011).....	38
Tabla 7. Indicadores identificados en relación con los temas clave, su medición y justificación. Fuente: (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017).....	42
Tabla 8. Clasificación de los métodos matemáticos y modelos computacionales utilizados en la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.	45
Tabla 9. Las etapas del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil y su clasificación en módulos. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).	55
Tabla 10. Factores de normalización y ponderación usados para los indicadores sociales y ambientales. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).	56
Tabla 11. Resultados del análisis del concepto de diseño del puente de marco de concreto por indicadores en unidades de medida por etapa de ciclo de vida para la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).	57
Tabla 12. Resultados para el concepto de diseño de puente CSF por etapa del ciclo de vida agregados a nivel de dimensión (y a nivel de indicador para la dimensión económica) para la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).	58
Tabla 13. Percepción de las partes interesadas de los indicadores clave de desempeño en sostenibilidad de infraestructuras. Fuente: Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007)	62
Tabla 14, Matriz de decisión para evaluar la sostenibilidad. Fuente: Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007)	63

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Valor agregado por actividad económica año 2022. Fuente: Banco Central de la República Dominicana, 2023.....	13
Gráfico 2. Valor agregado por actividad económica año 2023. Fuente: Banco Central de la República Dominicana, 2023.....	13
Gráfico 3. Costo total de proyectos aprobados por función y subfunción, 2023. Fuente: Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.....	14
Gráfico 4. Distribución porcentual del monto ejecutado de los PIP por eje de la END, 2023. Fuente: Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.....	14
Gráfico 5. Diagrama de flujo del proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada en la República Dominicana. Fuente Elaboración propia.....	18
Gráfico 6. Proceso de mejora continua en la práctica de la ingeniería sostenible. Fuente: National guideline on sustainable development and environmental stewardship for professional engineers, (Engineers Canada, 2016)	20
Gráfico 7. Diagrama de flujo del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Elaboración propia.	27
Gráfico 8 Beneficios de la planificación de uso de suelo. Elaboración Propia	37
Gráfico 9. Proceso de selección de indicadores. Fuente: (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017)	40
Gráfico 10. Diagrama de flujo del proceso de aprobación de la documentación técnica para proyectos de infraestructura con la inclusión de un comité interinstitucional. Fuente: Elaboración propia.	48
Gráfico 11. Comparación de conceptos de diseño por etapas del ciclo de vida, en las dimensiones ambientales y sociales por la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).	58

Capítulo 1: Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La República Dominicana, situada en la parte oriental de la Isla La Española, ubicada en América Central y el Caribe, enfrenta una serie de desafíos en su camino hacia un desarrollo sostenible. En lo que se ha denominado La Visión de la Nación, establecida por la Ley Orgánica de Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, en el año 2012, se reconoce que “el país tiene la necesidad de adoptar un nuevo modelo de desarrollo que promueva la sostenibilidad ambiental y la gestión eficaz de los riesgos naturales”. Este modelo incluye el fomento de una cultura de producción y consumo sostenibles, así como la adaptación al cambio climático.

Dentro del contexto de los países de América Latina y el Caribe, la República Dominicana se ha destacado por su nivel de crecimiento económico en las últimas dos décadas. Según el Informe Nacional de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, República Dominicana 2023, establece que este país se “ha insertado en la economía mundial, conociendo tasas de crecimiento económico promedio anual por encima del 5%.”

La industria de la construcción juega un papel importante en la economía de muchos países, en el caso de la República Dominicana, en el año 2019 contribuyó con el 12% del Producto Interno Bruto (Banco Central de la República Dominicana, 2020) y tuvo una participación de alrededor del 57% en el crecimiento económico nacional después de los efectos generados por el COVID-19 (Valdez Albizu, 2021).

A pesar del crecimiento económico experimentado por el país, persisten desafíos en materia de construcción sostenible. “La falta de conciencia y la priorización de otros aspectos del desarrollo han llevado a una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático” (Ayala García, 2015). Es fundamental abordar estos desafíos para impulsar un desarrollo más equitativo y resiliente.

En los países caribeños, donde los problemas giran en torno al desarrollo de la nación, “los temas relacionados al medio ambiente y la sostenibilidad son degradados a un plano de atención inferior” (Ayala García, 2015). Existe el riesgo de que, por avanzar en otros aspectos, el contexto natural de la región se vea afectada hasta un punto de no retorno debido a la utilización de recursos no renovables.

La actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente no solo plantea desafíos inmediatos en términos de degradación ambiental y agotamiento de recursos, sino que también “compromete la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades.” (Xercavins i Vals, 1997). Esta preocupación es mayor cuando se considera el papel significativo que desempeña el sector de la construcción en el consumo global de recursos y energía.

Según datos proporcionados por la Alianza Global para la Construcción y Edificaciones (Global ABC), “este sector es responsable de casi el 40% del consumo de energía a nivel mundial. Estas cifras subrayan la urgente necesidad de abordar la sostenibilidad en la construcción, no solo para mitigar los impactos ambientales actuales, sino también para salvaguardar los recursos para las generaciones venideras”. En este contexto, es importante adoptar prácticas y tecnologías que minimicen el uso de recursos no renovables y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la construcción y el funcionamiento de edificaciones.

En la legislación del país no se promueve explícitamente la consideración de criterios de sostenibilidad en las compras y contrataciones públicas, mas no se prohíbe su incorporación (Departamento para la Gestión Pública Efectiva (DGPE), 2017).

La contratación pública, responsable de la mayoría de los proyectos de ingeniería civil, debe velar por la optimización de los procesos de aprobación y licitación de obras para poder controlar la incorrecta utilización de los recursos naturales. Se puede afirmar que la inclusión de criterios ambientales, sociales y éticos en las contrataciones de las administraciones públicas ejercerían una gran influencia en el sistema socioeconómico internacional de cara a un desarrollo más sostenible (Delegación de Medio Ambiente y Promoción Agropecuaria, 2009).

El sector privado, representado por las empresas constructoras y consultoras, comparte la responsabilidad junto al Estado en el diseño y ejecución de proyectos de construcción. Por esta razón, la creación de una guía para la integración de criterios sostenibles en proyectos de construcción debe ser accesible para todos los actores del sector, permitiendo su utilización por parte de todos los participantes.

En vista de los desafíos ambientales y sociales que enfrenta la República Dominicana en su camino hacia un desarrollo sostenible, y considerando el papel fundamental que desempeña la industria de la construcción en la degradación ambiental y el agotamiento de recursos, es importante contar con una Guía para la Integración de Criterios Sostenibles en la Elaboración de Proyectos de Construcción de Ingeniería Civil en el país. Esta guía proporcionaría un marco claro y accesible para promover prácticas de construcción sostenible entre todos los actores involucrados en el proceso de planificación, diseño y ejecución de proyectos de infraestructura. Al ofrecer pautas específicas para la integración de criterios ambientales, sociales y éticos en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, la guía ayudaría a reducir los impactos negativos asociados con la construcción, fomentar la conservación de recursos naturales y mejorar la resiliencia frente al cambio climático. Al promover la adopción de tecnologías y prácticas más sostenibles, la guía podría contribuir a impulsar la innovación en la industria de la construcción y a fortalecer la competitividad del sector a nivel nacional e internacional.

1.2 Alcance

1.2.1 Objetivo General

- Analizar y proponer estrategias para la integración efectiva de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción en la República Dominicana.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis detallado del panorama actual de la industria de la construcción en la República Dominicana, identificando las barreras y oportunidades que existen para la integración de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos.
- Investigar y estudiar experiencias exitosas en otros países donde se hayan integrado criterios sostenibles en la aprobación de proyectos de construcción, con el fin de identificar enfoques y estrategias que puedan ser aplicables al contexto dominicano.
- Desarrollar recomendaciones específicas basadas en las barreras y oportunidades identificadas, con el objetivo de superar los obstáculos y promover la integración efectiva de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción en la República Dominicana.
- Evaluar la viabilidad y adaptabilidad de las recomendaciones propuestas al contexto dominicano, considerando factores económicos, políticos, sociales y culturales que puedan influir en su implementación exitosa y garantizar su impacto positivo en el desarrollo sostenible del país.

1.3 Breve explicación del método

Se propone un enfoque de investigación mixta que combina métodos cualitativos y cuantitativos para abordar el tema de la integración de criterios sostenibles en la aprobación de proyectos de construcción en la República Dominicana. Este enfoque incluiría una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre construcción sostenible a nivel internacional y nacional, un análisis de datos cuantitativos relacionados la sostenibilidad de la construcción de infraestructuras, estudios de casos de proyectos de construcción sostenible, así como una comparación internacional de experiencias exitosas en la integración de criterios sostenibles en la ingeniería civil. Además, se llevaría a cabo un análisis detallado del marco normativo y regulatorio relacionado con la construcción sostenible en el país para identificar posibles lagunas o áreas de mejora.

1.4 Contenido del trabajo

– *Capítulo 1: Introducción*

Se explica el contexto de la construcción sostenible en la República Dominicana, junto con la declaración del problema y su relevancia en el ámbito local. Se presentan los objetivos generales y específicos del estudio, y una descripción de la metodología de investigación a utilizar.

– *Capítulo 2: Panorama de la Industria de la Construcción en la República Dominicana*

En este capítulo se realiza un análisis detallado del estado actual de la industria de la construcción en el país. De igual forma, se identifican y analizan las barreras y obstáculos que dificultan la integración de criterios sostenibles en proyectos de construcción. Por último, se definen las oportunidades y áreas de mejora en el proceso de aprobación de proyectos.

– *Capítulo 3: Referencias Internacionales en Construcción Sostenible*

Se hace una revisión de experiencias exitosas en otros países donde se hayan integrado criterios sostenibles en el desarrollo de proyectos de construcción. Por otro lado, se identifican los enfoques y estrategias exitosas que puedan ser aplicables y adaptadas al contexto dominicano.

– *Capítulo 4: Recomendaciones para la Integración de Criterios Sostenibles*

Se desarrollan recomendaciones específicas para superar los desafíos locales en la integración de criterios sostenibles en los procesos de aprobación de proyectos de construcción.

– *Capítulo 5: Recomendaciones para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos*

Se plantea un método de evaluación de los proyectos a ser integrado en el proceso de aprobación de proyectos.

– *Capítulo 6: Marco de Acción para la Construcción Sostenible*

Se desarrolla un marco de acción con pasos concretos para la integración de criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de construcción. Se realiza una consideración de recursos disponibles y limitaciones.

– *Capítulo 7: Contribución a la Toma de Decisiones*

Se plantea proporcionar información y recomendaciones basadas en evidencias a las autoridades y profesionales de la construcción. Por otro lado, promocionar la adopción de prácticas sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos.

– *Capítulo 8: Conclusiones*

Se realiza la recapitulación de los hallazgos clave. Se identifica la importancia de la integración de criterios sostenibles en la República Dominicana. Reflexiones finales y llamado a la acción.

Capítulo 2: Panorama de la Industria de la Construcción en la República Dominicana

2.1 Contexto Natural

La República Dominicana se localiza en la región de Centro América y el Caribe, específicamente en la isla de La Española, compartida con la República de Haití. Su posición geográfica la sitúa como un punto de conexión crucial entre el norte y el sur de América, influyendo en sus patrones climáticos, ecosistemas y la diversidad biológica (CONAU, 2007). Esta ubicación ha hecho del país un centro de interacción cultural, económica y política, pero también lo expone a desafíos ambientales significativos, como los huracanes y el cambio climático (UNEP, 2013).

El país es reconocido por su biodiversidad, albergando miles de especies de plantas y animales, muchas de las cuales son endémicas. Esta diversidad se distribuye en diversos hábitats, desde los sistemas montañosos de la Cordillera Central, que incluye el Pico Duarte, la montaña más alta de las Antillas, hasta los extensos manglares y sistemas de arrecifes de coral (CONAU, 2007).

A pesar de un crecimiento económico sostenido en las últimas décadas, el gasto público destinado a mejorar la calidad de vida es considerablemente menor en comparación con los países de Latinoamérica, desarrollando altos niveles de desigualdad y dejando casi la mitad de la población en condiciones de pobreza (Grima & Singh, 2020). Esta situación empeora al entender que la isla es propensa a desastres naturales que, junto a los desafíos económicos, hace que el impacto sea aún mayor.

La elevación del nivel del mar, la erosión costera y la intensificación de los eventos climáticos extremos amenazan su infraestructura, economía y comunidades. La deforestación y la degradación del suelo, impulsadas por la expansión agrícola y urbana, ponen en riesgo sus bosques y la biodiversidad que albergan (Brundtland, 1987).

Frente a estos desafíos, la República Dominicana ha tomado medidas para proteger su patrimonio natural. El establecimiento de áreas protegidas y la implementación de políticas de conservación buscan preservar su diversidad ecológica. La promoción del turismo sostenible y las prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente son esfuerzos para equilibrar el desarrollo económico con la conservación.

2.2 Contexto económico

El panorama de la construcción en la República Dominicana se presenta como un pilar fundamental para el desarrollo económico del país, destacándose por su contribución significativa al Producto Interno Bruto (PIB) y su capacidad de interconexión con otras industrias nacionales. Este sector no solo se ha consolidado como el mayor contribuyente al PIB en comparación con otros subsectores industriales, con un aumento en su participación de 3.6 puntos porcentuales desde 2014 hasta 2021, sino que también se destaca por su importante papel en el mercado laboral, representando en promedio el 7.7% de la población ocupada a nivel nacional entre 2016 y 2021, con un crecimiento anual del 6.5% (Valdez Albizu, 2023)

La industria de la construcción enfrentó un crecimiento moderado en 2022, con una expansión del sector de apenas el 0.6% en un contexto de recuperación económica postpandemia. Este ritmo reducido se atribuye a la lucha contra la inflación y al alza de las tasas de interés, que afectaron los costos y desincentivaron la inversión. Más del 70% del dinero invertido en construcción se destina a viviendas o entornos turísticos y vacacionales, y la subida de tasas de interés tuvo un impacto directo en el mercado de la vivienda y, por ende, en el sector de la

construcción (Rico Albarán, 2023). Sin embargo, el Banco Central de República Dominicana ajustó su política monetaria a finales de mayo, reduciendo las tasas de interés al 8%, lo que se espera marque el inicio de un nuevo ciclo de inversión más atractivo para el sector.

En la Tabla 1 se muestra el PIB (Producto Interno Bruto) por trimestres, mostrando el valor agregado por sector a la economía nacional entre los años 2022 y 2023.

VALOR AGREGADO POR ACTIVIDAD ECONOMICA (Millones de RD\$)	2022 ^(p)				2023 ^(p)		
	E-M	A-J	J-S	O-D	E-M	A-J	J-S
Agropecuario	71,814.0	94,360.8	88,329.9	107,856.2	84,873.8	109,697.1	105,727.0
Industrias	476,518.5	491,407.0	471,434.6	539,357.6	484,798.2	482,602.3	477,371.3
Explotación de Minas y Canteras	23,159.5	22,917.9	22,914.4	21,674.3	22,627.1	19,699.3	20,118.0
Manufactura Local	167,078.0	189,420.6	181,113.4	191,131.7	174,685.3	178,467.1	177,685.8
Industrias de Alimentos	64,191.0	70,900.4	66,935.6	77,445.9	69,491.4	69,866.2	66,503.3
Elaboración de Bebidas y Productos de Tabaco	18,464.8	22,315.4	19,438.9	22,017.1	19,319.6	20,778.9	20,320.7
Fabricación de Productos de la Refinación de Petróleo y Químicos	17,975.5	17,798.7	19,409.6	19,950.6	20,175.0	18,510.8	19,422.4
Otras Manufacturas	66,446.7	78,406.1	75,329.3	71,718.1	65,699.3	69,311.1	71,439.6
Manufactura Zonas Francas	48,735.8	53,274.3	51,362.3	51,664.8	48,211.0	51,908.7	55,822.5
Construcción	237,545.2	225,794.3	216,044.5	274,886.9	239,274.8	232,527.2	223,745.0
Servicios	815,881.4	834,210.2	865,875.0	984,331.4	909,821.3	924,084.7	949,103.4
Energía y Agua	19,991.2	22,567.6	25,355.5	23,715.5	21,725.3	24,050.1	26,957.2
Comercio	150,410.1	164,028.9	164,437.1	195,190.5	161,014.8	168,719.3	170,746.4
Hoteles, Bares y Restaurantes	83,614.3	98,572.4	95,823.0	106,924.2	102,327.1	114,243.3	112,041.7
Transporte y Almacenamiento	133,632.1	129,169.8	132,265.5	138,319.5	144,097.4	137,415.9	139,324.2
Comunicaciones	10,858.1	10,745.9	11,476.3	12,293.8	11,484.3	11,490.2	12,153.2
Intermediación Financiera, Seguros y Actividades Conexas	57,734.4	52,181.1	57,457.7	62,959.9	69,790.2	65,559.3	70,630.8
Actividades Inmobiliarias y de Alquiler	99,716.8	101,307.1	103,610.9	103,858.0	109,420.1	112,143.2	114,435.2
Enseñanza	60,271.8	69,094.9	72,253.6	90,361.9	67,040.8	77,196.5	76,270.2
Enseñanza de Mercado	20,852.3	20,765.5	22,553.7	24,661.6	23,607.4	22,282.9	23,741.5
Enseñanza No de Mercado	39,419.5	48,329.4	49,699.9	65,700.2	43,433.5	54,913.6	52,528.7
Salud	49,945.4	50,574.5	52,276.6	57,270.9	58,275.3	58,319.5	59,294.6
Salud de Mercado	32,477.1	31,958.4	33,332.7	34,628.1	39,644.7	38,665.6	39,466.9
Salud No de Mercado	17,468.4	18,616.1	18,943.9	22,642.8	18,630.6	19,653.9	19,827.7
Otras Actividades de Servicios de Mercado	96,227.6	85,118.1	96,842.7	103,981.3	105,352.5	96,952.8	104,906.9
Administración Pública y Defensa; Seguridad Social de Afiliación Obligatoria y Otros Servicios	53,479.6	50,849.9	54,076.1	89,455.8	59,293.5	57,994.6	62,343.0
Valor Agregado	1,364,214.0	1,419,978.1	1,425,639.4	1,631,545.2	1,479,493.4	1,516,384.0	1,532,201.7
Impuestos a la producción netos de subsidios	105,830.7	101,889.8	101,701.3	109,765.5	108,474.6	102,692.1	109,992.1
Producto Interno Bruto	1,470,044.6	1,521,867.9	1,527,340.8	1,741,310.7	1,587,967.9	1,619,076.1	1,642,193.8

Tabla 1. Valor agregado por actividad económica trimestral 2022-2023. (Banco Central de la República Dominicana, 2023)

En los Gráficos 1 y 2, se muestra el resumen del valor agregado, el sector construcción ocupa el tercer lugar entre los sectores que más aportan a la economía dominicana

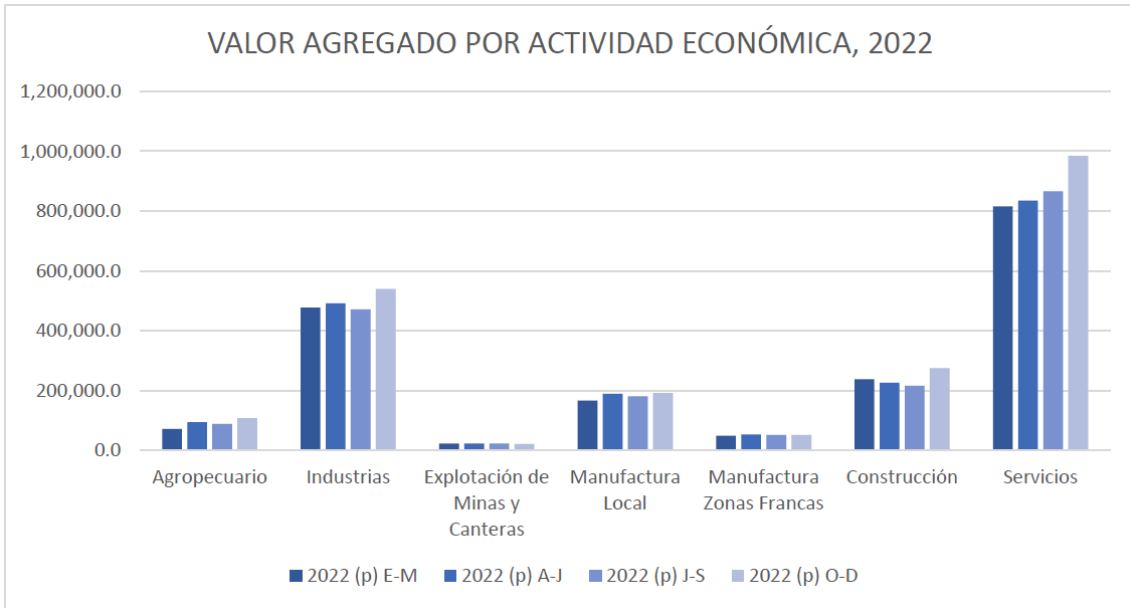


Gráfico 1. Valor agregado por actividad económica año 2022. Fuente: Banco Central de la República Dominicana, 2023.

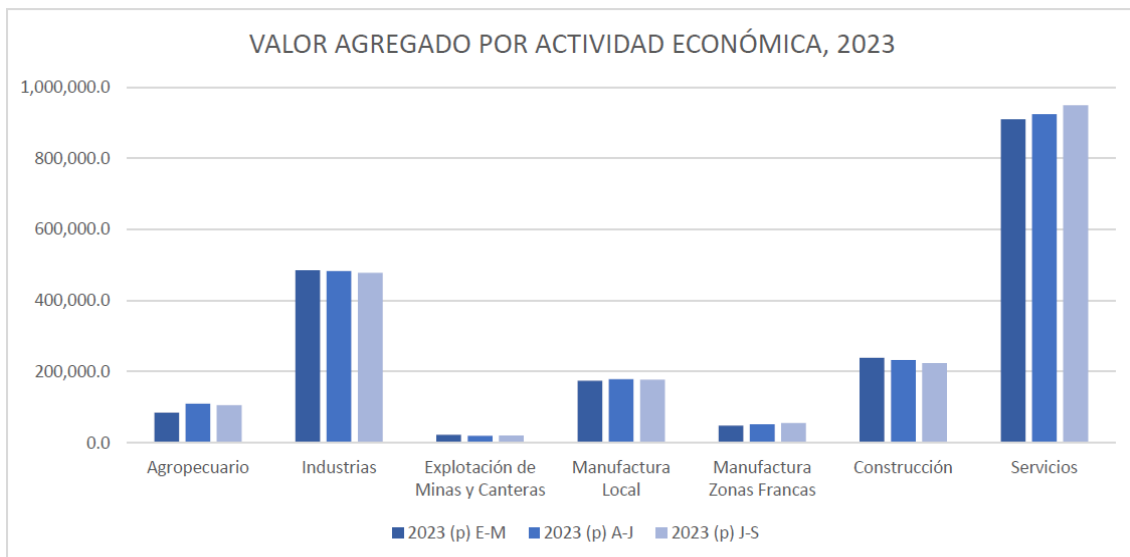


Gráfico 2. Valor agregado por actividad económica año 2023. Fuente: Banco Central de la República Dominicana, 2023.

Durante el periodo 2023 se aprobaron 1,236 proyectos de inversión pública, número que supera el promedio histórico registrado desde la entrada en funcionamiento del actual Sistema Nacional de Inversión Pública de 392 proyectos. El costo total de los proyectos aprobados fue de RD\$180,678.1 millones, el mayor monto aprobado en los últimos cinco años.

Los proyectos con mayor monto de inversión corresponden a la función Transporte con RD\$125,498.7 millones (69.5% del total aprobado), los cuales serán destinados casi en su totalidad a Transporte por carretera (65.7%). En segundo lugar, están los proyectos de Protección del aire, agua y suelo con un monto aprobado por RD\$12,541.8 millones, principalmente para la Ordenación de aguas residuales, drenaje y alcantarillado (6.1%) y, por último, Educación con un monto de RD\$8,088.3 millones para educación inicial. Estos tres sectores suman más del 80% del monto total aprobado en 2023.

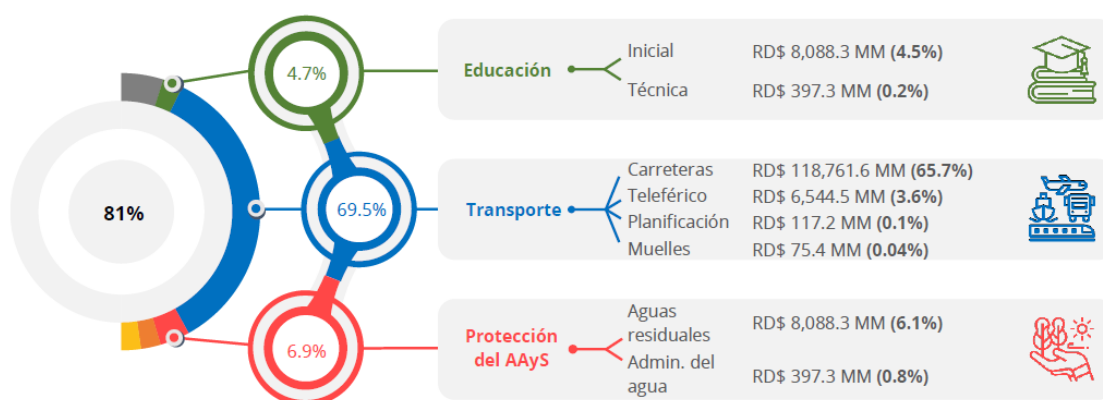


Gráfico 3. Costo total de proyectos aprobados por función y subfunción, 2023. Fuente: Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.

Los proyectos de inversión pública permiten la realización de actividades que contribuyen a la materialización de los objetivos y las metas de la Estrategia Nacional de Desarrollo (END). Al analizar la participación de proyectos vinculados a cada eje sobre el total ejecutado en el periodo, el eje con mayor representación es el tercero de Economía sostenible, integradora y competitiva con un 48.3%, seguido del segundo de Sociedad con igualdad de derechos y oportunidades (41%), el cuarto de Sociedad de producción y consumo ambientalmente sostenible que adapta al cambio climático con un 7.1% y, por último, el primero de Estado social democrático de derecho con un 3.6% de la ejecución total del periodo.

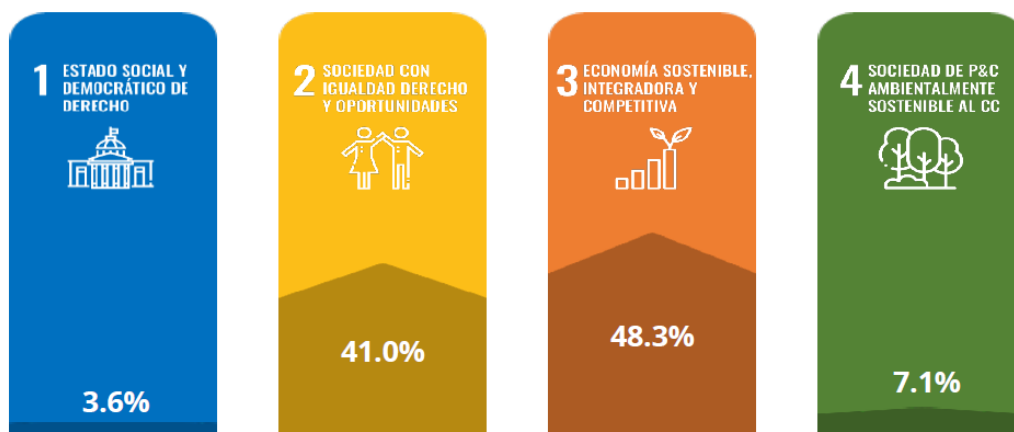


Gráfico 4. Distribución porcentual del monto ejecutado de los PIP por eje de la END, 2023. Fuente: Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.

El sector de la construcción en la República Dominicana, siendo un motor crucial para el desarrollo económico y un significativo contribuyente al PIB, enfrenta el desafío de adaptarse a principios de construcción sostenible frente a moderaciones de crecimiento e inflaciones en costos. La política monetaria adaptativa y un aumento en proyectos de inversión pública, especialmente en transporte y protección ambiental, reflejan un enfoque hacia una economía más sostenible y competitiva. Estas iniciativas, enmarcadas dentro de la Estrategia Nacional de Desarrollo, subrayan la importancia de equilibrar el desarrollo con sostenibilidad ambiental,

indicando un camino hacia la construcción sostenible que respeta y valora el entorno natural y social dominicano.

Sector privado

Para hacer un análisis del contexto económico de los proyectos privados de ingeniería civil se utilizan los datos obtenidos de la Oficina Nacional de Estadística de la República Dominicana Ver Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3. Las informaciones sobre las licencias de construcción otorgadas nos permiten saber la cantidad, el área de construcción y el valor tasado por tipo de construcción, presentando datos desde el año 2017.

En la Tabla 2, podemos observar que las construcciones del sector privado están principalmente enfocadas a tipos de proyecto habitacionales, los proyectos destinados a vivienda representan la mayor parte de las licencias de construcción otorgadas. Los tipos de proyectos de hospedaje y comercio representan otro grupo importante, seguidos de los proyectos de infraestructura y, por último, las modificaciones.

Tipo de construcción	Cantidad de licencias (Ud)	Área de construcción (m2)	Valor tasado (RD\$)
Total	51,993	53,428,734.4	756,034,827,818.4
Edificios de Apartamentos ¹	36,193	35,088,025.2	519,687,793,635.5
Hospedaje ²	1,647	3,326,479.1	56,839,543,583.4
Vivienda	9,655	3,372,220.9	50,364,920,001.3
Apartamento y vivienda	500	133,730.3	1,807,803,803.4
Combinados (Comercio y Vivienda)	2,197	2,292,190.1	35,752,656,033.8
Albergues	12	4,443.9	58,056,217.5
Combinados (Comercio y Oficinas)	590	1,755,367.1	26,725,252,900.2
Edificios comerciales	169	452,630.8	7,674,272,520.1
Estaciones de Combustibles	203	101,690.5	1,616,877,215.9
Almacenes	154	454,746.6	6,277,694,105.0
Depósitos	11	26,125.7	367,587,761.5
Estructura especiales ³	211	633,211.9	8,845,675,330.4
Obras de Orden Social ⁴	43	342,699.0	4,246,278,964.1
Centro de salud ⁵	68	390,573.2	6,738,087,158.3
Centros de recreación y de deportes	39	3,984,684.1	1,570,665,806.0
Colegios y Centros Educativos	50	242,972.9	26,242,606,209.5
Parqueos	5	9,715.0	110,234,850.3
Servicio de Transporte ⁶	26	79,160.8	1,108,821,722.3
Modificaciones	3,133	3,860,722.1	53,507,044,589.3

m²: Metro cuadrado.

¹También contiene los edificios de apartamentos turísticos habitacionales.

² Esta tipología puede contener: Hospedaje y comercio, complejo turístico, aparta hotel, aparta estudio, motel y cabañas, entre otros.

³ Esta tipología puede contener: Complejo industrial, plantas de generación eléctrica, invernadero, naves industriales, parque de energía fotovoltaica, naves comerciales, planta de cemento, tanque de almacenamiento de gas natural, entre otros.

⁴ Esta tipología puede contener: Iglesias, clubes sociales y deportivos, capillas y hospedajes, albergues, entre otros.

⁵Esta tipología puede contener: Clínica, consultorio médico, centro médico y laboratorio, entre otros.

⁶Esta tipología incluye Terminal de Autobuses Urbanos e Interurbanos y Estacionamientos Públicos

Tabla 2 Cuadro de resumen de licencias otorgadas en la construcción del sector privado en el período 2017-2023, según tipo de construcción. Elaboración propia. Fuente: Registros administrativos Departamento Tramitación de planos, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).

Para enfocar la información a los propósitos de la presente guía, se han agrupado los tipos de proyectos en tres tipologías (i) Vivienda, hospedaje, comercio; (ii) Infraestructura y; (iii) modificaciones. Para la tipología de infraestructura se seleccionaron los tipos siguientes tipos:

- Estaciones de combustibles
- Estructuras especiales (incluye: Complejo industrial, plantas de generación eléctrica, invernadero, naves industriales, parque de energía fotovoltaica, planta de cemento, entre otros)
- Obras de orden social (incluye: Iglesias, clubes sociales y deportivos, capillas y hospedajes, albergues, entre otros)
- Hospitales
- Centros de recreación y deporte
- Colegios y Centros Educativos
- Estacionamientos
- Servicio de transporte (incluye: Terminal de Autobuses Urbanos e Interurbanos y Estacionamientos Públicos)

En la Tabla 3, se muestran las informaciones de acuerdo con las tres tipologías de proyectos. La mayor parte de la inversión privada en proyectos de construcción es representada por la tipología de viviendas, hospedaje y comercio. Los proyectos de infraestructura representan un porcentaje muy por debajo de las otras categorías en relación con el total de licencias. De acuerdo con los datos presentados para esta tipología de infraestructura, al ser este un grupo reducido de proyectos, se podría plantear un proceso de evaluación más detallado de los proyectos y sus repercusiones medio ambientales.

Tipo de construcción	Cantidad de licencias (Ud)	Área de construcción (m2)	Valor tasado (RD\$)
Vivienda, hospedaje, comercio	51,128	46,905,960	705,555,580,562
Infraestructura	645	5,784,708	50,479,247,257
Modificaciones	3,133	3,860,722	53,507,044,589

Tabla 3. Cuadro de resumen de licencias otorgadas en la construcción del sector privado 2017-2023, según tipo de proyecto. : Registros administrativos Departamento Tramitación de planos, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).

2.3 Contexto legal y normativo

La República Dominicana cuenta con un marco legal que, en referencia a la sostenibilidad, se enfoca principalmente en proteger la biodiversidad a nivel nacional. En el año 2000, se desarrolla la Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, es el principal instrumento de control del estado y aporta directrices para proteger y mejorar la naturaleza llegando incluso a determinar un proceso por el cual las obras de construcción pasan por un proceso de aprobación de obras, este proceso les otorga un documento que es necesario para obtener el permiso de construcción.

La forma en que se contrata la mayoría de los proyectos de infraestructura pública es principalmente por medio de licitaciones, sin embargo, existen numerosos proyectos privados de infraestructura que deben realizar un proceso de aprobación que otorga el permiso de construcción. Este estudio se concentra en la parte privada del desarrollo de infraestructuras, se considera que el tipo de proyectos tiene la necesidad de cumplir con criterios de sostenibilidad que puedan ser evaluados para determinar el impacto económico, medio ambiental, y social que generan.

Existe un proyecto de nación convertido en la Ley 1-12 Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, que en su artículo 13 expresa que todos los planes, programas, proyectos y políticas públicas deberán incorporar criterios de sostenibilidad ambiental y adecuada gestión integral de riesgos. Dentro de sus objetivos específicos esta la reducción de la vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático, fomentando el uso de fuentes renovables de energía, el ahorro y eficiencia energética y un transporte eficiente limpio. No contiene objetivos específicos relacionados a la industria de la construcción, sin embargo, otorga una base legal sobre la cual desarrollar indicadores de sostenibilidad que pueden ser utilizados para llevar esta estrategia al nivel de la construcción (Ley 1-12, 2012).

La legislación sostenible en países en desarrollo se concentra en la elaboración de estrategias a nivel macro, con pocas investigaciones enfocándose en las etapas de diseño y construcción a nivel micro; y que paradójicamente, es preciso que a niveles micro, los objetivos nacionales estratégicos sean traducidos en acción concreta y práctica. (Ugwu & Haupt, Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability - A South African construction industry perspective, 2007).

El proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada en la República Dominicana está regulado por el Ministerio de Vivienda y Edificaciones. El resultado de esta aprobación es una licencia de construcción que se otorga al desarrollador para poder comenzar la etapa de construcción del proyecto. Los tipos de proyectos incluyen hospitales, escuelas, plantas de tratamiento de agua y sistemas de energía.

La obtención de la licencia de construcción tiene como requisito la presentación de toda la documentación técnica y también aprobaciones previas de otras instituciones dependiendo el tipo de proyecto. Para los proyectos del sector salud se requiere la aprobación del Ministerio de Salud Pública, para los proyectos de edificios del sector industrial necesita la aprobación del Ministerio de Industria y Comercio, para los proyectos de edificios del sector educación requieren la aprobación del Ministerio de Educación; a su vez, todos los proyectos requieren aprobación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El resultado del cumplimiento de este proceso en cada ministerio otorga un certificado de no objeción a la construcción para ser presentada ante el Ministerio de Vivienda y Edificaciones. El gráfico 5 muestra el recorrido de aprobación de proyectos de infraestructura privada.

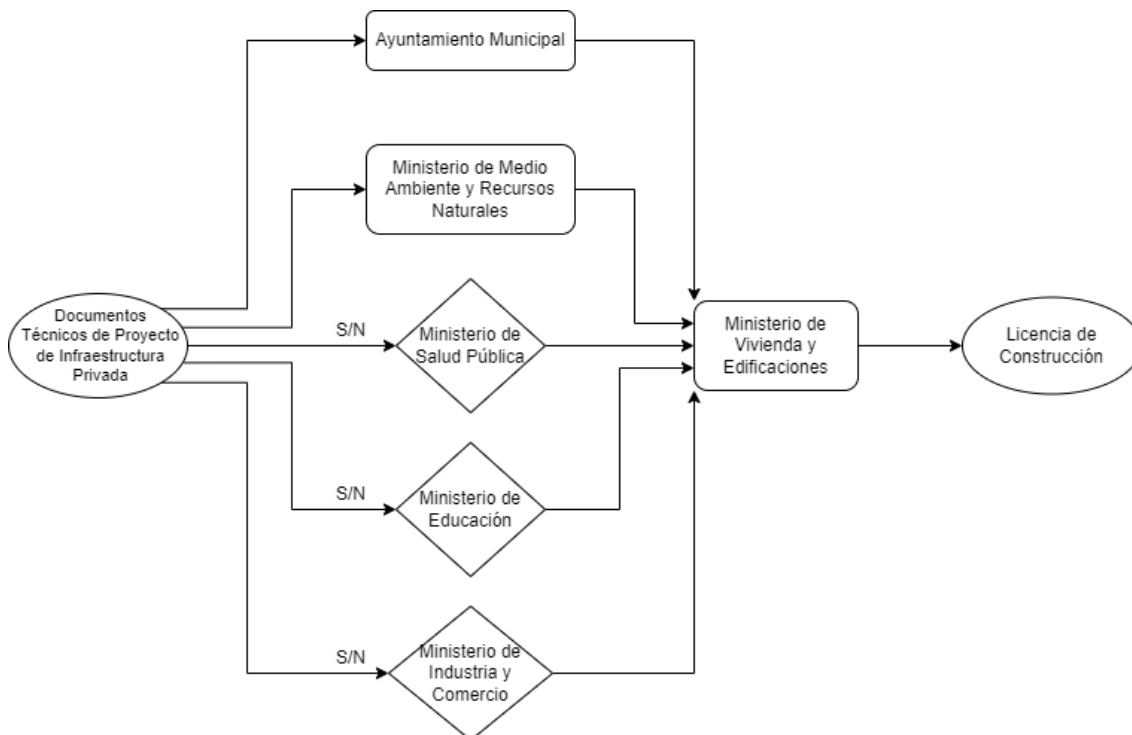


Gráfico 5. Diagrama de flujo del proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada en la República Dominicana. Fuente Elaboración propia.

Se observa que la documentación técnica debe ser independientemente tramitada para cada una de las instituciones. En el caso de los ministerios de salud, educación, e industria, se ha diferenciado en la forma del elemento para indicar que estos pueden ser incluidos o no en el proceso dependiendo del tipo de proyecto. Se puede observar que el proceso requiere estas aprobaciones previas para que cada institución relacionada al tipo de proyecto considere, de acuerdo con su criterio independiente, si el proyecto puede ser construido o no. Se puede discutir que este método de aprobación puede ser confuso a la hora de implementar criterios de sostenibilidad en el proceso de aprobación de los proyectos de infraestructura.

Ley No. 340-06 sobre Compras y Contrataciones de Bienes, Servicios, Obras y Concesiones

El propósito principal de esta legislación es delinear los principios y normativas que orientan la contratación de bienes, obras, servicios y concesiones por el Estado, abarcando las distintas modalidades que cada uno de estos puede implicar. Este Sistema de Contratación Pública se compone de principios, normas, entidades y procedimientos específicos que regulan y facilitan las adquisiciones estatales, asegurando un proceso transparente y eficiente.

Están sujetos a las regulaciones previstas en esta ley y sus reglamentos, los organismos del sector público que integran los siguientes agregados institucionales:

1. El Gobierno Central
2. Las instituciones descentralizadas y autónomas financieras y no financieras;
3. Las instituciones públicas de la seguridad social;
4. Los ayuntamientos de los municipios y del Distrito Nacional;
5. Las empresas públicas no financieras y financieras, y
6. Cualquier entidad que contrate la adquisición de bienes, servicios, obras y concesiones con fondos públicos.

La ley destaca la importancia de seleccionar propuestas que, tras una evaluación, resulten ser las más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico, apoyando así el desarrollo sostenible y la utilización eficiente de los recursos públicos.

Ley 64-00 General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales

Esta legislación se enfoca en establecer directrices para la conservación, protección, mejora y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, promoviendo su utilización de manera sostenible. Se enfatiza que estos elementos son patrimonio de la nación y cruciales para el desarrollo sostenible, resaltando la importancia de su cuidado y uso responsable como un compromiso nacional.

Se establece que es deber del Estado, la sociedad y cada individuo del país contribuir activamente a la protección y mejora del medio ambiente y los recursos naturales, abogando por patrones de producción y consumo sostenibles. Esto subraya la responsabilidad compartida en la preservación del patrimonio natural y cultural para las generaciones presentes y futuras.

Ley 1-12, Estrategia Nacional del Desarrollo 2030

La Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 de la República Dominicana establece un marco de acción para el sector público y privado, buscando sinergias para cumplir con la visión de nación y objetivos estratégicos establecidos. Se centra en promover un desarrollo que sea sostenible, equitativo e integrado, con un fuerte compromiso hacia la justicia social y la participación democrática.

La visión a largo plazo de esta estrategia es transformar a la República Dominicana en un país próspero con una población que vive con dignidad y valores éticos, dentro de una democracia participativa. Se enfatiza en la gestión y aprovechamiento de recursos para un desarrollo innovador y sostenible, integrado territorialmente y competitivo globalmente.

Para lograr estos objetivos, la estrategia se divide en cuatro ejes estratégicos que incluyen la mejora de la administración pública, la garantía de derechos y oportunidades igualitarias para la población, el fomento de una economía diversificada y sostenible, y la promoción de una cultura de consumo responsable. Además, se establece que todos los proyectos y políticas deben incorporar criterios de sostenibilidad ambiental, reflejando el compromiso del país con el desarrollo sostenible hacia el 2030.

Ley No. 57-07 sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes especiales

La ley en cuestión crea un marco esencial para promover el desarrollo e inversión en tecnologías de energías renovables dentro del territorio nacional, apuntando hacia una transformación hacia fuentes de energía más sostenibles y limpias. Este marco legal busca motivar a proyectos que deseen aprovechar los incentivos ofrecidos para el uso de fuentes renovables.

La legislación enfatiza el papel del Estado en garantizar un suministro energético confiable y sustentable, minimizando la dependencia de las importaciones de petróleo a través de la diversificación de las fuentes de energía. Este enfoque no solo busca incrementar la seguridad energética sino también asegurar que las necesidades energéticas del país se satisfagan de manera sostenible en los ámbitos ambiental, social y económico.

Capítulo 3: Referencias Internacionales en Guías de Criterios de Construcción Sostenible

3.1 Guía Nacional Sobre Desarrollo Sostenible Y La Gestión Ambiental Para Ingenieros Profesionales, Canadá (Engineers Canada, 2016)

La guía nacional sobre desarrollo sostenible y la gestión ambiental para ingenieros profesionales, publicada en septiembre de 2016 por Ingenieros de Canadá, representa un marco integral para la práctica de la ingeniería bajo los principios del desarrollo sostenible y la responsabilidad ambiental. Consta de diez directrices diseñadas para complementar los códigos de ética existentes de los 12 reguladores de ingeniería de Ingenieros de Canadá y busca ser un referente nacional acordado mutuamente.

El propósito de este documento es describir prácticas de ingeniería que anticipan el desarrollo sostenible y previenen la degradación ambiental. Estas directrices, ampliadas con comentarios adicionales, están dirigidas a ingenieros y poseedores de Certificados de Autorización o Permisos para Practicar, instándolos a actuar de manera responsable y sostenible, especialmente siendo proactivos en la protección y la gestión del medio ambiente siguiendo principios de sostenibilidad.



Gráfico 6. Proceso de mejora continua en la práctica de la ingeniería sostenible. Fuente: National guideline on sustainable development and environmental stewardship for professional engineers, (Engineers Canada, 2016)

El concepto de desarrollo sostenible, según la guía, se espera que evolucione, lo que requiere que la educación en ingeniería y el desarrollo profesional continuo incluyan un entendimiento profundo sobre este tema. La Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC) recalca la importancia de que los ingenieros comprendan las cuestiones ambientales, ecológicas y sociales, e incorporen estas consideraciones en todo lo que hacen. Esto marca un cambio fundamental en cómo se evalúa el rendimiento de los proyectos de ingeniería, añadiendo criterios de diseño invisibles que afectarán cada proyecto, ya sea de productos, procesos, instalaciones o infraestructuras.

La guía distingue entre sostenibilidad, que se centra en preservar el medio ambiente, y desarrollo sostenible, que apunta a lograr el desarrollo sin comprometer la capacidad de las futuras

generaciones para satisfacer sus necesidades, integrando objetivos más amplios como la reducción de la pobreza, la justicia social y las conexiones locales y globales.

Se define la gestión ambiental como el uso prudente de los recursos finitos de la naturaleza para producir el mayor beneficio mientras se mantiene un ambiente saludable para el futuro previsible. La relación entre desarrollo sostenible y gestión ambiental se describe como complementaria, donde no se puede satisfacer completamente uno sin el otro, y ambos deben informar nuestra toma de decisiones para proteger y preservar el medio ambiente de manera que la sociedad pueda permitírselo.

Los ingenieros, ya sea como empleados, empleadores, investigadores, académicos, consultores o en roles reguladores y gerenciales, tienen la responsabilidad de no solo considerar medidas de reducción de costos a corto plazo que puedan comprometer el desarrollo sostenible, sino también de buscar un equilibrio entre la gestión ambiental, la sociedad y la economía.

Las diez directrices son las siguientes:

1. Mantenimiento y Mejora del Conocimiento y la Competencia
2. Trabajar con Equipos Multidisciplinarios
3. Considerar Impactos Sociales
4. Diseñar y Evaluar Resultados de Sostenibilidad e Indicadores de Gestión Ambiental
5. Evaluación Económica y Presupuestaria
6. Planeación y Gerencia
7. Búsqueda y Transmisión de la Innovación
8. Consultar, Comunicar y Liderar
9. Cumplimiento de las Leyes y Regulaciones
10. Evaluación de Riesgo

La guía enfatiza la importancia de integrar la gestión ambiental y la sostenibilidad en la planificación y gestión del ciclo de vida de las actividades que impactan el medio ambiente, y recomienda utilizar sistemas de gestión ambiental basados en normas ISO 14000, que incluyen indicadores de desempeño y métodos para recolectar y analizar datos. Herramientas como Envision en EE. UU., CEEQUAL en Gran Bretaña y la UE, el sistema de calificación IS en Australia, y el sistema CBDD en Francia, proporcionan marcos para evaluar y calificar los beneficios comunitarios, ambientales y económicos de todo tipo de proyectos de infraestructura.

3.2 Guía Básica de Criterios de Sostenibilidad en las Promociones de Viviendas con Protección Pública. Comunidad Valenciana, España (Conselleria de Territorio y Vivienda, 2006).

La Guía Básica de Criterios de Sostenibilidad en las Promociones de Viviendas con Protección Pública es un documento desarrollado en 2006 por la Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana, en colaboración con la Dirección General de Vivienda y Proyectos Urbanos y la Dirección General de Calidad Ambiental. Este documento tiene como objetivo orientar a los diversos agentes involucrados en la construcción y rehabilitación de viviendas protegidas hacia prácticas sostenibles que respondan a los crecientes desafíos medioambientales.

El sector de la construcción, que representa el 34% del total de la edificación en España, enfrenta la necesidad de adaptarse a los principios de sostenibilidad debido a su significativo impacto en

el consumo de recursos y la producción de residuos. Ante este panorama, la guía se propone como un manual de buenas prácticas que abarca desde la fase de diseño hasta la de mantenimiento de los edificios, asegurando así una actividad empresarial sostenible a medio y largo plazo.

La estructura de la guía se divide en tres fases principales:

1. **Fase de Diseño:** Se enfoca en integrar criterios sostenibles desde el inicio del proyecto. Incluye aspectos como la eficiencia energética, la elección de materiales, y el diseño orientado a optimizar la inercia térmica y la ventilación natural. Además, se contempla la captación solar y el manejo eficiente del agua como elementos clave.
2. **Fase de Construcción:** Prioriza la gestión de residuos y la protección del entorno. Esta etapa es crucial para minimizar los impactos ambientales directos de las obras, promoviendo prácticas que reduzcan el consumo de recursos y la contaminación.
3. **Fase de Mantenimiento:** Se centra en el seguimiento y mantenimiento continuo de la edificación, promoviendo intervenciones que preserven la funcionalidad y la sostenibilidad del edificio a lo largo de su vida útil.

La guía también establece una serie de criterios de sostenibilidad basados en tres ejes: social, económico y ambiental. Estos criterios son fundamentales para guiar el desarrollo de viviendas que no solo sean ambientalmente sostenibles, sino también social y económicamente viables. Incluyen la mejora de la habitabilidad, la eficiencia energética, el uso sostenible de recursos como el agua, y la selección de materiales que minimicen el impacto ambiental.

La fase de diseño constituirá la base sobre la que se edificarán los lineamientos de sostenibilidad, orientando el desarrollo del proyecto de acuerdo con la planificación establecida. Dentro de esta fase, las líneas estratégicas de actuación incluyen:

- Mejora de las condiciones del entorno, la habitabilidad y el confort
- Mejora de la eficiencia energética y disminución del consumo energético
- Uso sostenible de la vivienda
- Elección de materiales
- Asunción de los aspectos sociales

Se enfatiza la importancia de la participación ciudadana en el proceso de diseño, buscando adaptar las viviendas a las necesidades reales de los usuarios y fomentar un sentido de comunidad y pertenencia. Esto es crucial en un contexto donde las viviendas a menudo no reflejan las necesidades de sus habitantes y donde la flexibilidad y accesibilidad deben ser prioritarias.

En cuanto al desarrollo y aplicación de estos criterios, la guía sugiere su incorporación en los pliegos de condiciones de contratación para garantizar su cumplimiento por parte de los contratistas y promotores. Además, propone un enfoque progresivo hacia la regulación normativa que establezca niveles exigibles y evaluables, asegurando así la efectiva implementación de medidas de sostenibilidad.

3.3 Guías De Sostenibilidad En La Edificación Residencial. Valencia, España (Generalitat Valenciana, 2009)

Las "Guías de Sostenibilidad en la Edificación Residencial", publicadas por la Generalitat Valenciana a través de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda en 2009, representan un esfuerzo integrado para abordar las prácticas sostenibles en el sector de la

construcción residencial. Esta primera edición de las guías se enfoca en establecer directrices claras y efectivas en áreas clave como la calidad del ambiente interior, la gestión del agua, la eficiencia energética y el manejo de residuos. Estas guías son diseñadas para servir como referencia esencial para proyectistas, constructores, reguladores y usuarios, facilitando la adopción de tecnologías y métodos que promueven la sostenibilidad ambiental en la construcción y rehabilitación de viviendas, buscando así mejorar tanto la calidad de vida de los habitantes como la preservación del entorno natural.

Las cuatro guías de sostenibilidad para la edificación residencial abordan distintos aspectos fundamentales para una construcción y rehabilitación responsables y ecológicas. Aunque cada una se centra en un tema específico: calidad del ambiente interior, gestión del agua, eficiencia energética y manejo de residuo, juntas proporcionan un enfoque integral para enfrentar los desafíos medioambientales en el ámbito de la vivienda. A continuación, se detalla el enfoque y los puntos clave de cada guía, destacando tanto sus objetivos como sus metodologías y las sinergias que existen entre ellas.

Calidad del Ambiente Interior

Esta guía enfatiza la importancia de un ambiente interior saludable, abordando los riesgos asociados a la presencia de contaminantes químicos y biológicos en los espacios cerrados. Reconoce que los habitantes de las viviendas pasan entre el 60 y el 90% de su tiempo en interiores, por lo que la calidad del aire interior es crucial para su salud y bienestar. A través de fichas detalladas, la guía ofrece antecedentes, recomendaciones prácticas, y beneficios de implementar medidas sostenibles. Está dirigida principalmente a proyectistas y usuarios, proporcionando herramientas para mejorar significativamente la calidad del aire en las edificaciones.

Gestión del Agua

La segunda guía aborda la creciente problemática de la escasez de agua dulce, haciendo un llamado a la eficiencia y la sostenibilidad en el uso del agua en entornos urbanos. Se centra en tecnologías y prácticas que promueven la conservación del agua, la reutilización y el reciclaje. Además, critica la insuficiencia de las normativas actuales y propone mejoras significativas en la gestión del agua a nivel municipal y doméstico. La guía es una herramienta valiosa para aquellos involucrados en la planificación y diseño de nuevos proyectos, así como para la administración pública encargada de la regulación y el control.

Eficiencia Energética

Esta guía se concentra en reducir el consumo de energía de los edificios, promoviendo el uso de energías renovables y mejorando la eficiencia de las instalaciones existentes. Presenta un enfoque pragmático que incluye desde mejoras en el aislamiento y la iluminación hasta la integración de sistemas de calefacción avanzados. La normativa reciente y los incentivos para la rehabilitación energética son explorados como medios para lograr edificaciones más eficientes y menos contaminantes. Este documento es esencial para diseñadores, ingenieros y políticos que buscan implementar prácticas de consumo energético reducido y sostenible.

Manejo de Residuos

La última guía se enfoca en la gestión eficiente de los residuos generados durante la vida útil de las edificaciones. Desde la construcción hasta la demolición, promueve la recuperación y el reciclaje de materiales, abordando tanto los Residuos de la Construcción y la Demolición (RCDs) como los Residuos Urbanos (RU). La guía resalta la necesidad de prácticas sostenibles en todas

las etapas del ciclo de vida del edificio, con un enfoque particular en la minimización de impactos ambientales y la conservación de recursos.

Juntas, estas guías forman un compendio exhaustivo que no solo aborda diversas áreas de impacto ambiental en la construcción residencial, sino que también proporciona un marco para la acción coordinada entre diferentes inversionistas.

Los proyectistas, constructores, usuarios y reguladores pueden encontrar en estas guías principios y prácticas que, al ser implementados, resultan en una mejora significativa en la sostenibilidad, el ahorro económico y la calidad de vida de los ocupantes, contribuyendo al mismo tiempo a la preservación del medio ambiente para futuras generaciones.

Capítulo 4: Recomendaciones para la integración de criterios sostenibles en proyectos de ingeniería civil

En el contexto actual, donde el deterioro ambiental y los cambios climáticos representan desafíos significativos para la sostenibilidad global (Baño et al, 2005), se vuelve imperativo replantear los modelos tradicionales de desarrollo, particularmente en sectores clave como la construcción. Este sector es notablemente influyente en términos de consumo de recursos, generación de residuos, y su impacto en la eficiencia energética de las edificaciones (Baño et al, 2005). Ante esta realidad, se hace necesario promover un cambio hacia la adopción de prácticas sostenibles que puedan mitigar los efectos negativos asociados a las actividades de construcción.

La República Dominicana, al igual que muchas otras regiones susceptibles a los impactos del cambio climático debido a su posición geográfica y dinámica socioeconómica enfrenta una necesidad urgente de integrar la sostenibilidad en la industria de la construcción. (Ayala García, 2015)

La sostenibilidad en la construcción debe estar fundamentada en un marco de equidad y solidaridad, priorizando la prevención desde el diseño hasta la post-construcción. Las decisiones tomadas por los diferentes actores del sector, desde los promotores y arquitectos hasta los fabricantes de materiales y los usuarios finales, deben incorporar evaluaciones ambientales como parte esencial de sus procesos (Engineers Canada, 2016). Estas decisiones deben basarse en principios que analicen el ciclo de vida completo de los proyectos, buscando soluciones que aborden los problemas desde su origen y fomenten participaciones activas en desarrollos locales.

Para implementar efectivamente estos cambios, es importante establecer políticas claras y normativas que promuevan prácticas sostenibles. Estas políticas deben estar basadas en criterios evaluables que faciliten la adopción de estrategias de sostenibilidad a largo plazo. Incluir estos criterios sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada es esencial para motivar una reorientación hacia la sostenibilidad en el sector (Penagos, y otros, 2015).

Para definir estos criterios sostenibles se ha comenzado por estudiar el reporte llamado “*Our Common Future*”, comúnmente conocido como reporte Brundtland (Brundtland, 1987). Ha sido la principal fuerza impulsora en la conceptualización e implementación del desarrollo sostenible en todas las escalas espaciales y de gobernanza. Ha influido profundamente en la multitud de cuestiones relacionadas con el medio ambiente, sociales, económicas y de gobernanza desde la

escala local hasta la global. (Phillips J. , 2023). El informe Brundtland, por lo tanto, ha guiado e influido directa o indirectamente a individuos, comunidades, sociedades, organizaciones, empresas, economías y gobiernos en todas las escalas espaciales durante décadas.

Como segundo recurso se identificaron las fuentes literarias que presentan referencias de estrategias nacionales o regionales de construcción sostenible. Estas referencias, resumidas en el capítulo anterior, han definido las pautas y criterios sostenibles que deben incluir tanto los proyectos de ingeniería civil como los de vivienda pública a la hora de diseñar, construir y mantener los proyectos. Sin embargo, el presente trabajo requiere la definición de criterios sostenibles que puedan ser incluidos en el proceso de aprobación de proyectos de infraestructura privada, por lo que se considera que estos criterios deben poder ser sometidos a un proceso analítico para determinar el cumplimiento de la aplicación de los criterios sostenibles en el diseño, planificación y gestión de los proyectos.

La revisión de literatura indica que incluso en niveles nacionales, subregionales y continentales, la mayoría de las iniciativas actuales se concentran en definiciones a nivel macro y a establecer metas de sostenibilidad de base amplia (Ugwu & Haupt, 2007). Importantes barreras existen en la implementación de la sostenibilidad en la industria de la construcción. La razón principal es la falta de conocimiento acerca de cuáles criterios sostenibles deben ser incluidos y la gran subjetividad en la definición de su nivel de importancia. Ambos aspectos deben ser abordados dependiendo del contexto específico de cada país (Moltanbán-Domingo, García-Segura, Sanz, & Pellicer, 2018)

Los siguientes criterios sostenibles se han considerado para formar el marco de sostenibilidad en el cual se evaluarán los proyectos de ingeniería civil en la República Dominicana, la finalidad de estos criterios es que puedan ser traducidos a documentación cuantitativa o cualitativa para poder analizar de manera objetiva los proyectos.

1. Impacto ambiental
2. Eficiencia energética
3. Gestión de recursos hídricos
4. Conservación de la biodiversidad
5. Materiales sostenibles
6. Reducción de residuos
7. Integración comunitaria
8. Planificación de uso de suelo¹

Al describir estas recomendaciones, se busca proporcionar un camino hacia una transformación integral que minimice el impacto ambiental del sector de la construcción, y que también promueva el desarrollo económico, la justicia social, y la gestión ambiental.

Para utilizar efectivamente esta guía en proyectos de construcción civil, el lector debe seguir un procedimiento estructurado que comienza por familiarizarse con la justificación de cada criterio. Cada sección de la guía inicia con una explicación detallada sobre la importancia del criterio específico, seguido por una lista de los profesionales requeridos para implementar estas prácticas, asegurando que se cuente con la experiencia necesaria desde el inicio del proyecto.

¹ Este criterio aplica para las instituciones gubernamentales.

Posterior a esto, se deben revisar los objetivos establecidos para cada criterio, que guiarán las acciones y decisiones del proyecto. Por último, la guía proporciona una descripción general para la implementación de cada criterio durante las fases de diseño, ejecución y evaluación del proyecto.

4.1. Impacto ambiental

Justificación

El Estudio de Impacto Ambiental es un requisito sostenible incluido en la Ley 64-00 sobre recursos naturales, establece que los proyectos deben ser planificados y ejecutados con el mínimo impacto negativo sobre el entorno natural y social. El desarrollo sostenible requiere que los impactos adversos sobre la calidad del aire, el agua y otros elementos naturales se minimicen para mantener la integridad general del ecosistema (Brundtland, 1987). El estudio ofrece una oportunidad para integrar soluciones sostenibles desde las fases tempranas del diseño, lo que alinea los proyectos de construcción con las metas de desarrollo sostenible a largo plazo del país.

La implementación del EIA también refuerza la transparencia y la participación pública en los proyectos de construcción. Al incluir a las comunidades locales y a las partes interesadas en el proceso de evaluación, se promueve una mayor conciencia y responsabilidad ambiental entre todos los involucrados. Esto no solo mejora la aceptación y el soporte de los proyectos por parte de la comunidad, sino que también asegura que las preocupaciones ambientales y sociales sean consideradas de manera adecuada.

Objetivos

1. **Prevención de Daños Ambientales y Sociales:** Asegurar que todos los proyectos de construcción identifiquen y mitiguen posibles impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades antes de su implementación.
2. **Fomento de la Sostenibilidad a Largo Plazo:** Integrar principios de sostenibilidad en todas las fases del proyecto para alinear el desarrollo económico con la conservación ambiental y el bienestar social.

Profesionales Requeridos

- Ecologista
- Urbanista
- Ingeniero Civil
- Geólogo
- Abogado Ambientalista
- Arqueólogo

Descripción del lineamiento

Durante la fase de diseño, se recopila información preliminar sobre el sitio y sus alrededores, y se realizan consultas con las partes interesadas, incluidos expertos ambientales, autoridades locales y la comunidad. Esta fase es fundamental para definir la metodología que se seguirá, determinar las áreas de estudio necesarias y establecer una línea base para las condiciones ambientales actuales. La planificación meticulosa en esta etapa ayuda a guiar todo el proceso de la EIA de manera eficiente.

La ejecución del EIA implica la recolección y análisis de datos detallados para evaluar los impactos potenciales del proyecto. Esto incluye estudios de campo, encuestas y modelización

ambiental para prever los cambios que el proyecto podría ocasionar en el ambiente natural y social. Los especialistas realizan evaluaciones técnicas para identificar, describir y cuantificar estos impactos. También se desarrollan y proponen medidas de mitigación para prevenir, reducir o compensar los impactos adversos. La ejecución efectiva depende de una colaboración estrecha entre los diversos especialistas y de una comunicación continua con las partes interesadas para ajustar las estrategias de mitigación según sea necesario.

En la fase final, los resultados se compilan en un informe detallado que incluye tanto los impactos previstos como las medidas de mitigación propuestas. Este informe se somete a revisión tanto interna como externa, incluyendo una evaluación pública donde las partes interesadas pueden revisar y comentar. La fase de evaluación culmina con la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, que pueden aprobar, modificar o rechazar el proyecto basado en los hallazgos del EIA.

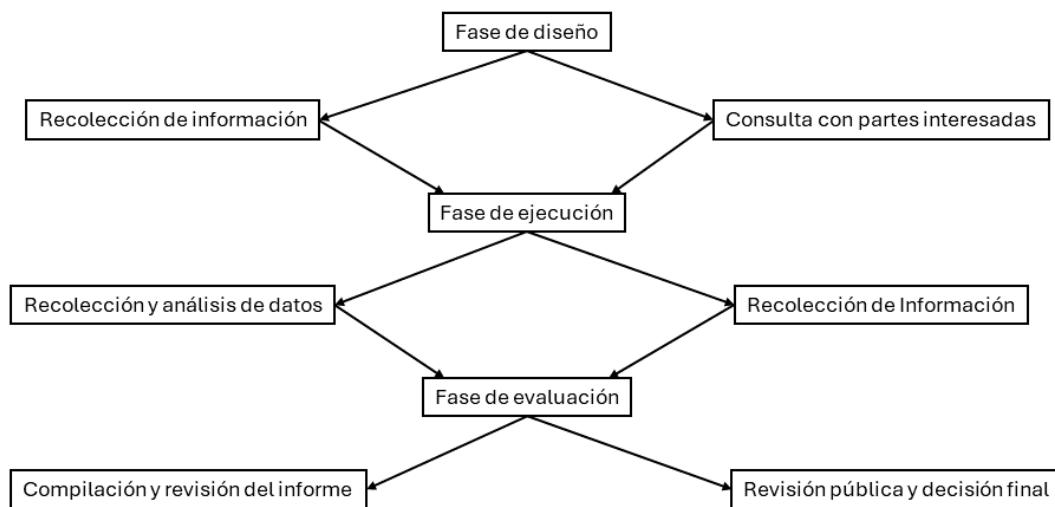


Gráfico 7. Diagrama de flujo del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Elaboración propia.

4.2. Eficiencia Energética

Justificación

El crecimiento de la demanda de energía en respuesta a la industrialización, urbanización y el aumento de la riqueza de la sociedad ha llevado a una distribución global extremadamente desigual del consumo de energía primaria (Brundtland, 1987). Mejorar la eficiencia energética es importante para reducir la dependencia de las importaciones de energía y disminuir la contaminación. La literatura destaca el uso de sistemas de monitoreo de energía y la obtención de certificados de desempeño energético a nivel de proyecto (Moltanbán-Domingo, García-Segura, Sanz, & Pellicer, 2018).

Adoptar medidas de eficiencia energética mejora la calidad de vida de los ocupantes y eleva la competitividad económica del sector construcción. La utilización de fuentes de energía renovables que no se agoten y que no sean contaminantes. Actualmente, la mayor parte de la energía consumida en el sector de la edificación proviene de fuentes no renovables, como el

petróleo o el carbón. La combustión de estos combustibles fósiles produce emisiones de gases nocivos, como el CO₂, que están vinculados al deterioro del medio ambiente y al cambio climático (Generalitat Valenciana, 2009).

Objetivos

1. **Reducir el Consumo Energético y las Emisiones de Carbono:** Optimizar el uso de energía en los proyectos de construcción para minimizar el consumo de recursos no renovables y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la operación de edificios.
2. **Mejorar la Sostenibilidad y la Competitividad Económica:** Implementar prácticas de eficiencia energética en la construcción para mejorar la viabilidad a largo plazo de los proyectos.

Profesionales Requeridos

- Ingenieros Eléctricos
- Ingenieros Mecánicos
- Ingenieros Civiles
- Gerente de Proyecto

Descripción del lineamiento

Primero, se realiza un análisis detallado de las necesidades energéticas y se seleccionan tecnologías y materiales que optimicen el uso de la energía. Los ingenieros civiles planifican la integración de sistemas de aislamiento térmico, la utilización de materiales de construcción sostenibles, la instalación de sistemas de gestión de aguas pluviales y la implementación de infraestructuras de transporte eficientes. También se evalúan las simulaciones de desempeño energético para prever el consumo y ajustar el diseño de manera proactiva, asegurando que se cumplan los objetivos de eficiencia desde el inicio.

Durante la fase de ejecución, es crucial mantener la fidelidad al diseño planificado para garantizar la eficiencia energética. Los constructores y gerentes de proyecto deben asegurarse de que todos los componentes y sistemas se instalen según las especificaciones que promueven el ahorro de energía. La comunicación continua entre el equipo de proyecto y los proveedores de materiales es vital para resolver cualquier desafío que pueda surgir, manteniendo la integridad del diseño energéticamente eficiente.

En la fase de evaluación, se realizan pruebas y se recolectan datos sobre el consumo de energía para compararlos con los modelos y las estimaciones del diseño. Esta evaluación no solo verifica si se alcanzan los objetivos de eficiencia energética, sino que también identifica áreas de mejora para proyectos futuros. Los resultados pueden llevar a ajustes operativos o modificaciones en el mantenimiento del edificio para optimizar el uso de energía a lo largo del tiempo.

4.3. Gestión de recursos hídricos

Justificación

La gestión adecuada del agua no solo asegura la conservación de este valioso recurso, sino que también minimiza los impactos negativos en el sistema hídrico local, como la contaminación y la alteración de los ciclos hidrológicos. Es crítico que los proyectos de infraestructura reduzcan el uso general de agua, particularmente de agua potable. Uno de los principales impactos de las obras de ingeniería civil sobre el agua puede ser el consumo durante el período de contrato y la posterior operación de las instalaciones de agua que se hayan trabajado (Moltanbán-Domingo, García-Segura, Sanz, & Pellicer, 2018).

Esta integración fomenta el uso responsable del agua en la construcción y operación de edificios, promoviendo prácticas como la recolección de agua pluvial, reciclaje y reutilización de aguas grises, y la instalación de tecnologías de bajo consumo. Los proyectos pueden evitar costosos desafíos regulatorios y operativos en el futuro, al tiempo que mejoran su relación con la comunidad y el entorno. Esto también abre oportunidades para innovaciones en diseño y tecnología que pueden ser económicamente beneficiosas y mejorar la imagen pública de los proyectos.

Objetivos

1. **Conservación de Recursos Hídricos:** Asegurar la implementación de estrategias de gestión eficiente del agua en proyectos de construcción para minimizar el uso de agua potable.
2. **Prevención de la Contaminación Hídrica:** Integrar medidas de control y tratamiento de aguas residuales en las fases de diseño y construcción para prevenir la contaminación de cuerpos de agua locales, protegiendo así la salud de los ecosistemas y la comunidad circundante.

Profesionales Requeridos

- Ingeniero Ambiental
- Hidrólogo
- Ingeniero Civil
- Planificador Urbano
- Especialistas en Sistemas de Aguas Residuales

Descripción del lineamiento

El objetivo es integrar soluciones sostenibles para la gestión del agua desde el comienzo del proyecto. Esto incluye la planificación de infraestructuras que maximicen la recolección y reutilización de aguas pluviales y el tratamiento y reciclaje de aguas grises. Los ingenieros y planificadores deben realizar estudios de viabilidad y modelaciones hidrológicas para prever el comportamiento del agua en el sitio, diseñando sistemas que minimicen el impacto sobre los recursos hídricos locales.

Durante la fase de ejecución, se implementan las estrategias de gestión hídrica planificadas. Se deben monitorear los avances regularmente para garantizar la correcta instalación de sistemas de recolección de agua de lluvia, sistemas de tratamiento de aguas residuales, y dispositivos de eficiencia hídrica. Las desviaciones del plan inicial deben ser gestionadas de manera efectiva para evitar impactos negativos en el uso y calidad del agua.

La última fase implica la evaluación del desempeño de las medidas de gestión hídrica implementadas. Esta evaluación se lleva a cabo a través de pruebas y monitoreo continuo del consumo de agua y la calidad del efluente tratado. Los resultados se comparan con los objetivos de sostenibilidad hídrica establecidos para el proyecto. Esta fase es crítica para identificar áreas de mejora y garantizar que los sistemas instalados funcionen eficientemente. Además, proporciona datos valiosos para el ajuste de las prácticas de gestión de recursos hídricos en proyectos futuros y para cumplir con la legislación ambiental vigente.

Cuadro de Tecnologías de Gestión de Agua

Tecnología	Descripción	Beneficios	Aplicaciones
Recolección de Agua Pluvial	Captura y almacenamiento de agua de lluvia para su uso en riego y otros fines no potables.	Reducción del consumo de agua potable, menor dependencia de fuentes externas.	Edificios residenciales, comerciales e industriales.
Tratamiento de Aguas Grises	Tratamiento y reutilización de aguas grises para usos como el riego o descarga de inodoros.	Ahorro de agua potable, reducción de la carga en sistemas de tratamiento de aguas residuales.	Edificios residenciales, comerciales e industriales.
Sistemas de Riego Eficiente	Sistemas de riego que optimizan el uso del agua, como riego por goteo y sensores de humedad.	Ahorro de agua, aumento de la eficiencia en el uso del agua para riego.	Agricultura, jardines, espacios verdes.
Dispositivos de Baja Consumo de Agua	Instalación de grifos, duchas y sanitarios de bajo consumo para reducir el uso de agua potable.	Disminución del consumo de agua potable, ahorro de costos en el suministro de agua.	Edificios residenciales, comerciales e industriales.
Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	Instalaciones que tratan las aguas residuales para eliminar contaminantes y permitir su reutilización.	Reducción de la contaminación, reutilización segura de agua tratada.	Municipios, industrias, grandes complejos residenciales.
Sistemas de Recirculación de Agua	Sistemas que permiten la recirculación y reutilización del agua dentro del mismo edificio o instalación.	Ahorro de agua, aumento de la eficiencia en el uso del agua, reducción de costos operativos.	Edificios residenciales, comerciales e industriales.

Tabla 4. Tabla de tecnologías del agua. Elaboración propia.

4.4. Conservación de la biodiversidad

Justificación

El disfrute de cualquier derecho requiere el respeto de los derechos similares de los demás y el reconocimiento de responsabilidades recíprocas e incluso conjuntas (Brundtland, 1987). La biodiversidad, que incluye la variedad de especies de plantas, animales y otros organismos, juega un papel crítico en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos como la purificación del aire y del agua, la fertilidad del suelo y el control de plagas. El disfrute de cualquier derecho requiere el respeto de los derechos similares de los demás y el reconocimiento de responsabilidades recíprocas e incluso conjuntas (Brundtland, 1987).

Al conservar la biodiversidad en y alrededor de los sitios de construcción, los proyectos pueden mitigar efectos negativos potenciales, contribuyendo al bienestar ecológico y humano y alineándose con las regulaciones ambientales globales y locales que buscan proteger y gestionar la biodiversidad. La integración de la biodiversidad también promueve una imagen positiva de las empresas y entidades involucradas, destacando su compromiso con prácticas de desarrollo sostenible.

Objetivos

1. **Promover la Resiliencia Ecológica:** Fomentar la integración de estrategias de conservación de la biodiversidad en los proyectos de construcción para mantener y mejorar los servicios ecosistémicos.
2. **Aumentar la Conciencia y Participación Comunitaria:** Incentivar la participación activa de las comunidades locales en la conservación de la biodiversidad, promoviendo la educación ambiental y el desarrollo de espacios verdes que fomenten una mayor conexión y aprecio por el entorno natural.

Profesionales Requeridos

- Biólogos
- Paisajistas
- Planificadores Ambientales
- Ecólogos
- Especialistas en Restauración Ecológica

Descripción del lineamiento

Ecólogos y biólogos de conservación trabajan para identificar áreas críticas de hábitat y especies clave que podrían verse afectadas por la construcción. Se desarrollan planes de manejo que proponen medidas de mitigación y conservación, como la creación de corredores biológicos, la reubicación de especies en riesgo y la incorporación de vegetación nativa en el diseño paisajístico.

En la fase de ejecución, se implementan las estrategias y medidas de conservación diseñadas. Es crucial mantener una supervisión constante por parte de los planificadores ambientales y especialistas en restauración ecológica para asegurar que las actividades de construcción se ajusten a los planes establecidos. Esto incluye la protección de áreas sensibles, el manejo cuidadoso de los recursos naturales y la implementación de técnicas de construcción que minimicen la alteración del entorno natural.

La fase final es la evaluación, donde se mide el éxito de las iniciativas de conservación de la biodiversidad y se determina si los objetivos ambientales del proyecto se han alcanzado. Esto se logra a través de monitoreo post-construcción y estudios de seguimiento que evalúan la salud de los ecosistemas y la presencia de especies clave. Los resultados de estos estudios proporcionan retroalimentación vital para futuros proyectos y pueden llevar a ajustes en las prácticas de manejo o medidas correctivas si los resultados no cumplen con las expectativas.

4.5. Materiales sostenibles

Justificación

Los materiales sostenibles, que incluyen aquellos que son reciclados, renovables, o que tienen un bajo impacto en términos de producción y disposición, juegan un papel crucial en la minimización del consumo de recursos no renovables y la reducción de residuos y emisiones contaminantes. Al optar por materiales sostenibles, los proyectos no solo contribuyen a la conservación de recursos escasos, sino que también mejoran la eficiencia energética de los edificios y reducen los costos operativos a lo largo de su vida útil.

Materiales no tóxicos y naturales mejoran la calidad del aire interior y ofrecen un ambiente más saludable y seguro para los usuarios. Este enfoque también fomenta la innovación en la industria al incentivar el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías y materiales que cumplen con criterios estrictos de sostenibilidad.

Objetivos

1. **Reducir la Huella Ambiental de la Construcción:** Promover el uso de materiales sostenibles en proyectos de construcción para minimizar el consumo de recursos no renovables, reducir la generación de residuos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida de los edificios.
2. **Mejorar la Salud y el Bienestar de los Ocupantes:** Integrar materiales sostenibles y no tóxicos en la construcción para mejorar la calidad del aire interior y ofrecer entornos más saludables y seguros para los usuarios y residentes de los edificios.

Profesionales Requeridos

- Ingenieros Civiles
- Gerente de Proyectos
- Planificadores Ambientales
- Consultores Ambientales
- Especialistas en Materiales Sostenibles

Descripción del lineamiento

Desde el diseño se seleccionan materiales que no solo cumplen con los requisitos estéticos y funcionales, sino que también adhieren a los estándares de sostenibilidad ambiental. Es fundamental optar por materiales que cuenten con certificaciones de sostenibilidad reconocidas, como las normas ISO 14001 (Sistemas de Gestión Ambiental) y ISO 50001 (Sistemas de Gestión de la Energía), que garantizan que los productos han sido fabricados y gestionados siguiendo prácticas de bajo impacto ambiental. La especificación de estos materiales en los planos y documentos del proyecto asegura que todos los involucrados estén alineados con los objetivos de sostenibilidad desde el inicio.

En la ejecución, es vital que los gerentes de proyecto supervisen estrictamente la adquisición y el uso de los materiales para asegurarse de que se adhieran a las especificaciones del diseño y mantengan las certificaciones ISO relevantes.

La fase de evaluación implica revisar el cumplimiento con los objetivos de sostenibilidad post-construcción, específicamente la efectividad del uso de materiales sostenibles certificados. Se deben realizar auditorías y evaluaciones de sostenibilidad para medir el impacto ambiental del edificio, verificando que las certificaciones ISO otorgadas a los materiales hayan contribuido efectivamente a los beneficios ambientales proyectados, como reducción de la huella de carbono y eficiencia energética.

Ceritficación	Descripción	Beneficios	Aplicaciones
ISO 14001	Sistemas de Gestión Ambiental que aseguran un enfoque sistemático para la reducción del impacto ambiental.	Reducción de residuos y emisiones, mejora en la eficiencia de recursos, cumplimiento con las normativas ambientales.	Empresas de todos los sectores que buscan mejorar su desempeño ambiental.
ISO 50001	Sistemas de Gestión de la Energía que promueven el uso eficiente de la energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.	Reducción en el consumo de energía, disminución de los costos operativos, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Organizaciones que desean mejorar su eficiencia energética y reducir su impacto ambiental.

LEED	Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, que certifica edificios sostenibles en áreas como eficiencia energética, uso de agua, calidad ambiental interior y materiales.	Aumento del valor de la propiedad, reducción de costos operativos, mejora en la salud y bienestar de los ocupantes, reducción del impacto ambiental.	Proyectos de construcción de edificios nuevos y renovaciones importantes.
BREEAM	Método de Evaluación Ambiental de Edificios, que mide la sostenibilidad de edificios en áreas como gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos y ecología.	Mejora en la eficiencia de recursos, reducción del impacto ambiental, aumento del valor de la propiedad, mejora en la salud y bienestar de los ocupantes.	Proyectos de construcción de edificios nuevos y renovaciones importantes.
Cradle to Cradle	Certificación que evalúa los productos en términos de su impacto en la salud humana y ambiental, reciclabilidad, uso de energía renovable, gestión del agua y justicia social.	Fomento de la economía circular, mejora en la salud y bienestar de los usuarios, reducción del impacto ambiental, promoción de la innovación en materiales.	Fabricantes de productos y materiales que desean reducir su impacto ambiental y mejorar su desempeño sostenible.

Tabla 5 Ejemplos de certificaciones sostenibles relacionadas con materiales sostenibles. Elaboración propia.

4.6. Reducción de residuos

Justificación

La industria de la construcción es uno de los mayores productores de residuos sólidos, y sin prácticas de reducción adecuadas, estos residuos pueden contribuir significativamente a la contaminación del suelo y el agua, la emisión de gases de efecto invernadero y problemas en los vertederos locales. Adoptar prácticas que prioricen la reutilización y el reciclaje de materiales promueve la economía circular, extendiendo la vida útil de los recursos y disminuyendo la demanda de recursos vírgenes.

La incorporación de la reducción de residuos en la planificación y ejecución de proyectos de construcción también mejora la responsabilidad social corporativa de las empresas involucradas. Al adherirse a normativas ambientales más estrictas y mostrar un compromiso real con prácticas sostenibles, las empresas pueden mejorar su imagen pública y fortalecer su competitividad en el mercado.

Objetivos

1. **Minimizar el Impacto Ambiental:** Implementar prácticas de reducción de residuos en proyectos de construcción para disminuir la cantidad de desechos generados, reduciendo así la contaminación y la presión sobre los vertederos, y contribuyendo a la conservación de recursos naturales.
2. **Mejorar la Sostenibilidad Operativa:** Fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales en los sitios de construcción para optimizar el uso de recursos y reducir costos operativos, alineando las operaciones con principios de economía circular y sostenibilidad a largo plazo

Profesionales Requeridos

- Ingenieros Ambientales
- Gerente de Proyectos
- Planificadores Ambientales
- Consultores Ambientales

Descripción del lineamiento

Los ingenieros deben enfocarse en seleccionar materiales que sean duraderos, reciclables o reutilizables, y en diseñar edificaciones que minimicen los desechos a través de la optimización del uso de recursos. Esto incluye la implementación de técnicas de diseño modular o prefabricado que reducen los recortes y desechos en sitio. Asimismo, es vital realizar una planificación detallada del proceso de construcción para identificar oportunidades de minimizar la generación de residuos desde el inicio, integrando consideraciones de sustentabilidad y reciclaje en todas las etapas del proyecto.

Los gerentes de proyecto y los supervisores de obra deben implementar prácticas de segregación de residuos en el sitio, facilitando la recolección y reciclaje de materiales. Esto incluye establecer áreas claramente marcadas para diferentes tipos de desechos y educar al personal de construcción sobre la importancia y las técnicas de minimización de residuos.

La última fase involucra la evaluación del manejo de residuos durante el proyecto para medir la efectividad de las estrategias implementadas y determinar áreas de mejora. Esta evaluación debe realizarse a través de auditorías regulares que revisen tanto la cantidad como la clasificación de los residuos producidos. Los resultados de estas auditorías pueden proporcionar información valiosa para futuros proyectos, ayudando a perfeccionar las técnicas de reducción de residuos.

4.7. Integración comunitaria

Justificación

Al involucrar a la comunidad en las etapas iniciales de la planificación y durante todo el proceso de desarrollo, se asegura que sus necesidades y preocupaciones sean consideradas, lo cual puede mejorar significativamente la aceptación y minimizar las resistencias al proyecto. La integración comunitaria puede proporcionar información local que enriquece el diseño y la funcionalidad del proyecto, asegurando que los resultados finales beneficien de manera efectiva a los usuarios y residentes locales.

La integración comunitaria en la construcción civil promueve el desarrollo sostenible al alinear los proyectos con los objetivos y planes de desarrollo local. Esto no solo ayuda a asegurar que los proyectos refuercen las estrategias de crecimiento de la comunidad, sino que también impulsa la economía local mediante la creación de empleos y el uso de recursos y servicios locales.

Objetivos

1. **Fomentar la Aceptación y Apoyo Local:** Asegurar que los proyectos de construcción sean diseñados e implementados con la participación activa de la comunidad local para incrementar su aceptación y apoyo.
2. **Promover el Desarrollo Económico Local:** Integrar la comunidad en los procesos de construcción para impulsar la economía local mediante la creación de empleos y la

utilización de recursos y servicios locales, contribuyendo así al crecimiento sostenible y equitativo de la región.

Profesionales Requeridos

- Planificadores Urbanos
- Trabajadores Sociales
- Sociólogos
- Gerente de Proyecto
- Ingenieros Civiles

Descripción del lineamiento

Es importante realizar sesiones de consulta y talleres participativos con la comunidad en la etapa de diseño, para recoger sus necesidades, expectativas y preocupaciones. Los planificadores urbanos y especialistas en relaciones comunitarias deben liderar estas discusiones, asegurándose de que las opiniones de los residentes locales se reflejen en el plan final.

Los coordinadores de participación pública y trabajadores sociales juegan un papel clave en la ejecución, facilitando la interacción continua entre el equipo del proyecto y la comunidad. Es fundamental implementar las estrategias de gestión de impacto social acordadas, como el manejo de ruido y tráfico, y proporcionar actualizaciones regulares sobre el progreso del proyecto.

La última etapa del proceso, la evaluación, implica revisar la efectividad de las estrategias de integración comunitaria implementadas. Esto se realiza mediante encuestas de satisfacción, entrevistas y grupos focales con miembros de la comunidad. Los especialistas en desarrollo económico local y trabajadores sociales deben analizar si los beneficios anticipados del proyecto se han materializado y cómo ha sido la respuesta de la comunidad. Los resultados de esta evaluación pueden proporcionar lecciones para futuros proyectos, ayudando a mejorar las prácticas de integración comunitaria y a asegurar que los proyectos de construcción continúen beneficiando y siendo aceptados por las comunidades locales.

4.8. Planificación de uso de suelo

Justificación

Integrar la planificación de uso de suelo es quizás el más importante de todos los criterios. La planificación adecuada del uso de suelo garantiza que los recursos naturales se utilicen de manera eficiente, y también ayuda a minimizar los impactos negativos en el ecosistema y la comunidad. Al considerar aspectos como la topografía, la biodiversidad, la proximidad a recursos naturales y la densidad poblacional, se pueden diseñar proyectos que respeten y potencien el entorno existente.

Adoptar políticas de uso del suelo o planes de desarrollo regional que requieran o proporcionen incentivos a las industrias con alto potencial de contaminación o accidentes para ubicarse lejos de los centros de población, y que desincentiven a las personas a trasladarse cerca de las plantas y los sitios de eliminación de desechos (Brundtland, 1987).

Este criterio está dirigido a las instituciones gubernamentales, que son los llamados a organizar el territorio.

Objetivos

1. **Maximizar la Eficiencia del Uso de Recursos:** Asegurar que la planificación de uso de suelo en proyectos de construcción optimice la utilización de recursos naturales y terrenos.
2. **Promover la Armonía Urbana y Rural:** Integrar los proyectos de construcción con las políticas de desarrollo urbano y rural a largo plazo para fomentar un crecimiento equilibrado y sostenible que mejore la calidad de vida de las comunidades.

Profesionales Requeridos

- Ecologista
- Urbanista
- Ingeniero Civil
- Geógrafo

Descripción del lineamiento

La fase de diseño implica la evaluación inicial del terreno y la definición de cómo se utilizará el espacio. En esta etapa, los urbanistas y los planificadores trabajan conjuntamente para analizar la viabilidad del terreno, estudiar las características geográficas, y considerar las necesidades ambientales y sociales de la zona. Este proceso incluye la recopilación de datos, estudios de impacto ambiental y consultas con la comunidad, que ayudan a formular un plan que optimice la utilización del espacio mientras se minimizan los impactos negativos en el entorno y la sociedad.

Durante la fase de ejecución, se implementan los planes de uso de suelo aprobados. Esto requiere una coordinación efectiva entre ingenieros, constructores, y autoridades locales para asegurar que el desarrollo siga el plan establecido. Los esfuerzos se centran en la gestión de la construcción, el cumplimiento de los requisitos ambientales y la infraestructura necesaria para soportar el nuevo uso del suelo.

La última fase del proceso es la evaluación, donde se revisa el proyecto terminado para asegurar que cumple con los objetivos de uso del suelo planteados en el diseño. Esta etapa implica la monitorización del impacto del desarrollo en la comunidad y el ambiente, evaluando si los resultados están alineados con las expectativas y las regulaciones. Los planificadores pueden necesitar realizar ajustes basados en esta retroalimentación, lo que podría incluir revisiones al uso del suelo o medidas adicionales para mitigar efectos no previstos.



Gráfico 8 Beneficios de la planificación de uso de suelo. Elaboración Propia

Capítulo 5: Recomendaciones para la evaluación de la sostenibilidad de proyectos de ingeniería civil

Existen métodos para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura de ingeniería civil. Estos métodos utilizan indicadores, métricas o parámetros utilizados para medir, evaluar, y monitorear el desempeño de un sistema o proceso en relación con objetivos específicos. Esencialmente, lo que se establece en los estándares desarrollados es la determinación de un conjunto de indicadores de sostenibilidad y su implementación, evaluación y control durante el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento, hasta la demolición (fin de vida). Las alternativas del proyecto pueden clasificarse según su sostenibilidad aplicando estos indicadores y, por lo tanto, establecer si se cumplen satisfactoriamente los objetivos planteados por los indicadores. (Rodríguez López & Fernández Sánchez, 2011)

Las evaluaciones usualmente se realizan a través de los tres pilares de la sostenibilidad, el económico, el social, y el medio ambiental. Su representación comúnmente se refleja en tres círculos que se intersecan (Purvis, Mao, & Robinson, 2019). Un conjunto de indicadores debe describir la construcción sostenible a través de sus pilares sociales, económicos y ambientales del desarrollo sostenible y en consideración de las relaciones entre estos pilares (Rodríguez López & Fernández Sánchez, 2011).

Ugwu y Haupt (2007), describen el proceso de la evaluación de la sostenibilidad de proyectos de infraestructura de la siguiente manera, “se construye con investigaciones previas que desarrollaron una taxonomía de indicadores sostenibles de infraestructura y métodos

computacionales, para proponer un modelo de decisión analítico y un método estructurado para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos de infraestructura” (Ugwu & Haupt, 2007).

En la Tabla 4, se pueden observar diferentes métodos de evaluación de sostenibilidad de proyectos de ingeniería civil.

Nombre	Ámbito	Tipo de proyecto	País y referencias
Evaluación de la Sostenibilidad en Proyectos de Infraestructura (SUSAIP)	Sistema de indicadores basado en encuestas a todos los interesados; sostenibilidad gestionada integralmente	Infraestructura, puentes	China y Sudáfrica (Ugwu et al. 2006; Ugwu y Haupt 2007)
Índice de Sostenibilidad Técnica (TSI)	Indicadores basados en literatura científica, con dos categorías: ambiental y técnica	Infraestructura, líneas eléctricas	Canadá (Dasgupta y Tam 2005)
Aplicación del sistema de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED) a la infraestructura	Basado en listas de verificación de criterios LEED adaptados de proyectos de construcción; no se otorgan valores por el esfuerzo en cada criterio	Infraestructura lineal	Estados Unidos (Campbell 2009; Soderlund 2007)
Indicadores de sostenibilidad de infraestructura	Sistema de indicadores para clasificar alternativas en orden de sostenibilidad (medio ambiente, economía y sociedad)	Infraestructura lineal	España (Fernández-Sánchez y Rodríguez-López 2010)
CEEQUAL	Esquema de evaluación y premios para proyectos de ingeniería civil (diseño y construcción) evaluando áreas de preocupaciones ambientales y sociales cualitativamente con listas de verificación	Todos los proyectos de ingeniería civil	Reino Unido (Campbell-Lendrum y Feris 2008)
Índice de Contribución de las Estructuras a la Sostenibilidad (ICES)	Basado en el Índice de Sensibilidad Ambiental (ISMA) con variables sociales y de ciclo de vida	Estructura de concreto lineal	España (Aguado et al. 2007)

Tabla 6. Diferentes métodos de evaluación de la sostenibilidad de la ingeniería civil. Fuente: (Rodríguez López & Fernández Sánchez, 2011)

Cada uno de los métodos de evaluación de sostenibilidad basado en indicadores tiene sus características propias, el modelo matemático que se emplea puede variar dependiendo de la naturaleza del proyecto y la parte interesada en evaluarlo. Debe recordarse que la sostenibilidad, a través de sus complejos y dispares orígenes históricos, sigue siendo específica del contexto y ontológicamente abierta, por lo que cualquier operacionalización rigurosa requiere una descripción explícita de cómo se entiende (Purvis, Mao, & Robinson, 2019).

Es preciso determinar el método de evaluación que mejor se adapte a las necesidades de las partes involucradas. En el caso de una empresa consultora, para evaluar la sostenibilidad de las diferentes opciones de diseño puede resultar mejor utilizar un método que le permita comparar diferentes propuestas, como sería el método de Evaluación de la Sostenibilidad en Proyectos de Infraestructura (SUSAIP), esto permitiría a la empresa elegir la mejor opción sostenible a ser presentada. Este método es un enfoque estructurado que combina técnicas de MCDA y AHP para evaluar la sostenibilidad de un proyecto de infraestructura, haciendo uso de indicadores clave de rendimiento (Ugwu, Kumaraswamy, Wong, & Ng, 2006).

En el caso de una institución pública, que tenga como objeto evaluar la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura para otorgar una licencia de construcción, se requiere un método que pueda, mediante un enfoque más cualitativo, determinar el grado de cumplimiento en sostenibilidad de los proyectos de acuerdo con estándares previamente definidos por la institución en relación con el tipo, la ubicación del proyecto, normativas, legislaciones, metas y acuerdos nacionales, etc. Un método que reúne estas características ha sido desarrollado por el Instituto de Infraestructura Sostenible (ISI), en Estados Unidos, llamado Envision.

Envision evalúa la sostenibilidad de un proyecto basándose en 60 criterios, llamados créditos, en cinco categorías: Calidad de Vida, Liderazgo, Asignación de Recursos, Mundo Natural y Clima y Riesgo. Cada crédito se clasifica según el nivel de logro, y los diversos rangos, de menor a mayor puntuación, son: sin valor agregado, mejorado, incrementado, superior, conservador y restaurativo. Los créditos que no son aplicables al proyecto en particular pueden clasificarse como N/A, y efectivamente no se incluyen. Al crear una amplia gama de criterios y luego usar solo aquellos que se aplican a cada proyecto individual puede, en teoría, evaluar adecuadamente cualquier tipo de infraestructura. Además, también tiene créditos de innovación y superación para prácticas de diseño innovadoras o superar los requisitos de desempeño de un crédito particular. Los créditos de innovación y superación sirven como una forma de puntos de 'bonificación', permitiendo una recompensa por niveles excepcionales de desempeño en sostenibilidad o innovaciones pioneras (Saville, Miller, & Brumbelow, 2016).

Como complemento a las recomendaciones de evaluación de sostenibilidad, elaboraremos en conceptos que forman parte de las evaluaciones de sostenibilidad de infraestructura. Estos conceptos son utilizados a lo largo del proceso de evaluación y su correcto desarrollo ayudará a obtener mejores resultados. En nuestro caso evaluaremos tres:

1. Desarrollo de indicadores
2. Modelos matemáticos y métodos computacionales
3. Análisis del ciclo de vida del proyecto

5.1.Desarrollo de Indicadores

El uso de indicadores en el proceso de evaluación de proyectos permite al evaluador contrastar las características de los proyectos con temas de interés identificados a nivel nacional. Los indicadores pueden desempeñar un papel central en la evaluación de la efectividad de las políticas implementadas al medir el progreso hacia objetivos específicos. También pueden establecer una base para la definición de futuros objetivos políticos y comunicar información de alerta temprana sobre el cambio en el estado del medio ambiente, indicando riesgos antes de que ocurra un daño grave (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017).

La identificación y selección de indicadores es un proceso que conlleva varios pasos. Se realiza utilizando una combinación de entrevistas estructuradas con profesionales de la industria, datos de proyectos de casos de estudio, lineamientos gubernamentales existentes de evaluación de impacto ambiental y ambiente de construcción sostenible, literatura de investigación en sostenibilidad, y encuestas basadas en cuestionarios para validación de indicadores (Ugwu & Haupt, 2007).

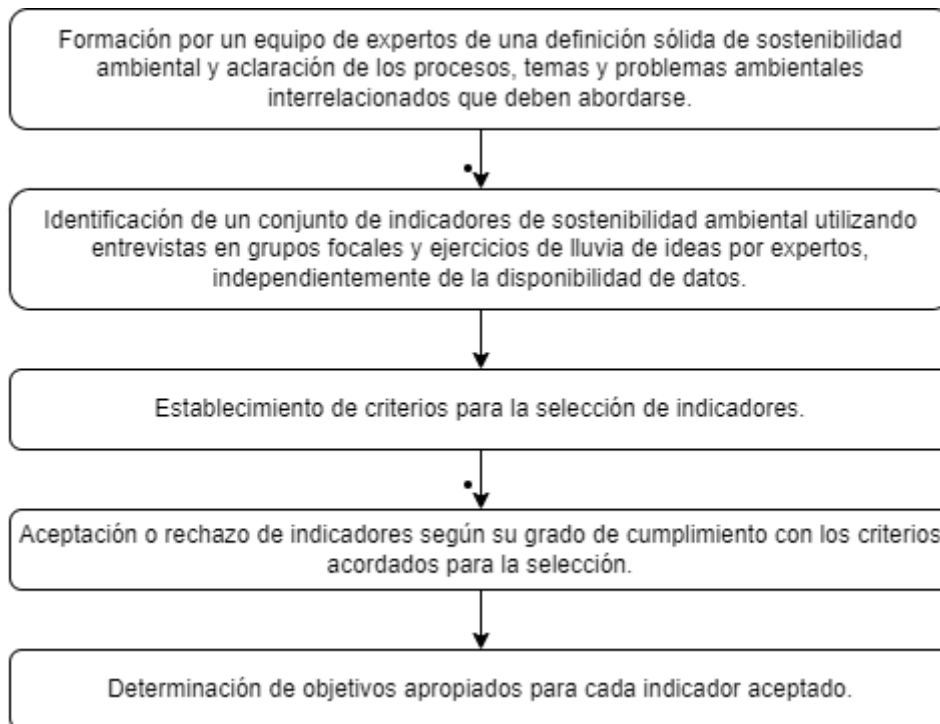


Gráfico 9. Proceso de selección de indicadores. Fuente: (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017)

Metodología

Tomando como referencia el método desarrollado por Cook et al. (2007), el proceso para seleccionar los indicadores a ser utilizados en las evaluaciones se enfoca en dos etapas. Primero, realizar entrevistas en grupos focales en diferentes áreas temáticas, estas revelan las áreas temáticas clave que se deben incluir en la evaluación. Segundo, aplicar el juicio de expertos para formar un conjunto de indicadores potenciales, elegidos para representar las áreas temáticas clave identificadas (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017).

El equipo de expertos, compuesto por los autores, todos ellos académicos y autores de una amplia gama de publicaciones en los campos de la sostenibilidad ambiental y el cambio climático, seleccionó los indicadores según cinco criterios (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017). Estos fueron los siguientes:

- 1) **Relevancia política:** ¿Podría el indicador estar estrechamente relacionado con un objetivo de política existente o futuro?
- 2) **Utilidad:** ¿Cumplía el indicador con las necesidades de los responsables de decisiones y políticas, y del público, siendo fácilmente comprensible?
- 3) **Solidez:** ¿Estaba el indicador alineado con una metodología coherente para capturar los múltiples componentes de la sostenibilidad ambiental sin presentar el riesgo de duplicar aspectos?
- 4) **Interpretabilidad:** ¿Era el indicador capaz de comunicar información significativa sobre el desempeño en relación con resultados ambientalmente sostenibles?
- 5) **Disponibilidad y calidad de los datos:** ¿Estaba el indicador basado en datos de alta calidad con una cobertura adecuada a lo largo del tiempo?

Requisitos

La aplicación práctica de los indicadores de sostenibilidad en proyectos de ingeniería civil, al igual que en otros sectores, requiere atención a lo siguiente (Rodríguez López & Fernández Sánchez, 2011):

- Todos los interesados deben llegar a un consenso tanto en la identificación y selección de indicadores como en los métodos para su evaluación y control durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- Se deben establecer rangos de sensibilidad para los diversos indicadores, teniendo en cuenta las variaciones regionales.
- Los administradores públicos y los promotores y desarrolladores privados deben adoptar la sostenibilidad como un requisito clave en las especificaciones del proyecto.
- Los proyectos de ingeniería civil deben diferenciarse por tipo (por ejemplo, transporte, agua, energía, urbano, estructural) para permitir la comparación entre proyectos.
- Sería extremadamente beneficioso crear nuevos procedimientos estandarizados para la gestión sostenible integrada en la gestión de proyectos de construcción que difieran desde el punto de vista del ciclo de vida, para lo cual los indicadores son simplemente una herramienta útil.

Definición de metas y tendencias

El uso de indicadores tiene mérito solo cuando se evalúan en relación con las tendencias a lo largo del tiempo y, siempre que sea posible, con objetivos significativos. Se entiende que, aunque el valor absoluto de la línea base de un indicador puede no ser realmente importante, es crucial medir y comparar el desempeño con un resultado que se considere aceptable. Siempre que existan estándares de desempeño reconocidos, el uso de valores numéricos como objetivos puede dar significado a los indicadores y diferenciarlos de lo que, de otro modo, constituiría un conjunto de datos en bruto. Al hacerlo, se puede informar a los responsables de políticas sobre la distancia al objetivo y potencialmente incitar nuevas y mejoradas iniciativas políticas (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017).

Referencia

A continuación, en la Tabla 5, se presenta parte de los indicadores desarrollados por el método de Cook et al., para un caso de estudio en el que se plantean indicadores de sostenibilidad ambiental para los países de Noruega e Islandia. (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017)

Tema	Indicador	Medición	Referencias	Justificación
Desempeño energético	Intensidad de carbono de la generación de calor y electricidad	Emisiones totales de GEI (CO ₂ e) por GWh de generación combinada de calor y electricidad	AIE (2016; 2018); CMNUCC (2018)	Emisiones de GEI provenientes de la combustión de combustibles fósiles en la generación de calor y electricidad y su contribución a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero.
	Intensidad energética de la actividad económica	Suministro total de energía primaria (toE) por unidad de PIB nacional (convertido a US \$ utilizando PPA a precios constantes de 2005)	AIE (2016c; 2016d); OCDE (2016); Estadísticas de Islandia (2016); Estadísticas de Noruega (2016)	Este indicador evalúa los cambios en la intensidad energética de la generación de calor y electricidad.
	Generación de energía renovable	Porcentaje de energía renovable (incluida la recuperación de desechos) como parte del suministro total de energía primaria	AIE (2016c; 2016d; 2016e)	Indica cambios en la mezcla de energía y calor hacia la estructura de la actividad económica nacional.

Gestión de residuos	Volumen total de residuos municipales	Generación total de residuos municipales (mil toneladas)	Eurostat (2016)	Impactos asociados con la generación de energía a partir de combustibles fósiles, incluyendo emisiones de gases de efecto invernadero, agotamiento de recursos, emisiones de contaminantes atmosféricos, acidificación del océano y contaminación del agua.
	Reciclaje de residuos municipales	Porcentaje de residuos municipales que se reciclan	Eurostat (2016)	Los residuos municipales se generan principalmente a través de patrones personales en la generación de residuos terrestres en las naciones nórdicas, equilibrando cualquier aumento en el reciclaje de residuos o en las prácticas de gestión de residuos más eficientes.
	Residuos enviados a vertederos	Porcentaje de residuos municipales que se envían a vertederos	Eurostat (2016)	Menores tasas de envío de residuos a vertederos están asociadas con prácticas de gestión de residuos más eficientes.
Calidad del aire y contaminación	Emisiones totales de dióxido de azufre (SOx)	Total medido en miles de toneladas de SOx, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	Contribuye a la deposición de azufre, lo que conduce a la lluvia ácida, que afecta la calidad del suelo y del agua, como daños a los ecosistemas.
	Emisiones totales de óxidos de nitrógeno (NOx)	Total medido en miles de toneladas de NOx, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	Las emisiones de óxidos de nitrógeno contribuyen a la eutrofización en los sistemas acuáticos.
	Emisiones totales de PM 2.5	Total medido en miles de toneladas de PM 2.5, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	Las partículas finas en forma de material particulado de menos de 2.5 micras de tamaño están asociadas con problemas respiratorios.
	Emisiones totales de PM 10	Total medido en miles de toneladas de PM 10, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	Problemas respiratorios por PM 2.5. Cabe señalar que las emisiones de carbono aéreo no se informan actualmente en Islandia, aunque tienen menos población.
	Emisiones totales de monóxido de carbono (CO)	Total medido en miles de toneladas de CO, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	El monóxido de carbono es un gas tóxico, y cuando se produce, indirectamente conduce a la creación de ozono a nivel del suelo.
	Emisiones totales de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM)	Total medido en miles de toneladas de COVNM, solo de fuentes artificiales	OCDE (2015a)	Las emisiones de COVNM contribuyen a la formación de ozono a nivel del suelo.

Tabla 7. Indicadores identificados en relación con los temas clave, su medición y justificación. Fuente: (Cook, Saviolidis, Davíðsdóttir, Jóhannsdóttir, & Ólafsson, 2017)

5.2. Modelos matemáticos y métodos computacionales

La evaluación de la sostenibilidad de proyectos de infraestructura utilizando indicadores conlleva la selección e inclusión de modelos matemáticos y métodos computacionales para procesar la información. Evaluar la sostenibilidad utilizando análisis numérico involucra tres pasos principales (Ugwu & Haupt, 2007).

Estos incluyen:

1. Determinación de criterios aplicables y relevantes, y alternativas de opciones de diseño.
2. Asignar valores numéricos (pe. Pesos) para medir la importancia de estos criterios.
3. Procesar los valores numéricos (pe. análisis computacional) para determinar la posición o cumplimiento.

Para lograr su implementación con éxito existen varios factores que influyen en su naturaleza (Ugwu & Haupt, 2007):

Estos incluyen:

1. El desarrollo de indicadores que transformen las políticas a nivel macro a variables que permitan tomar decisiones a nivel de proyecto.
2. El desarrollo de protocolos, modelos de decisión, marco computacional, y de métodos de evaluación de sostenibilidad.
3. El desarrollo e implementación de herramientas que permitan tomar decisiones entre las partes interesadas.

Considerando que existen varios métodos para evaluar la sostenibilidad de un proyecto de infraestructura, y que éstos utilizan modelos matemáticos y métodos computacionales, se ha procedido a realizar una clasificación y resumen de estos modelos y la forma en que se utilizan.

La clasificación se realizó en función de la capacidad de estos métodos para manejar e integrar indicadores que representan las diversas dimensiones de la sostenibilidad. La clasificación se dividió en cuatro categorías principales: Evaluación Multicriterio (EMC), Optimización, Estadísticos y Econométricos, y Análisis de Ciclo de Vida (LCA). A continuación, se explican las razones detrás de esta clasificación, junto con las referencias correspondientes.

1. Evaluación Multicriterio (EMC)

Los métodos incluidos en esta categoría se caracterizan por su capacidad para integrar múltiples criterios, lo que es fundamental en la evaluación de la sostenibilidad. Dado que los proyectos de infraestructura deben ser evaluados considerando los tres pilares de la sostenibilidad (económica, ambiental, social), los métodos de EMC permiten comparar alternativas en base a varios indicadores simultáneamente (Saaty, 1987) (Brans, Vincke, & Mareschal, 1986) . Estos métodos son útiles cuando los criterios de evaluación no pueden ser fácilmente cuantificados en una única métrica, lo que es común en los análisis de sostenibilidad. La capacidad de estos métodos para asignar pesos a diferentes criterios y generar una evaluación agregada fue un factor clave en su clasificación (Hwang & Yoon, 1981).

2. Optimización

Los métodos de optimización fueron clasificados en esta categoría debido a su enfoque en maximizar o minimizar objetivos específicos bajo ciertas restricciones, utilizando indicadores para medir el rendimiento. Los proyectos de infraestructura a menudo requieren encontrar un equilibrio entre diferentes objetivos, como minimizar costos mientras se maximizan los beneficios ambientales (Bazaraa, Sherali, & Shetty, 2005). Los métodos de optimización permiten manejar múltiples objetivos y encontrar soluciones óptimas que consideren las restricciones impuestas por los recursos disponibles y los impactos previstos (Deb, 2001).

3. Estadísticos y Econométricos

Esta categoría incluye métodos que se basan en la modelización y análisis de datos para evaluar la sostenibilidad. La razón para clasificar estos métodos juntos es su capacidad para utilizar datos históricos y actuales para hacer predicciones y evaluaciones cuantitativas sobre los impactos de los proyectos (Wooldridge, 2015). Los métodos estadísticos y econométricos permiten analizar relaciones entre variables utilizando indicadores específicos, lo que es esencial para evaluar el impacto económico y ambiental de las infraestructuras en contextos específicos (Box, Jenkins, & Reinsel, 2008).

4. Análisis de Ciclo de Vida (LCA)

El análisis de ciclo de vida se destaca por su enfoque integral en la evaluación de sostenibilidad, considerando el impacto de un proyecto desde su inicio hasta su desecho final. Este enfoque holístico fue la razón principal para clasificar LCA como una categoría separada. Los métodos LCA utilizan indicadores que abarcan todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, proporcionando una visión completa de su sostenibilidad (Finnveden, y otros, 2009). Este enfoque es fundamental para capturar los impactos acumulativos que no serían visibles en análisis más restringidos.

Clasificación de modelos matemáticos y métodos computacionales

En la Tabla 6, se puede observar la clasificación de los modelos matemáticos y métodos computacionales de acuerdo con la metodología seleccionada. Se considera que, tras hacer una investigación y análisis sobre los objetivos de la evaluación, se seleccione el método apropiado en cada caso.

Categoría	Método	Aplicaciones	Referencia o caso
Evaluación Multicriterio (EMC)	Análisis Jerárquico de Procesos (AHP)	Selección de sitios de construcción, priorización de proyectos sostenibles	(Saaty, 1987) (Ugwu & Haupt, 2007)
	Método de Promethee (PROMETHEE)	Evaluación de opciones de diseño de infraestructura, planificación urbana	(Brans, Vincke, & Mareschal, 1986) (Moltanbán-Domingo, García-Segura, Sanz, & Pellicer, 2018)
	Técnica de Ordenación por la Importancia (TOPSIS)	Selección de tecnologías sostenibles, evaluación de impacto ambiental	(Hwang & Yoon, 1981)
	ELECTRE	Evaluación de proyectos complejos, decisión sobre políticas de sostenibilidad	(Roy, 1991)
	Método de Suma Ponderada	Selección de proyectos, evaluación de impacto social y ambiental	(Belton & Stewart, 2001) (Ugwu & Haupt, 2007)
	Método Fuzzy (Lógica Difusa)	Evaluación de riesgos ambientales, toma de decisiones en incertidumbre	(Zadeh, 1965) (Zhou, Alcalá, Kipra, & Yepes, 2021)
Optimización	Optimización Lineal y No Lineal	Optimización de recursos en proyectos de infraestructura	(Bazaraa, Sherali, & Shetty, 2005)
	Optimización Multiobjetivo	Equilibrio entre costos y beneficios ambientales	(Deb, 2001)

Estadísticos y Econométricos	Análisis de Regresión y Modelos Econométricos	Evaluación del impacto económico de proyectos de infraestructura	(Wooldridge, 2015)
	Análisis de Series Temporales	Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero	(Box, Jenkins, & Reinsel, 2008)
	Métodos de Análisis de Clústeres y Clasificación	Identificación de zonas de alto impacto ambiental	(Kaufman & Rousseeuw, 1990)
Análisis de Ciclo de Vida (LCA)	Análisis de Ciclo de Vida	Evaluación del impacto ambiental de materiales de construcción	(Finnveden, y otros, 2009) (Ek, y otros, 2020)

Tabla 8. Clasificación de los métodos matemáticos y modelos computacionales utilizados en la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Análisis del ciclo de vida (LCA)

La Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) es una herramienta para evaluar los impactos ambientales potenciales y los recursos utilizados a lo largo del ciclo de vida de un producto, es decir, desde la adquisición de materias primas, pasando por las fases de producción y uso, hasta la gestión de residuos. El término "producto" incluye tanto bienes como servicios (Finnveden, y otros, 2009).

El LCA se ha utilizado en el sector de la construcción desde 1990. El LCA se ha convertido en una metodología ampliamente utilizada debido a su forma integrada de tratar temas como el marco, la evaluación de impactos y la calidad de los datos. La descripción de la metodología del LCA se basa en las normas internacionales de la serie ISO 14040 (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Hay cuatro fases en un estudio de Evaluación del Ciclo de Vida: Definición de Objetivos y Alcance, Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (LCI), Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (LCIA) e Interpretación (Finnveden, y otros, 2009).

Definición de Objetivos y Alcance

Definir el objetivo y el alcance implica definir el propósito, las audiencias y los límites del sistema (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). Es el lugar donde se describen los límites del sistema del estudio y se define la unidad funcional. La unidad funcional es una medida cuantitativa de las funciones que los bienes (o servicios) proporcionan (Finnveden, y otros, 2009).

Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (LCI)

El inventario del ciclo de vida (LCI) implica recopilar datos para cada proceso unitario respecto a todas las entradas y salidas relevantes de flujo de energía y masa, así como datos sobre emisiones al aire, agua y tierra. Esta fase incluye el cálculo tanto de la entrada como de la salida de materiales y energía de un sistema de construcción (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). El resultado del Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (LCI) es una recopilación de las entradas (recursos) y las salidas (emisiones) del producto a lo largo de su ciclo de vida en relación con la unidad funcional (Finnveden, y otros, 2009).

Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (LCIA)

La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA) evalúa los impactos ambientales potenciales y estima los recursos utilizados en el sistema modelado. Esta fase consta de tres elementos obligatorios: selección de categorías de impacto, asignación de los resultados del LCI

(clasificaciones) y modelado de indicadores de categoría (caracterización) (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). La Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida (LCIA) está orientada a comprender y evaluar la magnitud y la significancia de los impactos ambientales potenciales del sistema estudiado (Finnveden, y otros, 2009).

La clasificación de los resultados del LCI implica asignar las emisiones, residuos y recursos utilizados a las categorías de impacto elegidas, los cuales se agregan en un resultado indicador, que es el resultado final de la parte obligatoria de una LCIA. La normalización, agrupación, ponderación y el análisis adicional de la calidad de los datos de la LCIA son pasos opcionales (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Interpretación

Esta etapa identifica los problemas significativos, evalúa los hallazgos para llegar a conclusiones y formular recomendaciones. El informe final es el último elemento para completar las fases del LCA según la ISO 14040. En la Interpretación, los resultados de las fases anteriores se evalúan en relación con los objetivos y el alcance para llegar a conclusiones y recomendaciones (Finnveden, y otros, 2009).

5.3.1. Métodos de evaluación en el sector construcción

Existen dos formas diferentes de utilizar el LCA: para las combinaciones de materiales y componentes de construcción (BMCC) y para el Proceso Completo de la Construcción (WPC) (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Combinaciones de materiales y componentes de construcción (BMCC)

Las metodologías más recientes que incorporan información sobre los impactos ambientales y la energía incorporada en los materiales de construcción son necesarias para el desarrollo sostenible. Este método busca identificar los productos dentro del sector de la construcción con el mayor potencial de impacto ambiental al centrarse en todo el ciclo de vida del producto (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Consiste básicamente en tres etapas: productos con impacto ambiental (EIPRO), productos con mejora ambiental (IMPRO) e implicaciones políticas. Las estrategias utilizadas en la implementación del Enfoque Integrado de Producto (IPP, por sus siglas en inglés) son las declaraciones ambientales de producto (EPD) y el ecodiseño. La EPD es una estrategia adoptada para la comunicación externa y está comprometida con la reducción del impacto ambiental de un producto. Por otro lado, el ecodiseño analiza la relación entre un producto y el medio ambiente. El ecodiseño también resume técnicas para reducir el impacto ambiental a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Proceso completo de la construcción (WPC)

Cuando se aplica al ciclo de vida completo de un edificio, el LCA se divide en tres escenarios comunes: viviendas, edificios comerciales y construcciones de ingeniería civil (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009). Se puede observar que la aplicación del LCA persigue estrategias para minimizar las cargas ambientales, el consumo de recursos y aplicar estrategias como el reciclaje y la reutilización de materiales de construcción (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

Capítulo 6: Marco de Acción para la Construcción Civil Sostenible

En este capítulo se propone la creación de un marco de acción para integrar los criterios sostenibles propuestos y las evaluaciones necesarias en el proceso de aprobación de proyectos de ingeniería civil en la República Dominicana. Este marco va a responder a la necesidad de mitigar los impactos socio ambientales negativos asociados con el proceso constructivo, y al mismo tiempo se promueven las prácticas que garantizarán una sostenibilidad a largo plazo.

Una construcción con criterios sostenibles no solo debe tratar de cumplir con regulaciones ambientales, sino de “aportar un enfoque holístico que considere el ciclo de vida completo del proyecto, desde la concepción del proyecto hasta la gestión post-construcción.” (World Green Building Council, 2013). La inclusión de estas prácticas debe conllevar beneficios tangibles para las partes interesadas, puede suponer “ahorros significativos en costos operativos, mejora de la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono.” (Carvalho, Villaschi, & Braganca, 2021) Es importante, durante todo el proceso de desarrollo que las partes interesadas en el proyecto comprendan los beneficios que este proceso puede representar para cada uno, es por esto que este proceso debería de estar apoyado por programas de capacitación otorgados por las instituciones públicas.

Actualmente, el proceso para desarrollar una obra de ingeniería civil con recursos públicos, está regulado por la Ley No.340-06 sobre Compras y Contrataciones, Bienes y Servicios. El proceso incluye los siguientes pasos: 1) Planificación de la licitación; 2) Preparación del proceso de licitación, que incluye la elaboración de los pliegos de condiciones y la publicación de la convocatoria; 3) Recepción y evaluación de ofertas; 4) Adjudicación del contrato; 5) Ejecución y supervisión de obras; y 6) Entrega y liquidación, que incluye tanto una recepción provisional como definitiva.

Para los proyectos de ingeniería civil privados, el proceso de contratación es más flexible y la adjudicación puede ser por selección directa, por competencia invitacional o por negociación. El proceso de aprobación de estos proyectos depende de que cada institución involucrada otorgue un permiso o licencia de construcción o una declaración de No Objeción a la construcción del proyecto. Este sistema es muchas veces confuso para los desarrolladores y depende criterio normativo de cada institución el otorgar o no el permiso, no existe un claro proceso a seguir y está sujeto muchas veces a sorpresas que conllevan a retrasos y a pérdidas económicas de los inversionistas.

Los proyectos que son el resultado de asociaciones público-privadas están regulados por la Ley No.47-20 sobre Alianzas Público-Privadas. El proceso general incluye: 1) la identificación y planeación del proyecto; 2) la inclusión de un marco regulador, que es llevado a cabo por la Dirección General de Alianzas Público-Privadas (DGAPP); 3) la estructuración del proyecto, donde se preparan los pliegos de condiciones y el contrato, y que puede incluir la selección del socio privado; 4) la estructuración financiera; 5) Ejecución del proyecto; y 6) Operación y mantenimiento.

6.1. Comité Interinstitucional

Para regular la integración de los conceptos sostenibilidad en los proyectos de infraestructura privada, se plantea la creación un comité interinstitucional, que desempeñe un papel protagónico en la aprobación y/o integración de los criterios dentro de los diferentes procesos que implican llevar a cabo el proyecto de ingeniería civil.

Este comité interinstitucional debe tener la capacidad de facilitar, analizar, proponer y aprobar la documentación técnica de una manera integral, coordinando que todas las regulaciones de ministerios e instituciones sean integradas a un proceso central de evaluación. Este comité debe de tener la suficiente capacidad técnica para poder proponer nuevos requerimientos o regulaciones para los proyectos de infraestructura privada. Para cada tipo de proyecto se deben diseñar estrategias necesarias para incluir los conceptos en la etapa del proceso correspondiente.

Por otro lado, este comité tiene un papel relevante en la publicación de los reportes que serán enlazados con los indicadores de sostenibilidad a nivel nacional e internacional. La *Global Reporting Initiative* (GRI) proporciona un marco para la publicación de informes de sostenibilidad, facilitando la medición y comparación del desempeño sostenible de los proyectos. La creación de este comité, por lo tanto, puede reforzar y alimentar la generación de datos que permitan la medición de estos indicadores, promoviendo la transparencia y responsabilidad en el desarrollo de infraestructuras sostenibles.

Esta institución, a la cual llamaremos de manera genérica Comité de Aprobación de Proyectos de Infraestructura, debe de tener la capacidad de centralizar el proceso de aprobación técnica de los proyectos de infraestructura privados, y de otorgar la no objeción a la licencia de construcción incluyendo la coordinación entre los diferentes ministerios para asegurar el cumplimiento de las regulaciones de sostenibilidad.

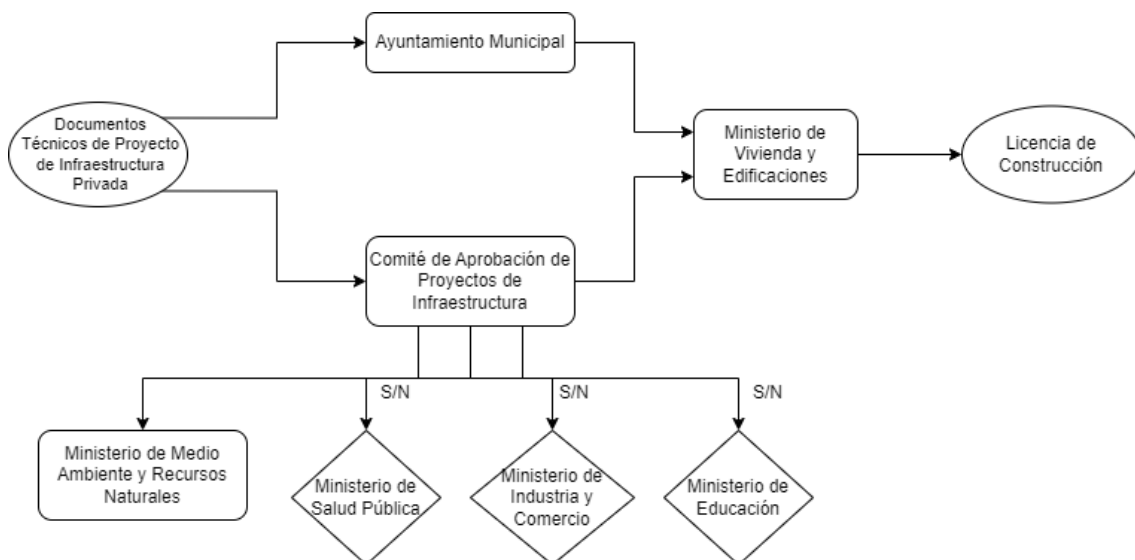


Gráfico 10. Diagrama de flujo del proceso de aprobación de la documentación técnica para proyectos de infraestructura con la inclusión de un comité interinstitucional. Fuente: Elaboración propia.

6.2. Integración de herramientas de evaluación en el proceso de aprobación de proyectos

A continuación, se presentan herramientas y pasos concretos a ser incorporados en el proceso de aprobación de proyectos para garantizar que en el diseño se realice la integración efectiva de criterios sostenibles. Para organizar las informaciones por cada tipo de criterio, se plantean recomendaciones que resulten en la aprobación explícita de cada criterio, se abarca tanto la responsabilidad de la institución en proveer las herramientas necesarias, como el papel de la persona interesada. Primero, se sugieren herramientas que sirvan para poder mejorar la eficiencia en la presentación de la información y que puedan tener integradas normativas y requisitos. Segundo, se plantea el proceso de aplicación, recomendando los requisitos, la revisión técnica y los criterios de aprobación.

6.2.1. Impacto ambiental

Herramientas:

- **Software de Modelado Ambiental:** Programas que simulan y predicen los impactos ambientales de un proyecto, como la emisión de gases de efecto invernadero, ruido, y generación de residuos. Estas herramientas ayudan a proyectar los impactos a corto y largo plazo.
- **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** Documento técnico que evalúa de manera integral los posibles efectos negativos de un proyecto sobre el medio ambiente. Incluye un análisis detallado de mitigación de impactos, alineado con las normativas de la Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Proceso de Aprobación:

- **Requisitos de Presentación:** Los desarrolladores deben presentar un informe completo de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que incluya las proyecciones de impacto, las estrategias de mitigación propuestas y los resultados del modelado ambiental.
- **Revisión Técnica:** Se debe realizar una revisión exhaustiva del EIA para asegurar que los métodos y resultados cumplan con las normativas y estándares nacionales e internacionales. Esta revisión verificará que se hayan considerado todos los aspectos relevantes, como la calidad del aire, agua, suelo, y la biodiversidad.
- **Aprobación Condicionada:** La aprobación del proyecto estará sujeta a la implementación de las medidas de mitigación propuestas en el EIA. Además, se establecerán controles periódicos durante la ejecución del proyecto para garantizar el cumplimiento de estas medidas, con la posibilidad de sanciones o ajustes si se detectan desviaciones.

6.2.2. Eficiencia Energética

Herramientas:

- **Software de Modelado Energético:** Herramientas avanzadas como EnergyPlus y eQUEST permiten simular el comportamiento energético del proyecto, proporcionando datos precisos sobre el consumo de energía en diversas condiciones operativas. Estos programas ayudan a optimizar el diseño para mejorar la eficiencia energética desde las primeras etapas del proyecto.
- **Certificaciones de Eficiencia Energética:** Protocolos como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) establecen marcos claros para la construcción sostenible. LEED, por ejemplo, otorga

créditos por la eficiencia energética, incentivando la integración de tecnologías de energía renovable y sistemas de ahorro de energía (USGBC, 2024). EDGE, por su parte, se centra en países emergentes y es especialmente relevante para el contexto de la República Dominicana (IFC, 2019).

Proceso de Aprobación:

- **Evaluación Energética:** Se requiere un análisis energético detallado del proyecto, utilizando software de modelado energético para prever el consumo de energía. Este análisis debe considerar variables como la orientación, los materiales utilizados. La Ley No. 1-12 sobre Estrategia Nacional de Desarrollo establece la importancia de la eficiencia energética como parte del desarrollo sostenible del país (Ley 1-12, 2012).
- **Requisitos de Energías Renovables:** La integración de sistemas de energías renovables, como paneles solares y turbinas eólicas, debe ser un criterio obligatorio en la aprobación de proyectos, conforme a la Ley No. 57-07 sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía. Esta ley promueve el uso de fuentes de energía limpia para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la sostenibilidad energética (Ley 57-07, 2007).
- **Monitoreo Post-Construcción:** Una vez completada la construcción, se deben implementar sistemas de monitoreo continuo para verificar que el proyecto cumple con los objetivos de rendimiento energético establecidos durante la fase de diseño. Este monitoreo debe incluir el seguimiento de consumos energéticos y la eficiencia de los sistemas de energía renovable instalados, garantizando que el edificio opera de manera óptima y sostenible (Wang, Phelan, Langevin, Nelson, & Sawyer, 2018).

6.2.3. Gestión de recursos hídricos

Herramientas:

- **Sistema de Información Geográfica (SIG):** Utilizado para mapear y analizar cuencas hidrográficas, redes de drenaje, y áreas propensas a inundaciones, permitiendo la planificación adecuada de la gestión de recursos hídricos en proyectos de infraestructura civil. Herramientas como ArcGIS pueden identificar los impactos potenciales de un proyecto sobre los recursos hídricos y prever las necesidades de mitigación.
- **Software de Modelado Hidrológico:** Herramientas como HEC-HMS y SWMM permiten simular el comportamiento de las cuencas hidrográficas, prediciendo el flujo de agua, la escorrentía, y la posible contaminación del agua. Estos programas son esenciales para diseñar infraestructuras que gestionen eficientemente los recursos hídricos, minimizando el riesgo de inundaciones y protegiendo la calidad del agua (Feldman, 2000).

Proceso de Aprobación:

- **Evaluación Hidrológica:** Se debe realizar un análisis exhaustivo de los recursos hídricos en la fase de diseño del proyecto, utilizando software de modelado hidrológico para prever el impacto de la construcción y operación del proyecto sobre el ciclo hidrológico local. La Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales establece que los proyectos deben incluir un análisis detallado de cómo afectarán a los recursos hídricos y proponer medidas de mitigación adecuadas (Ley 64-00, 2000).
- **Requisitos de Gestión Sostenible del Agua:** Como parte del proceso de aprobación, se debe requerir la implementación de prácticas sostenibles de gestión del agua, tales

como la recolección de agua pluvial, el tratamiento de aguas residuales y el uso de tecnologías de bajo consumo. La normativa también debe exigir el cumplimiento con la Ley No. 6-86 sobre Protección de Aguas, que regula la protección y uso racional de los recursos hídricos en la República Dominicana (Ley 6-86, 1986).

- **Monitoreo Continuo de Calidad del Agua:** Después de la construcción, es crucial implementar un sistema de monitoreo continuo que evalúe la calidad del agua en las áreas afectadas por el proyecto. Esto incluye la medición de contaminantes, la supervisión de la efectividad de las instalaciones de tratamiento de agua, y la evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos circundantes. La implementación de este monitoreo asegura que se cumplan los estándares de calidad del agua establecidos por la Ley No. 64-00 y que las medidas de mitigación sean efectivas (IHA, 2019).

6.2.4. Conservación de la biodiversidad

Herramientas:

- Sistema de Información Geográfica (SIG): Utilizado para mapear y analizar la distribución de especies y hábitats críticos, permitiendo una planificación que minimice el impacto en la biodiversidad. Herramientas como QGIS o ArcGIS pueden identificar áreas sensibles y prever cómo un proyecto de ingeniería civil podría afectar la fauna y flora locales (Pundt, 2020).
- **Modelos Predictivos de Hábitat:** Software como MaxEnt permite modelar la distribución potencial de especies y hábitats bajo diferentes escenarios de desarrollo. Esto es fundamental para prever los impactos a largo plazo de un proyecto en la biodiversidad local y para diseñar estrategias de mitigación adecuadas (Phillips, Anderson, & Schapire, 2006).

Proceso de Aprobación:

- **Evaluación de la Biodiversidad Local:** En la fase de diseño, se debe realizar un inventario detallado de las especies y hábitats presentes en la zona del proyecto, utilizando herramientas como SIG y modelos predictivos. La Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales requiere que todos los proyectos de infraestructura realicen un análisis de cómo afectarán a la biodiversidad, asegurando que las especies en peligro y los hábitats críticos sean protegidos (Ley 64-00, 2000).
- **Requisitos de Conservación de la Biodiversidad:** Como parte del proceso de aprobación, se deben incluir medidas concretas para la conservación de la biodiversidad, tales como la creación de corredores biológicos, la restauración de hábitats degradados y la implementación de programas de monitoreo de especies. Estas acciones deben estar alineadas con las metas nacionales de conservación establecidas en la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB) de la República Dominicana (Ley 64-00, 2000).
- **Monitoreo y Mitigación de Impactos:** Después de la construcción, se debe implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el impacto del proyecto sobre la biodiversidad. Este monitoreo debe incluir la observación de poblaciones de especies clave, la salud de los ecosistemas, y la efectividad de las medidas de mitigación implementadas. Las autoridades deben revisar periódicamente los resultados para asegurar que los impactos negativos se mantengan dentro de los límites aceptables y que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario (IHA, 2019).

6.2.5. Selección de Materiales

Herramientas:

- **Base de Datos de Materiales Sostenibles:** Una herramienta digital que permita a los arquitectos e ingenieros seleccionar materiales locales y sostenibles. Esta base de datos debe incluir información sobre materiales certificados bajo normas como ISO 14001 y ISO 50001.
- **Software de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA):** Programas que ayudan a evaluar el impacto ambiental de los materiales desde su extracción hasta su disposición final.

Proceso de Aprobación:

- **Requisitos de Presentación:** Exigir a los solicitantes que presenten una lista de materiales a utilizar, junto con sus certificaciones y análisis de ciclo de vida.
- **Revisión Técnica:** Realizar una revisión técnica de los materiales propuestos para asegurar que cumplen con las normativas ambientales establecidas en la Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- **Aprobación Condicionada:** Aprobar los proyectos solo si se garantiza el uso de materiales sostenibles, estableciendo mecanismos de verificación durante la construcción.

6.2.6. Minimización de Residuos

Herramientas:

- **Software de Gestión de Residuos:** Herramientas digitales que permiten planificar y monitorear la generación, clasificación, y disposición de residuos durante todas las fases del proyecto. Estas herramientas ayudan a optimizar el manejo de residuos, reducir la cantidad generada, y aumentar la eficiencia del reciclaje. Un ejemplo de este tipo de software es el uso de plataformas de Building Information Modeling (BIM) que integran la gestión de residuos en el proceso de construcción (Akanbi, y otros, 2018).
- **Plan de Minimización de Residuos:** Un plan integral que establece objetivos y estrategias específicas para reducir, reutilizar y reciclar residuos en el sitio de construcción. Este plan debe ser presentado y aprobado por las autoridades antes del inicio de la obra, asegurando que se cumplan con las normativas ambientales establecidas (EPA, 2018).

Proceso de Aprobación:

- **Presentación de un Plan de Gestión de Residuos:** Los desarrolladores deben presentar un plan detallado de gestión de residuos que describa las estrategias para reducir, reutilizar y reciclar materiales durante la construcción. Este plan debe incluir la estimación de la cantidad de residuos que se generarán, las medidas para minimizar la generación de residuos, y los métodos para la disposición final. La Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales establece la necesidad de manejar adecuadamente los residuos sólidos para proteger el medio ambiente y la salud pública (Ley 64-00, 2000).
- **Monitoreo y Verificación de la Implementación:** Durante la ejecución del proyecto, se debe realizar un monitoreo continuo para asegurar que las prácticas de gestión de residuos se implementen según lo planificado. Esto incluye la revisión de los registros de residuos, la verificación de las prácticas de segregación y reciclaje, y la auditoría del

cumplimiento con los objetivos de minimización de residuos. Los informes de monitoreo deben ser presentados a las autoridades como parte del proceso de control y evaluación del proyecto (EPA, 2009).

6.2.7. Integración comunitaria

Herramientas:

- **Encuestas y Consultas Públicas:** Herramientas participativas como encuestas, consultas públicas y talleres comunitarios son esenciales para captar las opiniones y necesidades de la comunidad local respecto a los proyectos de ingeniería civil. Estas herramientas permiten que los desarrolladores comprendan mejor las preocupaciones locales y adapten los proyectos en consecuencia, promoviendo una mayor aceptación y apoyo de la comunidad (Arnstein, 1969).
- **Mapeo de Actores Clave:** Utilizado para identificar y evaluar a los grupos de interés más relevantes en el área del proyecto, incluyendo líderes comunitarios, organizaciones locales y residentes. Este mapeo facilita la creación de canales de comunicación eficaces y asegura que todas las voces relevantes sean escuchadas y consideradas en el proceso de toma de decisiones (Reed, y otros, 2009).
- **Planes de Comunicación y Participación:** Desarrollar un plan detallado de comunicación que incluya estrategias para informar y involucrar a la comunidad durante todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y seguimiento. Herramientas como software de gestión de stakeholders pueden ayudar a organizar y documentar estas interacciones.

Proceso de Aprobación:

- **Involucramiento Temprano de la Comunidad:** En las etapas iniciales del proyecto, es esencial realizar consultas con la comunidad local para identificar sus necesidades y preocupaciones. Esto puede incluir la realización de encuestas y reuniones comunitarias para recolectar datos sobre cómo el proyecto podría afectar a los residentes. De acuerdo con la Ley No. 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, es obligatorio incluir la participación comunitaria en la evaluación de impacto ambiental, asegurando que se consideren los impactos sociales y culturales del proyecto (Ley 64-00, 2000).
- **Desarrollo de Planes de Acción Comunitaria:** Una vez identificadas las preocupaciones de la comunidad, se deben desarrollar planes de acción que respondan a estas inquietudes. Esto puede incluir compromisos para minimizar los impactos negativos, maximizar los beneficios locales, y asegurar la transparencia durante la ejecución del proyecto.
- **Monitoreo y Reporte de Impactos Sociales:** Durante y después de la construcción, es vital implementar un sistema de monitoreo que evalúe los impactos sociales del proyecto. Este sistema debe incluir indicadores específicos para medir el bienestar comunitario, tales como la calidad de vida, el acceso a servicios y la cohesión social. Los resultados del monitoreo deben ser comunicados regularmente a la comunidad y las autoridades para asegurar la transparencia y la continua aceptación del proyecto.

Como se puede observar en la estructuración de las recomendaciones, en el proceso de aprobación, la evaluación técnica debe de estar ligada a la legislación existente, que en cada caso delimita el alcance de los requisitos. Será la responsabilidad del Comité Interinstitucional velar por la modificación o proposición de las legislaciones para que el sistema de aprobación no sea sujeto a otros requisitos que puedan confundir el proceso.

Capítulo 7: Contribución a la toma de decisiones

En este capítulo se proporcionan informaciones basadas en evidencias para promover la adopción de las prácticas sostenibles en el proceso de aprobación de proyectos a las autoridades y profesionales del sector de la ingeniería civil. Se han elegido dos artículos científicos:

1. Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).
2. Indicadores Clave De Desempeño Y Métodos De Evaluación Para La Sostenibilidad De La Infraestructura: Una Perspectiva De La Industria De La Construcción Sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007).

La inclusión del resumen de estos artículos se debe a que ofrecen herramientas importantes para evaluar los diferentes elementos que influyen en la integración de criterios sostenibles a la industria de la construcción en República Dominicana. Sus métodos y conclusiones pueden ser utilizados como referencias de relacionar la cuantificación de indicadores con la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos construcción.

7.1. Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020)

Este artículo ha sido elegido para ser incluido en este trabajo por ofrecer una metodología clara para evaluar los proyectos de ingeniería civil con un enfoque en sostenibilidad. Este tipo de evaluaciones puede ser adaptado a diferentes proyectos de ingeniería civil y, con sus resultados, tomar decisiones respecto a la forma en que se conciben los proyectos de ingeniería civil. El método propuesto por Ek et al. (2020), puede servir de modelo para la evaluación y aprobación de los proyectos de ingeniería civil en la República Dominicana.

En este caso, los autores eligieron comparar el ciclo de vida sostenible entre dos tipos de diseños conceptuales de un puente ubicado en Suecia. Es en todo caso una exposición de un método basado en el análisis de datos, con indicadores internacionalmente estandarizados y también, con datos específicos de los proyectos evaluados (Ek, y otros, 2020). En su comparación, evalúa los dos proyectos en tres dimensiones principales: impacto social, ambiental y económico.

Los dos objetivos fundamentales del estudio son, primero, “analizar el potencial de aplicación práctica del método para llevar a cabo evaluaciones de sostenibilidad transparentes de conceptos de diseño en las etapas iniciales de planificación y diseño”; y segundo, “examinar los resultados obtenidos en el estudio de caso para identificar indicadores en diferentes etapas del ciclo de vida y elementos del proyecto de obras de ingeniería civil con los mayores impactos en la sostenibilidad”. (Ek, y otros, 2020)

Le método utilizado está basado en un método también propuesto por Ek et al. (2020), y nos dice que “el método propuesto incluye una orientación en el cálculo de los indicadores ambientales, sociales y económicos, basados en la evaluación del ciclo de vida (LCA), el costo del ciclo de vida (LCC) y los costos externos, y la agregación mediante la normalización y los factores de ponderación, de acuerdo con los principios y requisitos de los métodos de evaluación del desempeño de sostenibilidad establecidos en el estándar del ISO”. (Ek, y otros, 2020)

Las etapas del ciclo de vida son clasificadas en módulos, basados en los estándares del ISO. Estos módulos sirven para agrupar los procesos de cada etapa del ciclo de vida y evaluar tanto los módulos como los procesos de acuerdo con los indicadores. Esta clasificación se presenta a continuación en la Tabla 6.

A0	Pre-construcción
A1-A3	Producción
	A1 Suministro de materia prima
	A2 Transporte desde la extracción a la producción
A3 Producción del material	
A4-A5	Construcción
	A4 Transporte del material a la obra
	A5 Construcción
B1-B8	Uso
	B1 Uso normal
	B2 Mantenimiento
	B3 Reparaciones
	B4 Reemplazos
	B5 Reformas
	B6 Operación: Energía operacional
	B7 Operación: Uso de agua operacional
B8 Uso relacionado con la utilización	
C1-C4	Final Vida Útil
	C1 Deconstrucción
	C2 Transporte
	C3 Reutilización y reciclaje
	C4 Desecho
D	Futuras Cargas y beneficios

Tabla 9. Las etapas del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil y su clasificación en módulos. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).

En este caso, fueron comparados dos tipos de conceptos de diseño de puente, uno es el *Concrete Slab Frame Bridge* (CSF) o puente con marco de losa de concreto, y el otro es el *Soil -Steel Composite Bridge* (SSC) o puente compuesto de suelo-acero. Como prerrequisitos, Ek et al., utilizaron informaciones del proyecto, clasificadas en características específicas.

Las características son las siguientes:

1. Objeto de la evaluación
2. Intención de uso de la evaluación
3. Equivalentes funcionales:
 - a. Tipo/Uso de la obra de ingeniería civil
 - b. Capacidad
 - c. Período de referencia del estudio y patrón de uso
 - d. Vida Útil (vida útil requerida)
4. Tiempo de la evaluación del ciclo de vida
5. Etapas del ciclo de vida analizadas
6. Justificación de la exclusión de módulos
7. Área de influencia
8. Flujos de energía y masa considerados en la evaluación
9. Supuestos generales y escenarios utilizados
10. Fuente de datos para los indicadores
11. Declaración sobre si los datos son específicos o genéricos
12. Año de referencia para los datos de costo

Se utilizó una unidad funcional que se compone de un metro de la longitud del puente y un año de servicio de vida requerido (RSL). El análisis del ciclo de vida fue realizado según el estándar EN 15804 del Comité Europeo para la Estandarización, en su documento *Sustainability of Construction Works—Environmental Product Declarations—Core Rules for the Product Category of Construction Products (2019)*; utilizando el software de análisis de ciclo de vida GaBi. Los factores de normalización y ponderación fueron adaptados de los factores usados en el método *Product Environmental Footprint (PEF)*, de la Comisión Europea.

Los indicadores del PEF están en una sola dimensión, es por ello por lo que para esta evaluación los indicadores fueron escalados a un total de 100 en las dimensiones ambientales y sociales. El costo del ciclo de vida fue calculado por el estándar EN 15686 -5, *Monetary Valuation of Environmental Impacts and Related Environmental Aspects; International Organization for Standardization (ISO)*, y las externalidades ambientales fueron calculadas en concordancia con ISO 14008.

Dimensión	Indicador	Factor de Normalización (NF)	Factor de Ponderación (%)
Ambiental	Potencial de acidificación	55.6	8.43
	Potencial de ecotoxicidad (agua dulce)	42,683	2.61
	Índice potencial de calidad del suelo	819,498	10.8
	Potencial de calentamiento global total (fósil + biogénico + LULUC)	8096	28.63
	Potencial de agotamiento abiótico para recursos no fósiles	0.0636	10.27
	Potencial de agotamiento abiótico para recursos fósiles	65,004	11.31
	Potencial de eutrofización (agua dulce)	1.61	3.81
	Potencial de eutrofización (marino)	19.5	4.02
	Potencial de eutrofización (terrestre)	177	5.04
	Potencial de agotamiento de ozono	0.0536	8.58
	Potencial de creación de ozono fotoquímico	40.6	6.5
Social	Radiación ionizante potencial — salud humana	4220	18.94
	Potencial de toxicidad humana — efectos cancerígenos	0.0000169	8.05
	Potencial de toxicidad humana — efectos no cancerígenos	0.00023	6.96
	Emisiones de partículas	0.000595	33.88
	Potencial de privación del usuario de agua	11,469	32.17

Tabla 10. Factores de normalización y ponderación usados para los indicadores sociales y ambientales. Fuente: *Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020)*.

Los indicadores económicos son presentados separados, alineados con los requerimientos estándar, y el costo del ciclo de vida e ingresos, así como para las externalidades ambientales son presentados con el valor presente neto a una tasa de descuento del 3%. Para los costos del ciclo de vida se utilizaron precios promedio del mercado por unidad para cada uno de los recursos incluidos. (Ek, y otros, 2020)

Este método requiere el uso del inventario del ciclo de vida (LCI) para calcular los indicadores. En el caso de estudio, el inventario del ciclo de vida estuvo en la forma de *Bill of Materials (BOM)*

o lista de materiales, que fueron calculadas para cada concepto de diseño con datos disponibles de la fase de licitación. (Ek, y otros, 2020)

Escenarios representativos y realistas del consumo de recursos y costos de los módulos B y D fueron desarrollados para concepto de diseño, basados en la documentación del proyecto y datos de literatura previa, en el caso de que estuviera disponible y de conocimiento de expertos. Las distancias y modos de transportes son también consideradas y presentadas como anexo. (Ek, y otros, 2020)

A continuación, en la tabla 8, se muestran los resultados del análisis del concepto de diseño del puente de marco de concreto por indicadores en unidades de medida por etapa de ciclo de vida para la unidad funcional en la evaluación de Et et. al.:

Indicador	A0	A1-A3	A4-A5	B1-B5	B6-B7	B8	C1-C4	D
AP	MNA	0.78	0.57	0.049	0	4.2	0.29	-0.18
ETP-fw	MNA	1780	1642	133	0	4063	380	-333
SQP	MNA	1002	7588	22	0	22,083	167	-579
GWP-total	MNA	313	172	12	0	234	47	-70
ADPE	MNA	2.1×10^{-4}	1.6×10^{-5}	4.4×10^{-6}	0	5.4×10^{-5}	3.7×10^{-6}	-1.0×10^{-4}
ADFP	MNA	3740	2344	230	0	5229	584	-892
EP-freshwater	MNA	5.5×10^{-4}	5.6×10^{-4}	2.6×10^{-5}	0	3.1×10^{-2}	1.1×10^{-4}	-2.3×10^{-4}
EP-marine	MNA	0.24	0.25	0.015	0	1.68	0.1	-0.05
EP-terrestrial	MNA	2.61	2.82	0.17	0	20.4	1.1	-0.5
ODP	MNA	6.9×10^{-11}	2.6×10^{-11}	3.1×10^{-11}	0	4.9×10^{-10}	8.5×10^{-14}	-3.5×10^{-13}
POCP	MNA	0.64	0.71	0.046	0	2.7	0.28	-0.14
PIR	MNA	60	3.1	0.57	0	148.5	0.39	-13
HTP c	MNA	1.8×10^{-6}	5.6×10^{-8}	1.2×10^{-8}	0	7.1×10^{-7}	2.9×10^{-8}	-5.8×10^{-8}
HTP nc	MNA	4.8×10^{-6}	2.0×10^{-6}	4.3×10^{-7}	0	1.1×10^{-4}	2.9×10^{-6}	-6.9×10^{-7}
PM	MNA	1.5×10^{-5}	1.2×10^{-5}	5.8×10^{-7}	0	4.1×10^{-5}	2.4×10^{-6}	-3.2×10^{-6}
WDP	MNA	71	11	0.86	0	109	6.3	-16
LCC e ingresos	MNA	210	287	8.7	0	126	1.6	-12
Externalidades ambientales	MNA	123	56	0.6	0	31	1.4	-7.8

Tabla 11. Resultados del análisis del concepto de diseño del puente de marco de concreto por indicadores en unidades de medida por etapa de ciclo de vida para la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).

Con esta tabla de resultados, Ek et al. (2020), proceden a agregar estos resultados a las diferentes dimensiones y obtienen la siguiente información, presentada en la tabla 9:

Dimensión	Indicador (Unidad)	A0	A1-A3	A4-A5	B1-B7	B8	C1-C4	D
Ambiental	Todos (sin dimensión)	MNA	2.3	1.6	0.12	4	0.43	-2
Social	Todos (sin dimensión)	MNA	2.3	0.82	0.057	7	0.26	-1
Económico	LCC e ingresos (Euro)	MNA	210	287	18	86	12	-1

Económico	Externalidades ambientales (Euro)	MNA	123	56	2	31	1.4	-8
-----------	-----------------------------------	-----	-----	----	---	----	-----	----

Tabla 12. Resultados para el concepto de diseño de puente CSF por etapa del ciclo de vida agregados a nivel de dimensión (y a nivel de indicador para la dimensión económica) para la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).

El desarrollo de estos análisis por cada tipo de concepto de diseño permite a los autores contar con indicadores evaluables en varias dimensiones y hacer comparaciones entre ambos conceptos de diseño. De esta manera puede evaluar el desempeño de cada factor a lo largo del ciclo de vida de las opciones, y extraer conclusiones y recomendaciones específicas para ambos casos.

A continuación, se muestran los gráficos de comparación realizados por Ek et al. (2020), en los que se muestra la comparación de los conceptos de diseño a lo largo del ciclo de vida para las dimensiones ambientales y sociales para la unidad funcional:

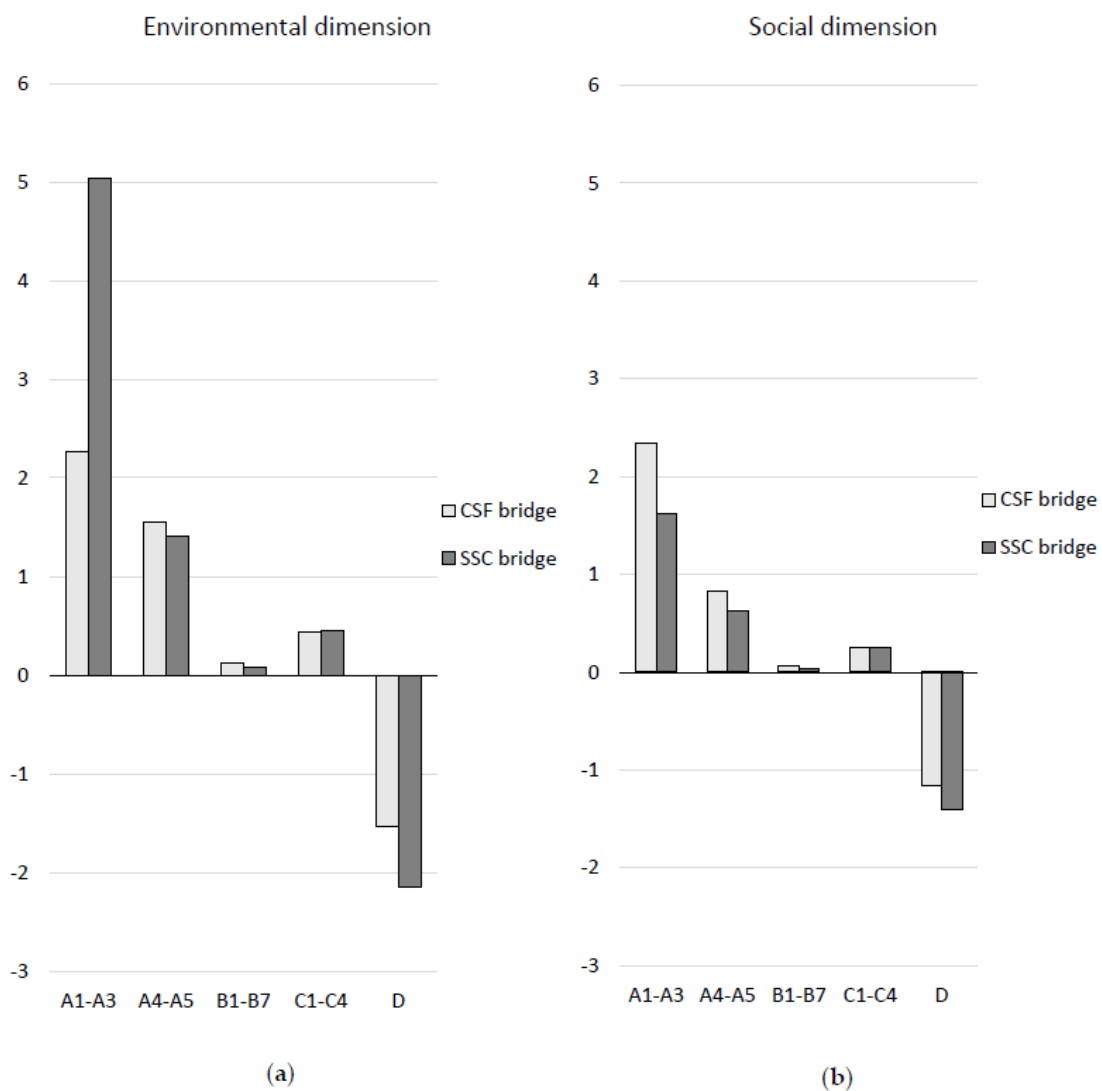


Gráfico 11. Comparación de conceptos de diseño por etapas del ciclo de vida, en las dimensiones ambientales y sociales por la unidad funcional. Fuente: Evaluación De Desempeño De La Sostenibilidad Del Ciclo De Vida: Método De Comparación De Conceptos De Diseño En Obras De Ingeniería Civil (Ek, y otros, 2020).

Este es solo un ejemplo de uno de los gráficos que se puede generar con los datos obtenidos del análisis, los autores desarrollan comparaciones relacionadas tanto como por el ciclo de vida, como por las diferentes dimensiones, y utilizan los datos de diferentes maneras para que la evaluación de los impactos ambientales sociales y económicos puedan ser contrastados.

A lo largo del análisis, Ek et. al (2020), descubre que el puente de marco de losa de concreto tiene mejor desempeño en el impacto ambiental frente al puente compuesto suelo-acero, y que a su vez el puente compuesto suelo-acero tiene mejor tanto en el desempeño del impacto económico, como el social. Estos resultados, a grandes rasgos, permiten una discusión sobre las características de cada uno de los conceptos de diseño e identificar cuál es la mejor opción de acuerdo con el contexto en que se encuentre.

Como nos resume Ek et al., “este método permite comparar el desempeño de sostenibilidad de los conceptos de diseño en la etapa del ciclo de vida y el nivel de componentes de construcción en las primeras etapas de diseño y planificación, los datos disponibles en estas primeras etapas son suficientes para la evaluación, lo que permite que se realicen los ajustes necesarios para lograr conceptos de diseño más sostenible.”. (Ek, y otros, 2020)

Los hallazgos de la evaluación de Ek et. Al, contribuyen al desarrollo de una mejor comprensión del impacto de sostenibilidad de las obras de ingeniería civil mediante la identificación de los elementos de mayores impactos, esto ayuda al proceso de toma de decisiones a la hora de evaluar la sostenibilidad de los proyectos en un caso de contratación pública.

7.2. Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007)

La inclusión de este artículo responde al interés de los autores de formular indicadores y métodos de evaluación de la sostenibilidad de proyectos en países en desarrollo, el enfoque reconoce que las necesidades de los países en desarrollo son diferentes a las de los países desarrollados. Esta consideración puede aportar una dimensión más real a la situación de la República Dominicana, considerando que el PIB per cápita de dominicano es de 10,110 USD y el sudafricano es de 6,235 USD para el año 2024, mientras que el PIB per cápita de un país desarrollado como España, es de 34,045 USD (World Population Review).

El artículo de los autores Ugwu y Haupt (2007) tiene dos objetivos principales, el primero, identificar los indicadores clave de desempeño para la entrega de infraestructuras; y segundo, identificar los métodos computacionales requeridos para lograr objetivos sostenibles en países en desarrollo.

Otro objetivo de los autores es desarrollar un modelo para computar el indicador sostenible, que lo definen como un valor claro para evaluar proyectos de infraestructura. Este valor puede ser una referencia para crear un estándar internacional de evaluación de la sostenibilidad de proyectos (Ugwu & Haupt, 2007). Para obtener el valor, los autores utilizaron dos técnicas: el modelo de suma ponderada y el modelo de utilidad aditiva.

El modelo de suma ponderada es una técnica de análisis multicriterio (MCDM) utilizada para evaluar y comparar diferentes alternativas en función de varios criterios. El modelo de utilidad

aditiva (AHP) es otra técnica de análisis multicriterio donde se calcula una utilidad o valor para cada alternativa en función de varios criterios. Con la combinación de estas técnicas se propone un método de evaluación de sostenibilidad en infraestructura.

Una de las críticas que realizan los autores es que, según la revisión de literatura, la mayoría de las iniciativas en torno a la sostenibilidad se concentran en un nivel marco, es decir, en programas y políticas nacionales, regionales, continentales; mientras que la necesidad real es que estos objetivos sean traducidos en acciones prácticas y concretas a nivel micro, esto facilitaría la formulación de modelos matemáticos de toma de decisión y métodos de evaluación subyacentes para el análisis cuantitativo y el apoyo a la toma de decisiones en el desarrollo de la infraestructura.

El artículo se centra en responder la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden los diseñadores que trabajan en los proyectos de infraestructura, generar y evaluar opciones de diseño y elegir una serie de especificaciones de diseño constructivo para implementar efectivamente la sostenibilidad nacional, las estrategias y los objetivos al nivel de un proyecto de infraestructura?

Ante esta cuestión, se menciona que existen muchos elementos clave requeridos para desarrollar estrategias efectivas para un ambiente de construcción sostenible, tres de estos elementos son:

1. Una formulación precisa y la definición de objetivos
2. La identificación y evaluación de alternativas en términos cuantitativos y/o cualitativos, que son opciones de diseño.
3. La implementación efectiva de alternativas seleccionadas/elegidas, que se traduce como la elección de técnicas y métodos constructivos apropiados.

El marco de investigación y la metodología consistió en las siguientes etapas clave: (i) revisión de literatura existente, (ii) desarrollo y validación de indicadores clave de desempeño (KPIs) usando instrumentos como encuestas a una muestra representativa de partes interesadas en un país identificado (Sudáfrica), (iii) desarrollo de una metodología estructurada y formulando un modelo analítico para la toma de decisión multi-criterio (MCDM) dominio del problema., y (iv) proponer un marco computacional matemático para utilizar los indicadores en la evaluación de sostenibilidad de proyectos de infraestructura (SUSAIP).

Desarrollo de indicadores

Para el desarrollo de indicadores, se realizó una combinación de entrevistas estructuradas con profesionales de la industria, se utilizaron datos de proyectos de casos de estudio, así como lineamientos gubernamentales existentes de evaluación de impacto medio ambiental, se revisó la literatura de investigación en sostenibilidad y encuestas basadas en cuestionarios para la validación de indicadores.

El método también se basó en previas investigaciones en análisis taxonómico y desarrollo de indicadores realizados en la Hong Kon Special Administrative Region (HKSAR). Este estudio validó 55 indicadores clave de desempeño para la evaluación de sostenibilidad en proyectos de infraestructura, y otros 6 indicadores fueron agregados al estudio sudafricano, para un total de 6 niveles y 61 indicadores.

El cuestionario fue dividido en dos. Parte 1 Información previa obtenida del encuestado, mientras que la Parte 2 se enfocó en la obtención de la idoneidad de los diversos indicadores de

sostenibilidad propuestos para su uso en la evaluación de proyectos de infraestructura. Un total de 49 cuestionarios validos fueron utilizados, con un 100% de tasa de respuesta.

Para poder identificar los indicadores más valorados, se utilizó una escala de Likert, y luego para posicionar los indicadores se sumó la media y la desviación estándar entre el total de números de encuestados para cualquiera de los indicadores. Los indicadores con más media y desviación estándar son posicionados más arriba.

En la tabla 10 podemos observar una parte de los resultados obtenidos de la encuesta realizada en la cual se puede presentan los diferentes elementos de la metodología de los autores, tienen los niveles de indicadores, que en este caso solo se presentaron los económicos y los de medio ambientales, y los resultados de las encuestas clasificados dentro de las diferentes profesiones, los resultados indican la media, la desviación estándar, y el posicionamiento del indicador de acuerdo a la clasificación del grupo encuestado.

Categoría	Subcategoría	Indicador Específico	Evaluación Global (N = 49)	Ingenieros (N = 22)	Contratistas (N = 6)	Arquitectos (N = 6)	Gerentes de Proyecto (N = 5)	Público (N = 2)
Nivel 2 indicador	Nivel 3 indicador	Nivel 4 indicador	Evaluación de la sostenibilidad media, (desviación estandar, posición)					
Economía	Costo directo	Costo inicial	3.85 (0.81,15)	3.68 (0.84,20)	4.0 (0.63,38)	3.85 (0.81,15)	4.0 (1.18)	4.0 (0.00,34)
		Costo del ciclo de vida	4.02 (0.87,7)	3.95 (0.95,9)	4.0 (0.63,38)	4.02 (0.87,7)	4.2 (0.84,9)	4.5 (0.00,26)
	Costo indirecto	Costo de reasentamiento de personas	3.42 (0.99,52)	3.10 (1.00,58)	3.33 (1.03,57)	3.42 (0.99,52)	3.75 (0.5,36)	5.0 (0.71,1)
		Costo de rehabilitación del ecosistema	3.78 (0.90,27)	3.57 (0.81,32)	3.5 (1.05,52)	3.78 (0.90,27)	4.25 (0.96,7)	4.5 (0.00,26)
		Impacto adverso en los valores turísticos	3.41 (1.00,53)	3.24 (0.94,54)	2.67 (1.21,68)	3.41 (1.00,53)	4.3 (0.45,34)	4.5 (0.00,1)
Medio Ambiente	Uso del suelo	Empleo de mano de obra	3.79 (0.91,24)	3.64 (0.90,26)	4.33 (0.52,11)	3.79 (0.91,24)	3.8 (0.84,30)	3.0 (0.00,57)
		Extensión de la adquisición de tierras	3.40 (1.07,55)	3.24 (1.09,53)	3.80 (1.30,43)	3.40 (1.07,55)	3.8 (0.84,30)	2.5 (0.71,60)
		Extensión de la tala de Árboles	3.23 (1.13,59)	2.95 (1.09,60)	3.0 (1.10,59)	3.23 (1.13,59)	3.3 (0.89,1)	4.0 (0.00,34)
		Extensión de la pérdida de hábitat o Áreas de alimentación	3.38 (1.15,56)	3.18 (1.10,57)	3.17 (1.17,58)	3.38 (1.15,56)	4.0 (1.00,18)	4.5 (0.00,1)
	Agua	Conectividad con el interior	3.09 (1.02,61)	2.77 (0.92,61)	3.0 (0.71,60)	3.09 (1.02,61)	3.6 (1.14,39)	4.0 (1.41,29)
		Impacto según la evaluación bajo EIAR	3.80 (1.11,23)	3.68 (1.13,33)	4.0 (0.84,9)	4.0 (1.00,13)	4.4 (1.50,5)	4.5 (0.71,1)
	Aire	Reutilización del agua	3.64 (1.12,40)	3.64 (1.24,40)	4.20 (1.00,13)	4.0 (1.20,13)	3.5 (1.00,7)	5.0 (0.00,1)
		Impacto según la evaluación bajo EIAR	3.84 (0.99,19)	3.55 (1.01,20)	4.0 (1.18,9)	4.0 (0.89,19)	4.4 (1.20,5)	4.5 (0.71,1)
		Diseño de salida de aire	3.44 (1.14,51)	3.33 (1.13,56)	3.33 (1.03,49)	3.67 (0.94,32)	3.5 (1.20,7)	4.0 (1.41,29)

	Diseño de ventilación durante la construcción	3.57 (1.17,33)	3.67 (1.20,29)	3.83 (1.17,27)	3.5 (0.84,46)	4.0 (1.10,7)	4.5 (0.71,1)
Ruido	Diseño de ventilación durante la etapa de servicio	3.73 (1.04,32)	3.73 (1.04,32)	4.0 (1.00,13)	4.0 (0.89,19)	4.0 (1.00,7)	4.0 (1.41,29)
	Impacto según la evaluación bajo EIAR	3.81 (0.93,20)	3.68 (0.99,20)	4.25 (0.96,7)	4.25 (0.96,7)	4.4 (1.20,5)	4.5 (0.71,1)
Ecología	Flexibilidad de diseño hacia medidas de reducción de ruido	3.87 (0.82,25)	3.95 (0.82,24)	3.67 (1.00,29)	3.5 (0.84,34)	3.7 (1.10,34)	5.0 (0.00,1)
	Impacto según la evaluación bajo EIAR	3.91 (0.80,12)	4.27 (0.67,7)	4.67 (0.84,1)	4.67 (0.84,1)	4.4 (1.20,5)	4.5 (0.71,1)
	Reaprovechamiento del hábitat	3.78 (0.97,26)	3.78 (0.96,46)	4.10 (0.75,20)	4.10 (0.75,20)	4.1 (1.20,7)	5.0 (0.00,1)

Tabla 13. Percepción de las partes interesadas de los indicadores clave de desempeño en sostenibilidad de infraestructuras. Fuente: Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007)

El resultado del análisis fue evaluado dentro de cada categoría, se evidencia en sus resultados el esfuerzo realizado a nivel mundial para reconocer la sostenibilidad como parte esencial al abordar los proyectos de ingeniería civil. En la categoría de medio ambiente, por ejemplo, Los ingenieros tienen 9 indicadores en esta categoría dentro de sus 30 mejor posicionados, los arquitectos tienen 11 indicadores, los clientes tienen 10 indicadores, los contratistas tienen 8 indicadores, y los gestores de proyecto/coordinadores tienen 12 indicadores. Mientras tanto, en general, los indicadores sociales fueron muy bajos.

Adicional a la evaluación de la adecuación de los indicadores propuestos para países en vía de desarrollo, los encuestados también sugirieron indicadores adicionales. Estos fueron: (i) Reciclaje de materiales, (ii) Acceso a discapacitados, (iii) uso de recursos renovables y (iv) corrupción.

Modelo matemático y métodos computacionales para evaluación de sostenibilidad de infraestructuras.

Evaluar la sostenibilidad de diferentes alternativas y/o conceptos de diseño utilizando análisis numérico involucra tres pasos principales.

Estos incluyen:

- (i) Determinación de criterios aplicables y relevantes, y alternativas de opciones de diseño.
- (ii) Asignar valores numéricos (pe. Pesos) para medir la importancia de estos criterios.
- (iii) Procesar los valores numéricos (pe. análisis computacional) para determinar la posición de las alternativas de opciones de diseño a lo largo de varios indicadores de sostenibilidad.

Los investigadores que trabajan en la disciplina en evolución de la Ciencia de la Sostenibilidad reconocen ahora que para lograr implementarla con éxito a nivel de proyecto depende de varios factores.

Estos incluyen:

- (i) El desarrollo de indicadores que transformen las políticas a nivel macro a variables que permitan tomar decisiones a nivel de proyecto.
- (ii) El desarrollo de protocolos, modelos de decisión, marco computacional, y de métodos de evaluación de sostenibilidad.

- (iii) El desarrollo e implementación de herramientas que permitan tomar decisiones entre las partes interesadas.

Un modelo matemático es un requerimiento esencial para el problema de MCDM. Este modelo es requerido porque puede cuantificar la sostenibilidad para tomar decisiones, y proporciona una base para justificar la inversión en una determinada alternativa de diseño en el desarrollo de infraestructuras. Esta sección se enfoca en análisis computacional del índice de sostenibilidad, utilizando los datos descritos en los pasos (i) y (ii).

Formulación del modelo matemático

La formulación del modelo matemático utiliza la técnica del “modelo de suma ponderada” en Análisis Multi-Criterio y el “modelo de utilidad aditiva” en un proceso de jerarquía analítica (AHP) para MCDM.

El valor numérico del peso va a ser determinado por las prioridades alineadas a la estrategia nacional para lograr los objetivos sostenibles. La formulación del modelo matemático asume que el tomador de decisiones determina la utilidad de la opción de diseño para un criterio de decisión. Estas suposiciones traducen el problema de evaluación de la sostenibilidad en un problema de MCDM (toma de decisiones multicriterio). Esto puede representarse en una tabla de matriz de decisión.

Con una tabla típica que contenga muchos datos, y con un método de toma de decisión, el problema de evaluación para el diseñador es reducido a encontrar la “mejor” alternativa (opción de diseño) o para posicionar las opciones de diseño.

Alternativas de Diseño (Opciones)	Criterio Sostenible				
	SC1	SC2	SC3	SC4	SCN
	W1	W2	W3	W4	WN
D1	d1,1	d1,2	d1,3	d1,4	d1,N
D2	d2,1	d2,2	d2,3	d2,4	d2,N
D3	d3,1	d3,2	d3,3	d3,4	d3,N
DM	dM,1	dM,2	dM,3	dM,4	dM,N

Tabla 14, Matriz de decisión para evaluar la sostenibilidad. Fuente: Indicadores clave de desempeño y métodos de evaluación para la sostenibilidad de la infraestructura: una perspectiva de la industria de la construcción sudafricana (Ugwu & Haupt, 2007)

Sci = Criterio de sostenibilidad i, Wi = Peso asignado a Sci, Di = Opción de diseño i, di,j = utilidad asignada por el usuario (valor escalar) que mide el rendimiento de Di en un dado Sci.

La tabla 11 muestra una matriz de decisión para evaluar la sostenibilidad. La idea es relacionar cada opción de diseño (DM) con los criterios de sostenibilidad (SCN) y su peso (WN). Para cada combinación de alternativa de diseño y criterio sostenible, hay un valor que representa cómo se evalúa esa alternativa según ese criterio específico. Se representa como di,j, donde i es la alternativa de diseño y j es el criterio sostenible.

Métodos para evaluar la sostenibilidad

Aquí los autores proponen varios métodos para evaluar los indicadores clave de desempeño sostenibles. Pueden ser métodos cuantitativos y/o métodos cualitativos. Por ejemplo, se recomienda el *método de sistema de puntuación basado en crédito* para aquellos indicadores que son difíciles de cuantificar, como el impacto visual, salud y seguridad, etc.

Para aquellos criterios que sus límites superiores e inferiores están definidos en documentos estatales como legislaciones, normativas, objetivos de calidad, etc. (por autoridades locales) recomienda el *método de puntuación escalada o ajustada*, de esta manera los valores se pueden escalar para facilitar la comparación.

Para los indicadores que no estén relacionados con algún requerimiento estatal (legislación) o normativas que conciernen al desempeño sostenible, se recomienda el *método de comparación con puntos de referencia u otras opciones disponibles*, indicadores como costo directo, adquisición de tierra, etc.

Más allá de establecer o definir estos métodos como los únicos o ideales, los autores nos demuestran que es importante entender bien cuál sería la mejor manera de evaluar los criterios e indicadores de sostenibilidad. La evaluación podría incluso definir la necesidad de buscar otros métodos que se apliquen mejor al caso al que se aplica. Esto denota una flexibilidad que es clave a la hora de evaluar la sostenibilidad de las infraestructuras.

Conclusiones y recomendaciones

Este artículo ha identificado indicadores clave de desempeño para la sostenibilidad de la infraestructura. Ha propuesto un modelo analítico y métodos computacionales para la evaluación de la sostenibilidad de infraestructuras en países en vía de desarrollo. También propone una taxonomía de indicadores junto a seis dimensiones (constructos) que definen un marco de sostenibilidad. Estos constructos incluyen economía, medioambiente, sociedad, utilización de recursos y gerencia de proyectos. Esta es una contribución a la ciencia de la sostenibilidad en el contexto de traducir los objetivos globales de sostenibilidad en objetivos de toma de decisión a nivel de proyecto que a medida que afectan acumulativamente el logro de un entorno de construcción sostenible. Los modelos matemáticos constituyen la base para el análisis computacional en la toma de decisiones basada en datos cuantitativos, utilizando un valor preciso: el índice de sostenibilidad.

Los indicadores desarrollados incorporan la métrica internacional de sostenibilidad (economía, medio ambiente, y sociedad). Las consideraciones de diseño incluirían (i) impactos ambientales; (ii) soluciones innovadoras que optimicen el uso de recursos, incluyendo el diseño para durabilidad, constructibilidad y deconstrucción; (iii) reutilización de materiales, reciclaje y gestión de residuos; (iv) impacto de las decisiones de diseño en el ecosistema más amplio, etc.; y (v) métodos de construcción y tecnología innovadores. Las estrategias de diseño específicas para abordar la tecnología de construcción incluyen (i) reducción en la generación de residuos mediante el uso de materiales prefabricados; y (ii) reutilización de moldes y encofrados mediante el uso de moldes de acero. La taxonomía validada de indicadores de sostenibilidad permitiría a los diseñadores abordar de manera integral estos temas.

La metodología y los modelos computacionales discutidos podrían formar una base para la automatización de procesos en el contexto más amplio de la evaluación de sostenibilidad y la gestión del conocimiento organizacional.

Capítulo 8: Conclusiones

La creación de una guía para la integración de criterios sostenibles dentro del proceso de aprobación de proyectos en un país en desarrollo, como lo es República Dominicana, se ha propuesto para crear una serie de recomendaciones que abarcan las diferentes etapas y procesos de un proyecto de infraestructura de desarrollo privado.

A pesar de que el sector construcción representa una parte importante de la economía, la falta de conciencia y la priorización de otros aspectos del desarrollo ha llevado que no existan regulaciones específicas para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura. Las empresas que desarrollan proyectos de infraestructura privado comparten la responsabilidad junto al estado en el diseño y la ejecución de proyectos de construcción. Al ofrecer pautas específicas para la integración de criterios de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, la guía ayudaría a reducir los impactos negativos asociados con la construcción, fomentaría la conservación de recursos naturales y mejoraría la resiliencia frente al cambio climático.

El sector privado concentra la mayor parte de sus inversiones en proyectos de vivienda, hospedaje y comerciales, representa un noventa por ciento de las licencias otorgadas anuales. Los proyectos de infraestructura representan una parte mucho menor de las inversiones privadas, el proceso de aprobación de estos proyectos no incluye regulaciones relacionadas con la sostenibilidad, la única herramienta con la que cuenta el estado para reforzar la sostenibilidad es el estudio de impacto ambiental. El proceso de aprobación de proyectos descentralizado depende de varias instituciones el otorgar los permisos de construcción, no existe una evaluación integral de estos proyectos.

Existen referencias en otros países de guías de sostenibilidad para la ingeniería y arquitectura, para regular la sostenibilidad de los proyectos muchos países han implementado incentivos y sistemas de evaluación de proyectos que, de cumplir con los requisitos, otorgan beneficios económicos para los desarrolladores de proyectos. En República Dominicana, las regulaciones de sostenibilidad en proyectos son inexistentes, la aplicación de criterios de sostenibilidad en los proyectos depende de la voluntad de los involucrados y de estrategias mercadológicas dentro del sector inmobiliario. Los proyectos de infraestructura en general no contemplan aspectos de sostenibilidad en su desarrollo.

Se definieron ocho criterios de sostenibilidad para ser integrados en el proceso de aprobación de proyectos: (i) impacto ambiental, (ii) eficiencia energética, (iii) gestión de recursos hídricos, (iv) conservación de la biodiversidad, (v) materiales sostenibles, (vi) reducción de residuos, (vii) integración comunitaria, (viii) planificación de uso de suelo. Cada criterio contiene una justificación, una definición de objetivos, los profesionales requeridos, y una descripción del lineamiento en relación con las diferentes etapas del proceso de integración. La selección de los criterios de sostenibilidad se realizó tomando como base de referencia el Reporte Brundtland (1987), complementada con revisión de literatura, análisis de referencias internacionales de guías de sostenibilidad en la construcción y con el estudio de casos.

Para la evaluación de sostenibilidad de los proyectos se presentaron metodologías a ser usadas tanto por el desarrollador del proyecto como para las instituciones de regulación estatal. La evaluación de la sostenibilidad es todavía un tema en desarrollo a nivel mundial, existen varias formas de realizar las evaluaciones, din embargo, se han resaltado tres conceptos comunes a los diferentes tipos de evaluación: (i) desarrollo de indicadores, (ii) modelos matemáticos y métodos computacionales, (iii) análisis del ciclo de vida del proyecto. Para cada uno de los tres conceptos se han presentado informaciones y justificaciones que sirvan de referencia para ser integrados en la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos.

Con el desarrollo de indicadores, las partes interesadas pueden colaborar para establecer parámetros que sean relevantes a la situación actual del país, uniéndolos a otros que determinen el camino a la eficiencia en las construcciones en general. Los modelos matemáticos y métodos

computacionales disponibles pueden ser utilizados de tal manera que se adapten a las necesidades de cada evaluador, este concepto podría ser útil para reconocer singularidades en los proyectos que requieran algún método en específico. El análisis del ciclo de vida permite a los evaluadores identificar problemas relacionados al proyecto con una visión integral, permitiendo que se tomen soluciones de manera más consciente.

Dentro del marco de acción para la integración de estos criterios, se han propuesto soluciones que contribuyan al establecimiento de procesos y herramientas, tomando en cuenta la legislación existente. La creación de un comité interinstitucional que tenga la capacidad facilitar, analizar, proponer y aprobar la documentación técnica de una manera integral, ayudaría a centralizar el proceso de aprobación técnica de los proyectos, permitiendo integrar en la evaluación de la sostenibilidad de proyectos todas las regulaciones y legislaciones existentes. La inclusión de herramientas de evaluación de proyectos en el proceso de construcción permitiría implementar un lenguaje común entre las partes interesadas.

Por último, se han propuesto dos artículos que puedan servir de referencia para la integración de los criterios de sostenibilidad, se eligieron dos proyectos que desarrollan diferentes metodologías para evaluar proyectos de ingeniería civil, estos métodos utilizan los conceptos introducidos para la evaluación de la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería civil.

Referencias

- Agencia Internacional de Energía (IAE). (2020). *Energy Efficiency 2020*. París: IAE. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>
- Akanbi, L., Oyedele, L., Akinade, O., Ajayi, A., Davila, M., Bilal, M., & Bello, S. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources, Conservation and Recycling*, 175-186. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>.
- Arnstein, S. (1969). A Ladder Of Citizen Participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 216–224. doi:<https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- Ayala García, J. (2015). *Cimientos para un nuevo modelo de hábitat sostenible: Propuesta de criterios de diseño sostenible aplicados a la construcción de un nuevo modelo de edificación, viable y adaptable a las condiciones climáticas del Trópico caribeño*. Barcelona, Spain: Escola Politècnica Super d'Edificació.
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (2005). *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. John Wiley & Sons. doi:10.1002/0471787779
- Belton, V., & Stewart, T. (2001). *Multiple Criteria Decision Analysis*. Springer New York, NY. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Box, G., Jenkins, G., & Reinsel, G. (2008). *Time Series Analysis*. John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781118619193
- Brans, J., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238. doi:[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)
- Brundtland, G. (1987). Our Common Future—Call for Action. *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294. doi:doi:10.1017/S0376892900016805
- Carvalho, J., Villaschi, F., & Braganca, L. (2021). Assessing Life Cycle Environmental and Economic Impacts of Building Construction Solutions with BIM. Sustainability. *Life Cycle Assessment Studies Applied to Different Sectors: Fashion, Construction Material and Packaging*, 13(16). doi:<https://doi.org/10.3390/su13168914>
- CONAU, C. (2007). *Geo Santo Domingo. Perspectiva del medio ambiente urbano*. Santo Domingo: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Conselleria de Territorio y Vivienda. (2006). *Guía básica de criterios de sostenibilidad en las promociones de viviendas con protección pública*. Valencia: Conselleria de Territorio y Vivienda;.
- Cook, D., Saviolidis, N., Davíðsdóttir, B., Jóhannsdóttir, L., & Ólafsson, S. (2017). Measuring countries' environmental sustainability performance—The development of a nation-specific indicator set. *Ecological Indicators*, 74, Ecological Indicators. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.009>
- Deb, K. (2001). *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. New York: John Wiley and Sons. Obtenido de <http://www.iitk.ac.in/kangal/deb.htm>

- Dong, N., Fu, Y., Xiong, F., Li, L., Ao, Y., & Martek, I. (2019). Sustainable Construction Project Management (SCPM) Evaluation. A case study of the Guangzhou Metro Line-7, PR China. doi:doi:10.3390/su11205731
- Ek, K., Mathren, A., Rempling, R., Brinkhoff, P., Karlsson, M., & Norin, M. (2020). Life Cycle Sustainability Performance Assessment Method for Comparison of Civil Engineering Works Design Concepts: Case Study of a Bridge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7909), 21. doi:https://doi.org/10.3390/ijerph17217909
- Engineers Canada. (2016). *National guideline on sustainable development and environmental stewardship for professional engineers*. Engineers Canada.
- EPA. (2009). *Sustainable Materials Management: The Road Ahead*. US Environmental Protection Agency. Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/vision2.pdf>
- Feldman, A. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual*. Davis: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Obtenido de https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Technical%20Reference%20Manual_%28CPD-74B%29.pdf
- Finnveden, G., Hauschild, M., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., . . . Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1-21. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018
- Generalitat Valenciana. (2009). *Guías de sostenibilidad en la edificación residencial*. Valencia: Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.
- Grima, N., & Singh, S. (2020). The self-(in)sufficiency of the Caribbean: Ecosystem services potential Index (ESPI) as a measure for sustainability. *Ecosystem Services*. doi:doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101087
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making*. Springer Berlin, Heidelberg. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9
- IFC. (2019). *Green Buildings*. Washington, D.C.: International Finance Corporations. Obtenido de <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/59988-ifc-greenbuildings-report-final-1-30-20.pdf>
- IHA. (2019). *Guidelines for Good International Industry Practice: Water Quality Management*. International Hydropower Association. Obtenido de <https://www.hydropower.org/publications/hydropower-sustainability-guidelines>
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9780470316801
- Keeney, R., & Raiffa, H. (1993). Decisions with Multiple Objectives Preferences and Value Trade-Offs. *Cambridge University Press*, 549-560. doi:10.1017/CBO9781139174084
- Ley 1-12. (2012). *Estrategia Nacional De Desarrollo 2030*. República Dominicana. Obtenido de https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/UAAES/END/Informes%20Anuales%20END/end_2030.pdf

- Ley 57-07. (2007). *Sobre incentivo al desarrollo de fuentes renovables de energía*. Comisión Nacional de Energía (CNE).
- Ley 64-00. (2000). *Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ley 6-86. (1986). *Sobre las Protección de las Aguas*. Comisión Nacional de Energía.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2013). *Guía de Gestión Ambiental y Social para Obras de Construcción*. Santo Domingo, R.D.
- Moltanbán-Domingo, L., García-Segura, T., Sanz, M., & Pellicer, E. (2018). Social sustainability criteria in public-work procurement: An international perspective. *Journal of Cleaner Production*, 198(2018), 1355-1371. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.083>
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 28–39. doi:[doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012)
- Penagos, G., Morales, C., Valencia, M., González, A., Salazar, A., & Aponte, G. (2015). *Guías de Construcción Sostenible. Guía 4 Guía para el diseño de edificaciones sostenibles*. Colombia: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Phillips, J. (2023). Quantifying the levels, nature, and dynamics of sustainability for the UK 2000-2018 from a Brundtland perspective. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 7905–17939. doi:<https://doi.org/10.1007/s10668-023-03370-2>
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 231-259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.
- Pundt, H. (2020). Geographic Information Science: Biodiversity Conservation and Sustainable Ecosystems Management. *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, 1–14. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_111-1
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14:681–695. doi:[doi:10.1007/s11625-018-0627-5](https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5)
- Reed, M., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., . . . Stringer, L. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 1933-1949. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>
- Rico Albarán, G. (12 de Junio de 2023). El sector construcción en República Dominicana; evolución y perspectivas. *Revista Mercado*.
- Rodríguez López, F., & Fernández Sánchez, G. (2011). Challenges for Sustainability Assesment by Indicators. *Leadership Magane. Eng.*, 11(4), 321-325. doi:[79.117.189.117](https://doi.org/10.1177/1891177911411779)
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theor Decis*, 31, 49–73. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00134132>
- Saaty, P. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176. doi:[https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

- Saville, C., Miller, G., & Brumbelow, K. (2016). Using Envision to Assess the Sustainability of Groundwater Infrastructure: A Case Study of the Twin Oaks Aquifer Storage and Recovery Project. *Sustainability*, 501. doi:doi:10.3390/su8050501
- Shan, M., Hwang, B.-G., & Zhu, L. (2017). A Global Review of Sustainable Construction Project Financing: Policies, Practices, and Research Efforts. *MDPI*. doi:doi:10.3390/su9122347
- Ugwu, O., & Haupt, T. (2007). Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability - A South African construction industry perspective. *Building and Environment*(42), 665-680. doi:doi:10.1016/j.buildenv.2005.10.018
- Ugwu, O., Kumaraswamy, M., Wong, A., & Ng, S. (2006). Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP) Part 1. Development of indicators and computational methods. *Automation in Construction*, 15, 239-251. doi:doi:10.1016/j.autcon.2005.05.006
- UNEP, U. (2013). *Haiti–Dominican Republic: environmental challenges in the border zone*. UNEP.
- USGBC. (2024). *Reference Guide for Building Design and Construction*. US Green Building Council. Obtenido de <https://www.usgbc.org/guide/bdc>
- Wang, N., Phelan, P., Langevin, J., Nelson, B., & Sawyer, K. (2018). Past Visions, Current Trends, and Future Context: A Review of Building Energy, Carbon, and Sustainability. Renewable and Sustainable Energy Reviews. *Scientific Research*, 976-993. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.114
- Wooldridge, J. (2015). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Cengage Learning. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=wUF4BwAAQBAJ>
- World Green Building Council. (2013). *The Business Case for Green Building: A review of the costs and benefits for developers, investors and occupants*. World Green Building Council.
- Xercavins i Vals, J. (1997). Tecnologías, desarrollo sostenible, desequilibrios y cambio global. *Ludus Vitalis*, 8(NUMERO ESPECIAL), 47-67.
- Yu, M., Zhu, F., Yang, X., Wang, L., & Sun, X. (2018). Integrating Sustainability into Construction Engineering Projects: Perspective of Sustainable Project Planning. *MDPI*. doi:doi:10.3390/su10030784
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. doi:https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zhou, Z., Alcalá, J., Kipra, M., & Yepes, V. (2021). Life cycle assessment of bridges using bayesian networks and fuzzy mathematics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(11), Art.No.4916. doi:10.3390/app11114916

Anexos

Anexo 1. REPÚBLICA DOMINICANA: Construcciones con licencias otorgadas en el sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023

Cuadro 3.7-05. REPÚBLICA DOMINICANA: Construcciones con licencias otorgadas en el sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023*

Tipo de construcción	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total	2,048	12,439	9,243	4,908	5,496	8,426	9,433
Edificios de apartamentos ¹	1,526	9,356	5,669	2,908	3,546	6,803	6,385
Hospedaje ²	4	72	67	591	327	220	366
Vivienda	335	2,720	3,197	1,064	493	595	1,251
Apartamento y vivienda	0	0	0	0	315	130	55
Combinados (Comercio y Vivienda)	0	32	12	118	547	383	1,105
Albergues	0	0	0	0	0	1	11
Combinados (Comercio y Oficinas)	19	52	58	101	128	119	113
Edificios comerciales	84	28	53	4	0	0	0
Estaciones de Combustibles	18	22	35	33	32	31	32
Almacenes	5	3	23	48	23	32	20
Depósitos	0	0	0	2	3	1	5
Estructura especiales ³	12	25	25	15	46	49	39
Obras de Orden Social ⁴	0	6	8	5	7	7	10
Centro de salud ⁵	3	5	6	6	12	18	18
Centros de recreación y de deportes	0	0	5	3	6	24	1
Colegios y Centros Educativos	0	6	2	8	5	11	18
Parques	0	0	0	0	0	1	4
Servicio de Transporte ⁶	2	2	13	2	6	1	0
Modificaciones	40	110	70	475	842	673	923

*Cifras sujetas a rectificación.

Nota¹: Para el año 2021 se integró la variable de apartamento y vivienda, dado a que se solicitó licencias de esta variable en conjunto.

a: En esta edición se presentan cambios en el tratamiento de las modificaciones, por lo que serán consideradas como un tipo de licencia y no como un tipo de construcción, por ende a partir del 2020 el valor de las

¹También contiene los edificios de apartamentos turísticos habitacionales.

² Esta tipología puede contener: Hospedaje y comercio, complejo turístico, aparta hotel, aparta estudio, motel y cabañas, entre otros.

³ Esta tipología puede contener: Complejo Industrial, Plantas de generación eléctrica, invernadero, naves industriales, parque de energía fotovoltaica, naves comerciales, planta de cemento, tanque de almacenamiento de gas natural, entre otros.

⁴ Esta tipología puede contener: Iglesias, clubes sociales y deportivos, capillas y hospedaje, entre otros.

⁵ Esta tipología puede contener: Clínica, consultorio médico, centro médico y laboratorio, entre otros.

⁶ Esta tipología incluye Terminal de Autobuses Urbanos e Interurbanos y Estacionamientos Públicos
Fuente: Registros administrativos Departamento Tramitación de planes, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).
Elaboración: Oficina Nacional de Estadística (ONE).

Anexo 2. REPÚBLICA DOMINICANA: Área de construcción con licencias otorgadas del sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023

Cuadro 3.7-06. REPÚBLICA DOMINICANA: Área de construcción con licencias otorgadas del sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023*

Tipo de construcción	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total	2,261,165.4	7,918,941.7	15,744,690.2	5,488,350.9	6,204,138.8	8,143,972.8	7,667,474.6
Edificios de Apartamentos ¹	1,705,532.3	6,330,841.5	7,712,776.8	2,999,908.6	4,494,443.2	6,111,722.2	5,732,800.5
Hospedaje ²	66,298.2	174,821.4	975,688.2	1,035,959.8	278,650.1	515,305.3	279,756.2
Vivienda	67,449.7	687,761.4	1,950,246.9	191,655.8	101,511.5	178,544.6	195,051.1
Apartamento y vivienda	0.0	0.0	0.0	0.0	92,200.3	10,699.4	30,830.6
Combinados (Comercio y Vivienda)	0.0	100,988.5	144,851.5	280,216.6	473,443.6	573,351.9	719,338.0
Albergues	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,237.3	3,206.6
Combinados (Comercio y Oficinas)	4,556.2	86,584.2	135,326.0	583,799.8	337,764.3	259,018.5	348,318.1
Edificios comerciales	209,499.7	102,825.0	138,783.5	1,522.7	0.0	0.0	0.0
Estaciones de Combustibles	7,969.0	11,400.5	14,181.8	20,736.3	18,336.2	14,909.3	14,157.3
Almacenes	3,253.5	7,623.8	51,936.5	82,946.6	75,257.7	156,446.6	77,281.9
Depósitos	0.0	0.0	0.0	3,839.3	10,785.6	1,184.6	10,316.3
Estructuras especiales ³	28,489.9	68,754.9	80,785.1	68,202.8	140,840.7	118,404.0	127,734.5
Obras de Orden Social ⁴	0.0	5,807.5	287,241.2	2,178.7	9,766.4	28,129.2	9,576.1
Centro de salud ⁵	32,554.6	25,939.6	37,701.8	33,086.9	69,472.1	112,397.0	79,421.3
Centros de recreación y de deportes	0.0	0.0	3,851,465.9	11,746.5	66,030.8	54,061.6	1,379.3
Colegios y Centros Educativos	0.0	13,263.0	23,110.8	154,484.9	16,379.0	6,752.7	28,982.4
Parqueos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	390.8	9,324.3
Servicio de Transporte ⁶	1,708.3	5,914.1	32,797.3	18,065.8	19,257.4	1,418.0	0.0
Modificaciones	133,854.1	296,416.4	307,796.9	567,650.7	735,086	839,889	980,028.90

* Cifras sujetas a rectificación.

Nota¹: No a todas las licencias se le incluyó área de construcción para evitar duplicidad, dado a que una misma licencia puede ser inicio de obra, licencia final o modificación.

Nota²: Para el año 2021 se integró la variable de apartamento y vivienda, dado a que se solicitó licencias de esta variable en conjunto.

a: En esta edición se presentan cambios en el tratamiento de las modificaciones, por lo que serán consideradas como un tipo de licencia y no como un tipo de construcción, por ende a partir del 2020 el valor de las modificaciones están contenidas dentro de los tipos de licencias que conforma el total.

m² Metro cuadrado.

¹ También contiene los edificios de apartamentos turísticos habitacionales.

² Esta tipología puede contener: Hospedaje y comercio, complejo turístico, aparta hotel, aparta estudio, motel y cabañas, entre otros.

³ Esta tipología puede contener: Complejo industrial, plantas de generación eléctrica, invernadero, naves industriales, parque de energía fotovoltaica, naves comerciales, planta de cemento, tanque de almacenamiento de gas natural, entre otros.

⁴ Esta tipología puede contener: Iglesias, clubes sociales y deportivos, capillas y hospedajes, albergues, entre otros.

⁵ Esta tipología puede contener: Clínica, consultorio médico, centro médico y laboratorio, entre otros.

⁶ Esta tipología incluye Terminal de Autobuses Urbanos e Interurbanos y Estacionamientos Públicos

Fuente: Registros administrativos Departamento Tramitación de planos, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MIVED).

Elaboración: Oficina Nacional de Estadística (ONE).

Anexo 3. REPÚBLICA DOMINICANA: Valor tasado con licencias otorgadas en la construcción del sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023

Cuadro 3.7-07. REPÚBLICA DOMINICANA: Valor tasado con licencias otorgadas en la construcción del sector privado por año, según tipo de construcción, 2017-2023* (RD\$)

Tipo de construcción	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total	36,535,835,074.8	108,188,886,057.8	203,820,930,647.5	83,904,852,343.3	100,477,873,072.8	121,915,427,414.4	110,837,383,685.1
Edificios de Apartamentos ²	26,720,567,584.0	87,484,842,273.6	114,591,682,135.8	44,297,315,003.9	76,240,347,503.1	89,599,150,727.4	80,753,888,407.7
Hospedaje ³	1,257,884,393.0	3,565,053,061.5	16,267,159,861.7	17,918,008,648.0	2,968,282,600.1	9,617,727,063.9	5,245,427,955.2
Vivienda	1,099,283,569.6	7,820,004,388.6	32,103,629,800.7	2,513,732,801.5	1,612,236,876.4	2,533,619,648.9	2,682,412,915.6
Apartamento y vivienda	0.0	0.0	0.0	0.0	1,235,945,305.9	288,219,470.0	283,639,027.5
Combinados (Comercio y Vivienda)	0.0	1,591,448,028.1	2,077,730,684.4	4,333,660,360.9	7,361,316,273.1	9,153,142,342.2	11,235,358,345.2
Albergues	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15,775,065.0	42,281,152.5
Combinados (Comercio y Oficinas)	61,084,189.4	1,025,539,788.2	2,174,771,551.9	9,075,451,113.3	5,085,274,895.9	4,035,843,047.0	5,267,288,314.5
Edificios comerciales	4,148,618,784.4	1,556,132,228.3	1,947,164,231.5	22,357,275.8	0.0	0.0	0.0
Estaciones de Combustibles	151,748,345.9	196,785,649.7	231,406,167.5	302,035,745.8	275,842,674.5	231,730,969.0	227,327,663.5
Almacenes	53,110,312.2	112,107,142.5	695,573,001.5	1,168,003,022.8	1,053,688,991.0	2,142,052,260.0	1,053,159,375.0
Depósitos	0.0	0.0	0.0	51,830,820.0	130,987,417.0	16,947,537.0	167,821,987.5
Estructura especiales ⁴	405,900,400.3	985,436,935.2	1,130,609,805.5	1,010,868,246.0	1,947,447,653.9	1,600,333,380.5	1,765,078,909.1
Obras de Orden Social ⁵	0.0	75,566,719.3	3,538,414,083.8	27,987,168.0	120,809,224.0	358,105,528.0	125,996,241.0
Centro de salud ⁶	581,930,861.4	413,094,243.0	666,602,788.5	606,138,488.0	1,362,325,181.5	1,809,876,374.9	1,298,119,221.0
Colegios y Centros Educativos	0.0	231,033,802.5	113,778,750.0	228,819,626.4	314,910,154.5	128,451,344.0	553,672,128.6
Centros de recreación y de deportes	0.0	0.0	23,183,080,602.0	2,129,144,310.0	540,921,000.0	358,435,372.5	31,024,925.0
Parqueos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,747,734.0	105,487,116.3
Servicio de Transporte ⁷	6,439,166.3	63,782,707.5	570,293,263.5	219,499,713.0	227,537,322.0	21,269,550.0	0.0
Modificaciones	2,049,267,468.3	3,068,059,089.6	4,529,033,919.3	7,952,579,853	9,694,771,992	13,052,013,520.7	13,161,318,746.6

*Cifras sujetas a rectificación.

Nota¹: No a todas las licencias se le incluyó inversión de construcción para evitar duplicidad, dado a que una misma licencia puede ser inicio de obra, licencia final o modificación.

Nota²: Para el año 2021 se integró la variable de apartamento y vivienda, dado a que se solicitó licencias de esta variable en conjunto.

a: En esta edición se presentan cambios en el tratamiento de las modificaciones, por lo que serán consideradas como un tipo de licencia y no como un tipo de construcción, por ende a partir del 2020 el valor de las modificaciones están contenidas dentro de

²También contiene los edificios de apartamentos turísticos habitacionales.

³Esta tipología puede contener: Hospedaje y comercio, complejo turístico, aparta hotel, aparta estudio, motel y cabañas, entre otros.

⁴Esta tipología puede contener: Complejo industrial, plantas de generación eléctrica, invernadero, naveas industriales, parque de energía fotovoltaica, naveas comerciales, planta de cemento, tanque de almacenamiento de gas natural, entre otros.

⁵Esta tipología puede contener: gimnasios, clubes sociales y deportivos, capillas y hospedajes, entre otros.

⁶Esta tipología puede contener: Clínica, consultorio médico, centro médico y laboratorio, entre otros.

⁷Esta tipología incluye Terminal de Autobuses Urbanos e Interurbanos y Estacionamientos Públicos

Fuente: Registros administrativos Departamento Tramitación de planes, Ministerio de Vivienda y Edificaciones (MVIED).

Elaboración: Oficina Nacional de Estadística (ONE).