



Modelo de Gestión de innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Angela Yolima Camargo Fonseca

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Doctorado en Gestión

Bogotá, Colombia

2024

Modelo de Gestión de innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Angela Yolima Camargo Fonseca

Tesis doctoral presentada como requisito para optar al título de:

Doctor en Gestión

Director:

Doctor Omar Alonso Patiño

Tesis doctoral

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Doctorado en Gestión

Bogotá, Colombia

2024

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C. Día - mes – año

Dedicatoria

*A **Dios** porque me permite levantarme cada día para ser feliz y hacer feliz a los que están a mi alrededor, por permitirme servirle de la forma en la que Él me lo pida.*

*A mis padres, **Elizabeth Fonseca Salamanca y German Camargo Gamba** (Q.E.P.D.) por darme la vida, las enseñanzas y las herramientas que hoy me permiten cumplir metas y sueños.*

*A mi hermano **German Andrés Camargo Fonseca**, porque siempre esta para mi sin importar la hora, el momento, ni el lugar, por levantarme y nunca dejarme caer.*

*A mi compañero de vida, **Luis Guillermo Berrio Hernández** por ser cómplice de mis sueños y por darme la felicidad de tener los mejores hijos del mundo.*

*A mis hijos **Guillermo Andrés, Samuel Felipe y Salma Gabriela Berrio Camargo** por ser el motor de las cosas que hago, y por darme su tiempo para poder terminar este proceso.*

*A mi jefe **Sandra Rocío Mondragón Arévalo** por darme sus fuerzas y el aliento en los momentos grises.*

*A mis compañeros de estudio, **Sandra, Alexander y Leonardo**, por llenar mis días de estudio de conocimiento y de amistad sincera.*

*A mi director de tesis **Omar Alonso Patiño** porque estuvo conmigo al frente del cañón, y se puso la camiseta siempre por mí.*

Agradecimientos

A mi familia por su tiempo y apoyo incondicional, por las risas en los momentos difíciles y por siempre estar para mí, los amo inmensamente.

A la Universidad EAN por permitirme acceder al Doctorado y culminar este proceso académico tan importante para mi vida tanto personal como profesional.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por permitir que llevara a cabo mis estudios doctorales, en especial al Señor Rector Jaime Alberto Leal Afanador, al gerente de Talento Humano Alexander Cuestas Mahecha, al Jefe de la Oficina Asesora de Planeación Leonardo Urrego Cubillos, a la decana de la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios ECACEN Sandra Rocío Mondragón Arévalo, a la Directora de la Zona Centro Boyacá Luz Martha Vargas de Infante.

A mi director de tesis, Omar Alonso Patiño, porque siempre estuvo para verificar mi avance y se puso al frente de este proceso, profe sin tu apoyo no hubiese sido posible.

A todos y cada uno de mis profesores que con sus conocimientos fortalecieron este sueño, en especial a Enrique Gilles, Omar Patiño, Rafael Pérez, Cesar Nieto, Rodrigo Zarate, Fabio Moscoso, Carlos Fajardo, Gabriel Pérez, Manuel Garzón, Jerónimo Ríos, Gerardo Avendaño, Julio Acosta, Ricardo Prada, Carlos Rodríguez.

A mis compañeros de estudio por las experiencias, consejos y aportes.

A mis amigos y compañeros laborales Yulieth, Marleny y Juan Ca, gracias, amigos por sus orientaciones y sus fuerzas en los momentos que lo necesite.

A las Cámaras de Comercio de Tunja, Duitama y Sogamoso por el acceso a la información necesaria, así mismo a los medianos y grandes empresarios del sector de la construcción del Departamento de Boyacá que con sus aportes fueron clave y pieza fundamental en este proceso.

A todos y cada uno de los expertos que aportaron en la validación de instrumentos de medición y validación del modelo resultado de este proceso.

A mis amigos y compañeros del trabajo que aportaron para culminar y cumplir la meta final.

Resumen

La sostenibilidad es una meta y una forma de vivir que equilibra los resultados económicos con los ambientales y sociales. El sector de la construcción, a pesar de su importancia económica, es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero y al consumo energético global, lo que ha llevado a iniciativas internacionales y nacionales para promover la sostenibilidad en la industria, aunque las organizaciones del sector aún carecen de modelos de gestión de innovación orientados a la sostenibilidad. El objetivo de la presente investigación fue proponer un modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad (SOI) en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá. Esto implicó la caracterización de estas organizaciones y el diagnóstico de las SOI realizadas, su gestión y factores relacionados, para formular y validar los componentes y relaciones del modelo en gestión. El enfoque de investigación es cuantitativo, de tipo descriptivo, correlacional y proyectivo, marco que orientó la aplicación de un cuestionario de recolección de información a los gerentes de 28 firmas constructoras de mediano y gran tamaño en Boyacá. El análisis de datos se realizó por medio de estadística descriptiva (univariada y multivariada) y estimación de correlaciones entre las variables. El modelo propuesto se validó por medio de expertos, a través de dos rondas de preguntas bajo el método Delphi. Se encontró que las organizaciones constructoras dependen del entorno externo y sus prácticas de gestión de SOI para poder desarrollar este tipo de innovaciones lo cual se ve favorecido por la implementación de sistemas de gestión ambiental y limitado por el tamaño de las organizaciones, recursos destinados a SOI y subcontratación de etapas de la obra. Se propuso un modelo de gestión de SOI con actores, componentes y flujos en los que se tiene en cuenta la necesidad de analizar el entorno, realizar alianzas, colaborar con partes interesadas, valoración de la experiencia de los empleados, estructuras dinámicas para gestionar la SOI, ciclo de construcción verde, instauración de culturas de calidad e innovación, desarrollo de proyectos, gestión del conocimiento, evaluación, aprendizaje y capacitación. Se concluyó que el modelo es viable para impulsar las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, lo cual plantea retos para que las empresas constructoras alcancen metas de desarrollo sostenible y adquieran ventajas competitivas.

Abstract

Sustainability is a goal and a way of living those balances economic results with environmental and social ones. The construction sector, despite its economic importance, is one of the largest contributors to greenhouse gas emissions and global energy consumption, which has led to international and national initiatives to promote sustainability in the industry, although organizations in the sector still lack innovation management models oriented towards sustainability. The objective of the present investigation was to propose a model of management of innovation for sustainability (SOI) in medium and large companies in the construction sector in Boyacá. This implied the characterization of these organizations and the diagnosis of the SOIs conducted, their management and related factors, to formulate and validate the components and relationships of the management model. The research approach is quantitative, descriptive, correlational, and projective, framework that guided the application of an information collection questionnaire to the managers of 28 medium and large construction firms in Boyacá. Data analysis was performed using descriptive statistics (univariate and multivariate) and estimation of correlations between the variables. Experts validated the proposed model, through two rounds of questions under the Delphi method. It was found that construction organizations depend on the external environment and their SOI management practices being able to develop this type of innovation, which is favored by the implementation of environmental management systems and limited by the size of the organizations, resources allocated to SOI. and subcontracting of stages of the work. An ecological model was proposed with actors, components and flows that considers the need to analyze the environment, make alliances, collaborate with interested parties, valuation of the employee experience, dynamic structures to manage the SOI, green construction cycle, establishment of cultures of quality and innovation, project development, knowledge management, evaluation, learning and training. It was concluded that the model is viable to promote innovations oriented towards sustainability, which poses challenges for construction companies to achieve sustainable development goals and acquire competitive advantages.

Tabla de contenido

	Pág.
1. Introducción	19
1. Planteamiento de la investigación.....	21
1.1. Justificación	21
1.2. Problema y pregunta de investigación	23
1.3. Objetivos	28
1.3.1. Objetivo General	28
1.3.2. Objetivos Específicos	28
1.4. Hipótesis	29
2. Marco teórico	30
2.1. Revisión de literatura	30
2.2. Sostenibilidad.....	44
2.2.1. Sostenibilidad en el sector de la construcción.....	55
2.2.2. Modelos de sostenibilidad en el sector de la construcción.....	66
2.3. Innovación.....	75
2.3.1. Modelo de gestión de la innovación.....	79
2.3.2. Innovación en el sector de la construcción.....	83
2.3.3. Modelos de innovación en el sector de la construcción	89
2.4. Innovación para la sostenibilidad.....	95
2.4.1. Innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción.....	102
2.4.2. Modelos de Innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción.	109
2.5. La construcción en Colombia.	118
2.5.1. Sector de la construcción en el Departamento de Boyacá	121
3. Metodología de la Investigación	125
3.1. Línea de investigación	125
3.2. Diseño metodológico	125
3.3. Muestra seleccionada	125
3.4. Procedimiento e instrumentos de recolección de información	126
3.4.1. Procedimiento para revisión de literatura.....	127

3.4.2.	Procedimiento para recolección y análisis de información de medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.....	128
3.4.3.	Procedimiento para la recolección de información para la validación del diseño y del modelo de gestión por medio de expertos.....	130
4.	Análisis y Discusión de resultados	132
4.1.	Análisis de resultados	132
4.1.1.	Características de las empresas medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	134
4.1.2.	Innovación orientada a la sostenibilidad	139
4.1.2.1.	Innovaciones de procesos	140
4.1.2.2.	Innovaciones organizacionales	141
4.1.2.3.	Innovaciones de productos.....	142
4.1.2.4.	Innovaciones de servicios	143
4.1.2.5.	Innovaciones orientadas a la responsabilidad social.....	143
4.1.3.	Gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad	144
4.1.3.1.	Procesos de gestión de SOI.....	145
4.1.3.2.	Competencias de SOI.....	146
4.1.3.3.	Actividades de SOI.	147
4.1.3.4.	Comportamientos de SOI.....	148
4.1.4.	Resultados de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad.....	149
4.1.4.1.	Resultados económicos de las SOI.	150
4.1.4.2.	Resultados ambientales de las SOI.	151
4.1.4.3.	Resultados sociales de las SOI.....	152
4.1.5.	Factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad.....	152
4.1.5.1.	Iniciativas gubernamentales.	154
4.1.5.2.	Apoyo de la alta dirección	154
4.1.5.3.	Recursos financieros.	155
4.1.5.4.	Iniciativas recursos tecnológicos.	156
4.1.5.5.	Desarrollo de capacidades.....	156
4.1.5.6.	Tamaño de la empresa.	157
4.1.5.7.	Capacidad de colaboración.	158

4.1.5.8. Innovación abierta y sostenible.....	158
4.1.6. Análisis multivariado	159
4.2. Validación de Hipótesis	166
4.3. Propuesta de modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad para empresas de construcción validado.....	170
4.3.1. Validación del modelo	170
4.3.2. Sustento y presentación.....	172
4.3.3. Actores del modelo.....	175
4.3.4. Flujos con el ecosistema.....	176
4.3.5. Componentes del modelo	178
4.3.5.1. Gobernanza e involucramiento de stakeholders: las raíces.....	178
4.3.5.2. Gestión de SOI en el ciclo de la construcción	180
4.4. Discusión de resultados.....	184
5. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación	195
5.1. Conclusiones	195
5.2. Limitaciones.....	197
5.3. Futuras líneas de investigación	198
6. Referencias.....	200
7. Anexos	225

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad según fecha de publicación y área del conocimiento	31
Figura 2. Investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad según fecha de publicación y área del conocimiento	32
Figura 3. Red de conceptos comunes hacia los que tiende la investigación sobre innovación para la sostenibilidad, de los estudios hallados en Scopus	33
Figura 4. Red de conceptos comunes hacia los que tiende la investigación sobre innovación para la sostenibilidad, de los estudios hallados en Web of Science.	34
Figura 5. Modelo de sostenibilidad de triple resultado de Elkington. Superposición de las dimensiones de la sostenibilidad en términos generales (a) y en las organizaciones (b)	49
Figura 6. Una visión integrada de la sostenibilidad corporativa en la estrategia.....	52
Figura 7. Teorías organizacionales con sentido de sostenibilidad y su camino hacia el enfoque ecológico	54
Figura 8. Emisiones generadas o absorbidas en el ciclo de vida de las edificaciones.	57
Figura 9. Construcción sostenible convergente e interdisciplinaria.	59
Figura 10. Dimensiones de una edificación sostenible.....	59
Figura 11. Ciclo de vida de las edificaciones	61
Figura 12. Marco conceptual de las 4P.....	67
Figura 13. Construcción sostenible.....	68
Figura 14. Esquema general del modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición	69
Figura 15. Esquema simplificado del proceso de construcción basado en la economía circular.	70
Figura 16. Portafolio corporativo de construcción sostenible.	74
Figura 17. La sostenibilidad como la sexta ola larga de la innovación.	77

Figura 18. Modelo de innovación equilibrada en el sector de la construcción.....	90
Figura 19. Marco conceptual para el desarrollo de la innovación	91
Figura 20. Modelo de gestión de la innovación en la construcción con sus correspondientes proposiciones	93
Figura 21. Modelo conceptual de gestión de la implementación sostenida de innovación de productos en proyectos de construcción	94
Figura 22. Pasos generales para implementar sistemas de innovación orientados a la sostenibilidad, bajo un análisis integrado de futuros	101
Figura 23. Modelo conceptual de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad.....	110
Figura 24. Mapa simplificado del espacio de gestión de la innovación	113
Figura 25. Modelo de economía circular para la innovación sostenible en el sector de la construcción	115
Figura 26. Relación de las categorías de barreras e impulsores en la transición a la economía circular en el sector de la construcción	117
Figura 27. Producto Interno Bruto del sector de la construcción en Colombia, periodo 2015 – 2023, precios constantes base 2015	118
Figura 28. Toneladas de cemento gris despachadas en Colombia, periodo 2015 – abril de 2024	119
Figura 29. Actividad edificadora según licencias de construcción, periodo 2015 – 2024	120
Figura 30. Distribución de la actividad edificadora según el uso de la construcción, periodo 2015 - 2024	121
Figura 31. Producto interno bruto del sector de la construcción en Boyacá, periodo 2015 – 2020, precios constantes base 2015	122
Figura 32. Toneladas de cemento gris despachadas en Boyacá, periodo 2015 – 2024	123
Figura 33. Área según licencias de construcción del departamento de Boyacá, periodo 2015 – abril de 2024.....	124

Figura 34. Ciudad de ubicación de la empresa y nivel del cargo del informante del cuestionario	134
Figura 35. Número de empleados y antigüedad de la empresa en el mercado	135
Figura 36. Tamaño de la empresa, volumen de ventas al año y tipo de contribuyente	135
Figura 37. Sector principal de la construcción al que se dedican las empresas	136
Figura 38. Número de construcciones realizadas al año.....	137
Figura 39. Existencia o no de departamentos dedicados a la innovación o la sostenibilidad....	137
Figura 40. Empresas que tienen implementado un Sistema de Gestión Ambiental, cantidad de años implementándolo y personal encargado del mismo	138
Figura 41. Empresas que tienen asignado un presupuesto para investigación y desarrollo en lo relacionado a asuntos ambientales	139
Figura 42. Nivel de innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	139
Figura 43. Puntaje de los tipos de innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	140
Figura 44. Nivel y puntajes de las innovaciones de procesos de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	141
Figura 45. Nivel y puntajes de las innovaciones organizacionales de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	141
Figura 46. Nivel y puntajes de las innovaciones de productos de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	142
Figura 47. Nivel y puntajes de las innovaciones de servicios de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	143
Figura 48. Nivel y puntajes de las innovaciones orientadas a la responsabilidad social de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	144
Figura 49. Nivel de la gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	144

Figura 50. Puntaje los elementos de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	145
Figura 51. Nivel y puntajes de los procesos de gestión de SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	146
Figura 52. Nivel y puntajes de las competencias de SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	147
Figura 53. Nivel y puntajes de las actividades de SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	147
Figura 54. Nivel y puntajes de los comportamientos de SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	148
Figura 55. Nivel de los resultados de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	149
Figura 56. Puntaje los tipos de resultados de la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	150
Figura 57. Nivel y puntajes de los resultados económicos de las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	150
Figura 58. Nivel y puntajes de los resultados ambientales de las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	151
Figura 59. Nivel y puntajes de los resultados sociales de las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	152
Figura 60. Nivel de los factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá.....	153
Figura 61. Puntaje los factores que influyen en la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	153
Figura 62. Nivel y puntajes de los factores relacionados con iniciativas gubernamentales, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	154
Figura 63. Nivel y puntajes de los factores relacionados con el apoyo de la alta dirección, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	155

Figura 64. Nivel y puntajes de los factores relacionados con recursos financieros, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	155
Figura 65. Nivel y puntajes de los factores relacionados con recursos tecnológicos, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	156
Figura 66. Nivel y puntajes de los factores relacionados con desarrollo de capacidades, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	157
Figura 67. Nivel y puntajes de los factores relacionados con el tamaño de la empresa, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	157
Figura 68. Nivel y puntajes de los factores relacionados con la capacidad de colaboración, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	158
Figura 69. Nivel y puntajes de los factores relacionados con la innovación abierta y sostenible, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas de construcción en Boyacá	159
Figura 70. Modelo de gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad	174

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Artículos que han abordado la innovación para la sostenibilidad desde un enfoque de gestión	35
Tabla 2. Artículos que han abordado la innovación para la sostenibilidad en el sector de construcción	36
Tabla 3. Teorías de sostenibilidad de diferentes tipos y para diferentes propósitos	46
Tabla 4. Lineamientos generales de sostenibilidad para el sector de las edificaciones	61
Tabla 5. Desafíos para la construcción sostenible	64
Tabla 6. Habilidades centrales en la gestión de la innovación.....	79
Tabla 7. Definiciones enfoques de modelos	80
Tabla 8. Evolución de los modelos de gestión de innovación	81
Tabla 9. Desafíos clave de la gestión de la innovación radical para la sostenibilidad.....	97
Tabla 10. Dimensiones de la innovación orientada a la sostenibilidad	97
Tabla 11. Características de los contextos de SOI	98
Tabla 12. Innovación de servicios en proyectos de construcción en madera, comparables frente a otras soluciones	104
Tabla 13. Ejemplos de innovaciones de servicios en el sector de la construcción	105
Tabla 14. Ejemplos de innovaciones de servicios en el sector de la construcción	112
Tabla 15. Empresas participantes de la investigación.....	126
Tabla 16. Procedimientos e instrumentos de recolección de información.....	127
Tabla 17. Expertos que validaron el instrumento de recolección de información	129
Tabla 18. Confiabilidad de las escalas del instrumento de recolección	130
Tabla 19. Expertos que validaron el instrumento de recolección de información	131
Tabla 20. Puntajes brutos asignados a las respuestas de los cuestionarios	132
Tabla 21. Escala valorativa para los puntajes transformados de las variables de la investigación	133
Tabla 22. Estadísticos descriptivos de los puntajes transformados de las variables	133
Tabla 23. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según los rangos de ventas anuales de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	159

Tabla 24. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el número de empleados de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá.....	160
Tabla 25. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la antigüedad de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	161
Tabla 26. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el sector de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	162
Tabla 27. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el número de construcciones de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	163
Tabla 28. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la tenencia de SGA de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá	164
Tabla 29. Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la tenencia de presupuesto para investigación y desarrollo relacionado con el medio ambiente de las medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá.....	165
Tabla 30. Correlación Rho Spearman entre los factores influyentes en SOI y las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá ..	167
Tabla 31. Correlación Rho Spearman entre los factores influyentes en SOI y la gestión de SOI, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.....	168
Tabla 32. Correlación Rho Spearman entre la gestión de SOI y las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.....	169
Tabla 33. Correlación Rho Spearman entre las innovaciones orientadas a la sostenibilidad y los resultados obtenidos de las mismas, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá	170
Tabla 34. Validez del modelo y concordancia entre los expertos.....	171
Tabla 35. Principales resultados e implicaciones para el modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad en organizaciones constructoras.....	172
Tabla 36. Inputs y outputs del organismo empresarial constructor con su ecosistema	177

Índice de anexos

	Pág.
Anexo 1. Formato de validación del instrumento de recolección de información por expertos.	225
Anexo 2. Instrumento de recolección de la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción	230
Anexo 3. Codificación de variables	240
Anexo 4. Cuestionario de evaluación para la validación del modelo propuesto, por parte de expertos.	245
Anexo 5. Puntajes transformados de las variables de la investigación.	248

1. Introducción

La presión sobre los recursos naturales y la pérdida de bienestar son retos que han caracterizado las actividades humanas y productivas en los últimos años. Dos tercios de la población en el año 2050 vivirán en ciudades y estas conglomeraciones consumirán el 75% de los recursos disponibles a nivel mundial, como energía primaria, materias primas, agua y alimentos (UN Environment, 2018b). La construcción es un sector que juega un papel fundamental, tanto en los impactos ambientales y sociales que genera, como en el logro de la sostenibilidad. Desde el ámbito de la gestión, partiendo de lo local, se puede contribuir a la formulación y validación de modelos que contribuyan al logro de los cambios ambientales y sociales que se demandan a nivel mundial para lograr un desarrollo sostenible a largo plazo.

La innovación para la sostenibilidad ha emergido como un campo de estudio relevante en las últimas dos décadas, con un crecimiento notable en publicaciones académicas desde 2005. Sin embargo, la investigación sobre modelos de gestión de este tipo de innovación, especialmente en el sector de la construcción, sigue siendo escasa. Los estudios existentes han abordado aspectos como el desarrollo de herramientas para la selección de materiales sostenibles (Binder, 2008), la importancia del enfoque centrado en el habitante en edificios sostenibles (Brown et al., 2009), y la necesidad de mejorar la preparación de futuros profesionales en innovación sostenible (Zakaria et al., 2017). En el contexto latinoamericano y colombiano, se han realizado esfuerzos para evaluar el conocimiento y aplicación de estrategias de construcción sustentable (Ramírez et al., 2023), así como para desarrollar modelos de innovación adaptados a las características locales de las empresas (Torres, 2019; Barrios, 2020).

A pesar de estos avances, existe un vacío en la literatura respecto a modelos de gestión de innovación para la sostenibilidad específicamente diseñados para el sector de la construcción en Colombia, y más concretamente en Boyacá. Las investigaciones recientes han destacado la importancia de la gestión del conocimiento, la colaboración entre academia y empresas (Cortés et al., 2021), y la necesidad de incorporar prácticas sostenibles en todo el ciclo de vida de los proyectos de construcción (Chuster & Lopes, 2024). En este contexto, abordar este objeto de estudio en un contexto específico como el boyacense contribuye a cerrar una brecha importante en la investigación actual y la implementación práctica de innovaciones sostenibles en un sector clave

para el desarrollo económico y ambiental de la región (Gutiérrez et al., 2018; Hernández et al., 2020).

La presente investigación tiene como objetivo proponer un modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, lo cual implica caracterizar cómo se organizan estas empresas frente a la sostenibilidad, sus innovaciones y la gestión de innovación orientada a la sostenibilidad, como elementos claves para formular los componentes y relaciones entre las variables del modelo a proponer y su posterior validación. Esto se logra a través de un enfoque cuantitativo y diseño proyectivo, en el que se aplica un cuestionario de recolección de información con los gerentes de estas organizaciones o los encargados del área de sostenibilidad.

Esta tesis doctoral se encuentra organizada en cinco grandes capítulos. En el primero, se planea la investigación con el problema que motivó la realización de esta, justificación, objetivos e hipótesis. En el segundo se establecen los fundamentos teóricos de la sostenibilidad, innovación e innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción, con los modelos que se han planteado bajo estos conceptos; además de algunos indicadores del comportamiento de la construcción en Colombia y Boyacá. En el tercer capítulo se establece el diseño metodológico, se detallan los procedimientos que se siguieron en la investigación para la obtención de resultados. En el cuarto capítulo, se analizan y discuten los resultados de las características de las organizaciones constructoras estudiadas, su innovación orientada a la sostenibilidad, la gestión de dicha innovación, resultados y factores influyentes. En este mismo capítulo se realiza análisis multivariado e inferencial de las relaciones entre variables y a partir de estos resultados y los elementos teóricos consultados, se establece una propuesta de modelo de gestión de SOI en empresas medianas y grandes del sector de construcción de Boyacá. En el quinto capítulo se establecen las conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

1. Planteamiento de la investigación

1.1. Justificación

La innovación y la sostenibilidad conforman un eslabón importante en la búsqueda del desarrollo ambiental, económico y social (Michelino et al., 2019). Esto ha sido un resultado de la creciente preocupación por la protección del medio ambiente y una presión gubernamental y social, cada vez mayor para la transición hacia una sociedad más sostenible. Por lo tanto, la pregunta ya no es si las empresas adoptarán la sostenibilidad o no, sino cómo lo harán. El desafío es competir en un entorno tan dinámico con mercados en constante cambio, desempeñarse con éxito y contribuir al desarrollo sostenible al mismo tiempo (Ostermann et al., 2021). La presente investigación contribuye a este propósito y brinda orientaciones para que las empresas del sector de la construcción puedan innovar para la sostenibilidad, adecuarse a la normatividad ambiental, cumplir con lo que el mercado espera en términos ecológicos y lograr competitividad en el sector.

La ventaja competitiva sostenible es un punto crucial en la industria de la construcción, ya que permite mejorar la posición de una empresa o proyecto para sobrevivir durante un largo período de tiempo. En esta era de internacionalización con un desarrollo económico incierto, la dura competencia es una característica clave de la nueva economía y la industria de la construcción también se ve afectada por este escenario (Zakaria et al., 2017). Paralelamente, la sustentabilidad ha sido identificada como un generador potencial de ventaja competitiva (Mwangi et al., 2021). Por lo tanto, la presente investigación contribuye a la consolidación de modelos y herramientas que les permitan a las empresas de este sector el logro de ventajas competitivas perdurables a través de la innovación para la sostenibilidad. Esto no solo trae beneficios económicos para las empresas, sino beneficios sociales visibles en la generación de empleo y la construcción de edificaciones que generan mayor bienestar.

A medida que los problemas sociales se vuelvan cada vez más complicados y ambiguos, habrá una creciente necesidad de adoptar enfoques que permitan resolverlos (Higginson & Vredenburg, 2011). La innovación y la sostenibilidad se han convertido en una clave de éxito empresarial a largo plazo, en la medida que las empresas deben adaptarse a la legislación ambiental y las presiones sociales (Elkington & Rowlands, 1999; Yang et al., 2017), el desarrollo de modelos de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad está en coherencia con las demandas

internacionales y nacionales sobre la protección ambiental y las medidas para reducir los impactos del cambio climático.

En los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se ha planteado lograr ciudades y comunidades sostenibles (Objetivo 11), en el cual existen metas para el 2030 sobre el aumento de la urbanización sostenible, resiliencia ante desastres naturales, disminución del impacto ambiental que generan las ciudades, mejorar el acceso a zonas verdes, uso eficiente de recursos y apoyo a países emergentes para la construcción de edificios sostenibles y resilientes que utilicen materiales locales (PNUD, 2022). Colombia ha asumido diferentes compromisos con los acuerdos internacionales de protección ambiental materializados en la Estrategia climática de Largo Plazo (E2050), las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) y el Plan Energético Nacional, donde se busca la consolidación de edificaciones sostenibles, con balance neto cero de emisiones de carbono, sistemas de ahorro y autogeneración de energía, gobernanza de la movilidad humana, por medio del fortalecimiento de la innovación y capacidades del capital humano. De esta manera, la presente investigación genera un aporte relevante al plantear un modelo en el que las empresas constructoras pueden lograr innovaciones orientadas a la sostenibilidad y así contribuir a la consecución de las metas y compromisos nacionales respecto al cambio climático y el logro de comunidades sustentables.

En el CONPES 3919 de 2018 se han establecido lineamientos para lograr edificaciones sostenibles por medio de nuevas prácticas operativas, sustitución de equipos, implementación de energías alternativas, etiqueta voluntaria energética para edificaciones e implementación de criterios de sostenibilidad en la construcción (DNP, 2018, p. 2018). Por su parte, en la hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono se ha reiterado la necesidad de que el país deje de ser importador de tecnología y desarrolle procesos de investigación e innovación a escala local. En este sentido, se requiere lograr el salto tecnológico necesario para elevar los niveles de eficiencia energética en la construcción y las etapas de la cadena productiva (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2022). Por lo tanto, la presente investigación contribuye a estas metas al postular un modelo que permite a las empresas planear y materializar sus innovaciones orientadas a la sostenibilidad. A su vez, le aporta al gobierno nacional diferentes herramientas diagnósticas y explicativas sobre el tipo de innovaciones orientadas a la sostenibilidad que existen en Boyacá, el proceso de obtención de estas y los factores que influyen en ellas.

En este trabajo se plasman elementos metodológicos, investigativos y empíricos que, no solo permiten comprender los diferentes enfoques sobre la innovación y la sostenibilidad en el sector construcción, sino que establece rutas que futuros investigadores pueden retomar para formular modelos de innovación orientada a la sostenibilidad en otros sectores productivos o de servicios. El modelo de gestión planteado es una herramienta útil para el establecimiento de la estrategia competitiva de las empresas constructoras de Boyacá en el mediano y corto plazo, además de servir a instancias públicas de decisión para llevar a cabo capacitaciones y fortalecimiento de capacidades de este tipo de organizaciones.

1.2. Problema y pregunta de investigación

El sector de la construcción juega un papel importante en las economías nacionales, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB), la formación de capital fijo, los ingresos del gobierno y el empleo (van Egmond, 2012). No obstante, el sector consume gran cantidad de energía no renovable y se ha convertido en uno de los sectores más intensivos en consumo de energía entre todas las industrias, lo que ha provocado una gran cantidad de emisiones de carbono (Su et al., 2022). Esto plantea retos para que la construcción y el entorno construido tengan un gran impacto en la mitigación del cambio climático al mejorar la eficiencia tanto energética como de los recursos (Pelli, 2021). Esto solo será posible a través del desarrollo de tecnologías más limpias, nuevas herramientas digitales, innovaciones en soluciones de materiales biológicos y circulares, nuevos modelos de negocio y la implementación de modelos de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad.

Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el sector de la construcción se han más que duplicado desde 1970 y la industria actualmente utiliza casi un tercio del consumo mundial de energía, lo que la hace responsable de aproximadamente un tercio del total de emisiones directas e indirectas de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía (Martin & Perry, 2019). Pese a que las emisiones del sector de la construcción han tendido a estabilizarse desde el año 2015, la mayor parte de las emisiones globales de CO₂ pertenecen a este sector y los edificios, con cerca del 40% y el 36% del uso de energía final mundial (UN Environment, 2018a). Se prevé que la demanda de energía en los edificios aumente casi un 50% entre 2010 y 2050, y una reducción del 25% en el uso total de energía representaría un ahorro de energía de más de 40

exajulios (EJ), equivalente al uso de energía actual total anual en India y Rusia (Martin & Perry, 2019).

En el mundo se han planteado diferentes iniciativas globales para la protección del medio ambiente y la reducción de impactos hacia el mismo, ejemplo de ello son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), Protocolo de Kioto (1997) sobre las emisiones de gases efecto invernadero, su sucesor, el Acuerdo de París (2015), con obligaciones más políticas que legales, frente al cambio climático. En una revisión de los últimos 5 años, se puede denotar que, en la última actualización de los compromisos climáticos del Acuerdo de París, se establecieron las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC) como metas asumidas por los países para reducir gases GEI, descarbonizar la economía y adaptarse al cambio climático, bajo la meta de mantener el aumento de la temperatura promedio de la tierra a finales del siglo bajo los 2°C y si es posible, debajo de los 1.5°C.

A pesar de los progresivos compromisos ambientales a los que se han llegado a nivel mundial y a la importante contribución de la construcción en las emisiones globales de CO₂ y el gasto energético, las edificaciones siguen siendo una de las áreas que a nivel mundial carecen de estrategias de mitigación específicas (ONU Programa para el medio ambiente, 2020). Colombia en sus NDC se propuso disminuir las emisiones de GEI en un 51% para el año 2030 y en el sector de vivienda se ha planteado como medida el establecimiento de lineamientos para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles que permitan reducir el consumo energético y la generación de GEI, a través de la reducción del consumo de gas natural y de energía eléctrica en viviendas nuevas. La meta es que a 2030 se logre implementar la construcción sostenible con este enfoque hasta llegar al 100% de las edificaciones nuevas (Comisión Intersectorial de Cambio Climático, 2020).

En Colombia, las emisiones de GEI de las edificaciones representan en promedio del 7% de las emisiones nacionales y el 16.4% si se excluyen las emisiones del sector de agricultura, silvicultura y uso del suelo en el año 2020. Además, se proyecta que las edificaciones que se construyan entre el 2020 y 2050 generarán aumentos de las emisiones asociadas al sector desde 18.9 Mt-CO₂eq en el año 2020 hasta 32.6 Mt-CO₂eq en el 2050 (Uniandes & Hill, 2022). Por lo tanto, se requieren acciones que, desde la gestión de las organizaciones impulsen procesos que promuevan la innovación y la sostenibilidad en el sector.

En el pasado reciente se han establecido reglamentaciones y políticas alrededor de la construcción sostenible, por ejemplo, en la Resolución 549 de 2015 se establecieron metas de ahorro de agua y energía en nuevas edificaciones y se estipuló una guía para la construcción sostenible bajo esos mismos fines, así mismo en la Resolución 472 de 2017 y la Resolución 1257 de 2021 se establecieron acciones respecto a la Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición.

En el CONPES 3919 de 2018 se estableció la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles bajo un diagnóstico de débil inclusión de criterios de sostenibilidad en el ciclo de vida de las edificaciones, débil definición de criterios y de reglamentación sobre dicho ciclo, debilidades institucionales y carencia de incentivos para la implementación de iniciativas de construcción sostenible. Para ello, dicha política se ha propuesto establecer e incluir criterios de sostenibilidad en las etapas del ciclo de vida de edificaciones. En esta política se reconocen las debilidades que tiene el sector constructivo colombiano en sus procesos de innovación e incorporación de nuevas tecnologías a las diferentes fases de la construcción. En consecuencia, sugiere adelantar acciones de capacitación sobre buenas prácticas de innovación en edificaciones sostenibles. Sin embargo, no se profundiza en el impulso y establecimiento de modelos de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad como una herramienta que puede contribuir a cumplir estos objetivos.

En iniciativas más recientes, se han emitido diferentes documentos de política que buscan promover el crecimiento verde para el año 2030 (CONPES 3934 de 2019), montos adicionales de cobertura de la tasa de interés en viviendas que tengan criterios de sostenibilidad (CONPES 4002 de 2020) y la implementación de un modelo de economía circular en servicios de agua potable y aguas residuales (CONPES 4004 de 2020). Entre otras iniciativas nacionales se ha propuesto la estrategia “carbono neutral” en la cual se impulsa a organizaciones públicas y privadas a reducir las emisiones de GEI y lograr que a nivel nacional las emisiones generadas en las actividades sean equivalentes a la captura que se hace en las mismas (WWF, 2021).

En el año 2022 se estableció la Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono donde se fijan metas y actores que deben liderar y participar de la descarbonización del país en las fases del ciclo de vida de las edificaciones. En este documento se resalta, que los sectores de la cadena de valor de la construcción, que incluye a la extracción e industrialización de materiales,

el proceso de construcción, la instalación de sistemas de edificaciones y de electrodomésticos deben unir tecnología poco eficiente, es decir que este por debajo de la mejor tecnología que existe a nivel internacional, y que se aumente la automatización y digitalización de procesos, la producción de materiales cero carbono, los sistemas estructurales alternativos, la tecnificación de procesos, entre otros (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2022).

La extracción y uso de los recursos naturales continúa creciendo en términos absolutos, debido a la magnitud del aumento de la producción y el consumo excesivo de estos recursos, por ello, la sociedad y las organizaciones, demandan innovaciones orientadas a la sostenibilidad que permitan un consumo cada vez más racional (Kuzma et al., 2020). Con el agotamiento de los recursos naturales, es imperativo para las empresas lograr la sostenibilidad impulsada por la innovación, con proyectos que permitan satisfacer las necesidades humanas manteniendo el capital natural (Cortez, 2021). De esta manera, se requiere que desde la academia, se lleven a cabo investigaciones que propongan modelos que permitan innovar desde el punto de vista sostenible en el sector de la construcción.

La tendencia creciente de los desarrollos de investigación e innovación en el campo de la industria de la construcción y sus impactos en la economía nacional han llamado mucho la atención en los últimos años (Zakaria et al., 2017). Esto contrasta con el hecho de que las organizaciones rara vez persiguen la sostenibilidad como su objetivo principal, siendo indiferentes o contrarias a dicho objetivo. La tensión se incrementa al reconocer que también los investigadores que estudian la gestión de las organizaciones del sector de la construcción a menudo han ignorado la sostenibilidad y han puesto poca atención a cómo las organizaciones interactúan con sistemas físicos y naturales, bien sea por la persecución de múltiples objetivos, porque su atención está centrada en el corto plazo, o por la tendencia a manejar los temas sobre los que tienen conocimiento y control (cuestión que la complejidad de la sostenibilidad no permite) (Etzion, 2018).

En el departamento de Boyacá, las medianas y grandes empresas del sector de la construcción enfrentan desafíos significativos en cuanto a la implementación de prácticas sostenibles y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de las iniciativas nacionales y los compromisos adquiridos por Colombia para reducir las emisiones en un 51% para el 2030 (Comisión Intersectorial de Cambio Climático, 2020), el sector de la construcción en Boyacá, al igual que en otras regiones del país, aún carece de estrategias específicas de mitigación

y modelos de gestión que impulsen la innovación orientada a la sostenibilidad. Esta situación se ve agravada por las características propias del departamento, que incluyen una topografía variada y condiciones climáticas diversas, lo que plantea retos adicionales para la implementación de prácticas constructivas sostenibles. Además, la industria de la construcción en Colombia, incluyendo Boyacá, se ha caracterizado por una adopción lenta de nuevas tecnologías y prácticas innovadoras (CONPES 3919 de 2018) (DNP, 2018), lo que dificulta la transición hacia modelos más sostenibles.

La problemática se intensifica debido a la falta de conciencia y conocimiento sobre los beneficios de la construcción sostenible entre los actores clave del sector en Boyacá. Muchas empresas constructoras en el departamento, como en el país, siguen priorizando métodos tradicionales de construcción que, si bien pueden ser más económicos a corto plazo, resultan menos eficientes y más dañinos para el medio ambiente a largo plazo (Uniandes & Hill, 2022). Asimismo, existe una escasez de profesionales capacitados en técnicas de construcción sostenible y gestión de la innovación en el contexto local, un problema reconocido a nivel nacional en el CONPES 3919 de 2018. Esta falta de capital humano especializado dificulta la implementación de nuevas prácticas y tecnologías. Adicionalmente, la ausencia de incentivos económicos y fiscales específicos para la construcción sostenible en el ámbito departamental, más allá de las iniciativas nacionales como las mencionadas en el CONPES 4002 de 2020, desalienta a las empresas a invertir en innovación y sostenibilidad, perpetuando así el ciclo de prácticas poco sostenibles en el sector de la construcción de Boyacá.

En conjunto la problemática de la investigación se puede sintetizar en que, las iniciativas gubernamentales, la presión social y por supuesto los impactos ambientales negativos de la acción humana, han impulsado diferentes metas de sostenibilidad principalmente en el ámbito ambiental y el bienestar social, lo cual demanda de las empresas del sector constructor del contexto boyacense diferentes procesos internos que les permitan innovar de manera sostenible. No obstante, las organizaciones del sector de la construcción no tienen dentro de sus objetivos principales la sostenibilidad, por lo tanto, existen pocos modelos de gestión que busquen lograrla, y la investigación en gestión ha abordado con poca frecuencia la sostenibilidad. De acuerdo con la revisión del estado del arte, se identifica que los modelos de gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción han sido poco explorados de forma empírica y son prácticamente inexistentes a nivel local.

Desarrollar un modelo de gestión de innovación para estas empresas es crucial por varias razones. Primero, permitiría alinear los objetivos empresariales con las metas de sostenibilidad establecidas a nivel nacional y departamental. Segundo, facilitaría la integración de criterios de sostenibilidad en todo el ciclo de vida de las edificaciones, desde la extracción de materiales hasta la construcción y operación. Tercero, impulsaría la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, contribuyendo a la reducción del consumo energético y las emisiones de CO₂. Por último, un modelo de gestión de innovación orientado a la sostenibilidad ayudaría a las empresas a mantenerse competitivas en un mercado que cada vez demanda más prácticas y productos sostenibles, al tiempo que contribuye al cumplimiento de las metas ambientales del departamento y del país.

De esta manera, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se puede incrementar el nivel de innovación para la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en el departamento de Boyacá?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer un modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

1.3.2. Objetivos Específicos

Caracterizar la organización de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, frente a la sostenibilidad.

Diagnosticar las innovaciones y la gestión de innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

Formular los componentes y relaciones entre variables del modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

Validar el modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad propuesto para las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

1.4. Hipótesis

H1: La innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas del sector de la construcción de Boyacá depende de factores externos (iniciativas gubernamentales, colaboración, innovación abierta) y factores internos (alta dirección, recursos, capacidades y tamaño).

H2: Los factores externos (iniciativas gubernamentales, colaboración, innovación abierta) y factores internos (alta dirección, recursos, capacidades y tamaño) influyen en la gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

H3: La gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, está relacionada positivamente con el nivel de innovaciones implementadas de este tipo.

H4: La relación entre la innovación orientada a la sostenibilidad y desempeño económico, ambiental y social en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, es positiva.

2. Marco teórico

En este capítulo se desarrollan los fundamentos del objeto de investigación, lo cual implica la revisión de literatura sobre el objeto de estudio y el desarrollo teórico de categorías como innovación, sostenibilidad, innovación para la sostenibilidad y el sector construcción en Colombia y en el Departamento de Boyacá. El abordaje teórico de la investigación realiza un acercamiento hacia el objeto de estudio desde la sostenibilidad, con su aplicación y modelado dentro del sector de la construcción. Por lo tanto, se conceptualiza la sostenibilidad, sus modelos y relación con la construcción, la innovación, los modelos de gestión de innovación, la innovación y sus modelos en el sector de la construcción. Posterior a ello, se integran estos dos conceptos para profundizar en la innovación para la sostenibilidad y su aplicación y modelado en el sector mencionado. Finalmente, se describen algunas características del sector construcción en Colombia y en Boyacá.

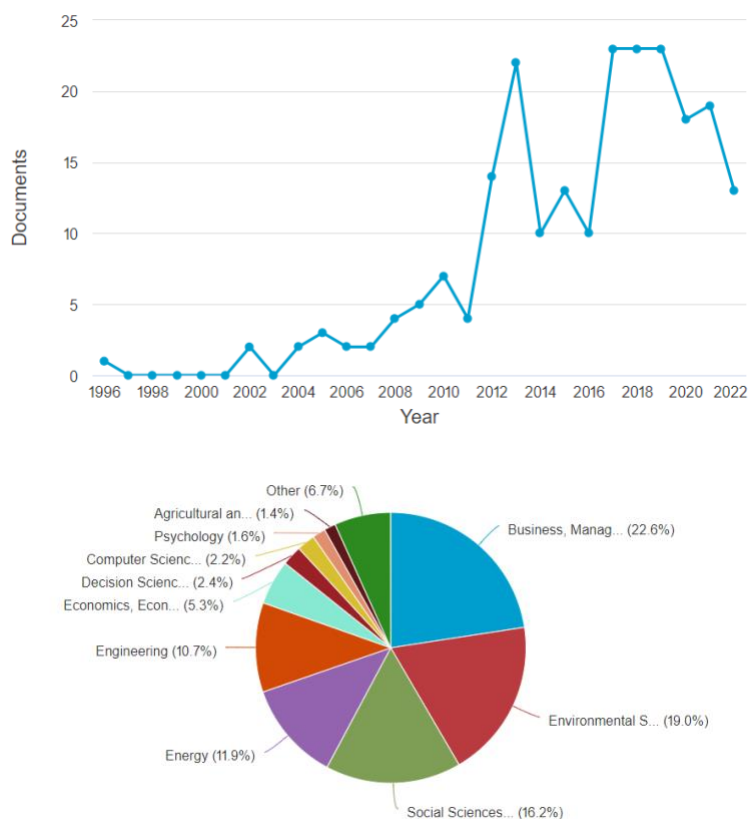
2.1. Revisión de literatura

Se realizó una búsqueda del estado del arte alrededor de la innovación para la sostenibilidad (innovation for sustainability) en Scopus, lo cual permitió determinar la existencia de 220 artículos cuyo título, palabras claves, resumen y temáticas giran alrededor de este objeto de estudio. La Figura 1 muestra la tendencia de publicación de estas investigaciones, lo cual evidencia el crecimiento de estas entre 2005 y 2011 y, con sus variaciones, el auge entre 2013 y 2022. A su vez, se puede observar que este tipo de innovación se ha abordado desde el área de negocios, administración y contabilidad (22.6%), ciencias ambientales (19%), ciencias sociales (16.2%), energía (11.9%), ingeniería (10.7%), entre otros.

Se realizó este mismo proceso de búsqueda en la base de datos Web of Science, de donde se obtuvo como resultado 208 publicaciones, en las que se observa el auge que ha tenido el objeto de estudio durante los últimos 11 años (ver Figura 2). A su vez, las 10 principales áreas de conocimiento desde donde se ha abordado la temática ha sido desde las ciencias ambientales, ciencia y tecnología del crecimiento verde, estudios ambientales, ingeniería civil, ingeniería ambiental, tecnologías de construcción, ciencias de los materiales, negocios, administración y recursos del agua.

Figura 1

Investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad según fecha de publicación y área del conocimiento

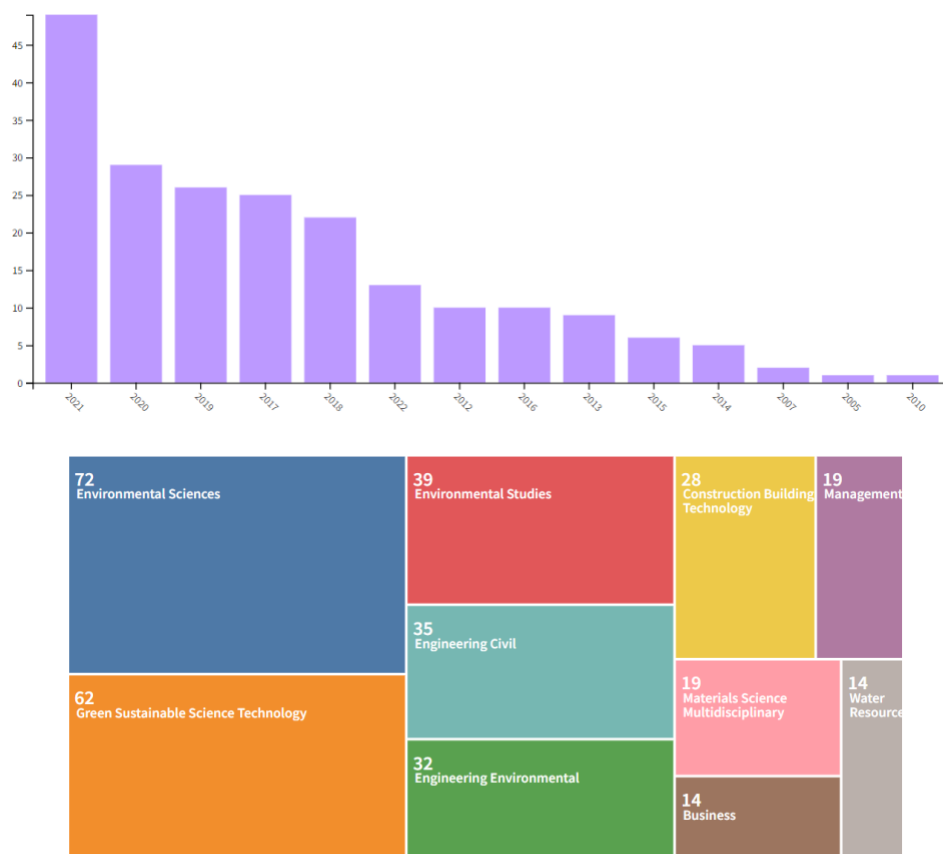


Nota. Búsqueda realizada por la autora en Scopus, en Junio de 2022.

A diferencia de los hallazgos en Scopus, la base de datos Web of Science muestra un grupo de estudios que han abordado la innovación para la sostenibilidad en el área de ciencias de la construcción y la edificación, con 28 estudios. Estos últimos principalmente han abordado temáticas sobre alternativas de construcción y bio construcción, con sus correspondientes impactos e influencia en las estructuras. Se puede observar entonces que la innovación para la sostenibilidad es un campo de estudio reciente que se ha comenzado a profundizar hace 20 años, cuya vigencia e importancia ha aumentado en ese periodo de tiempo de análisis.

Figura 2

Investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad según fecha de publicación y área del conocimiento

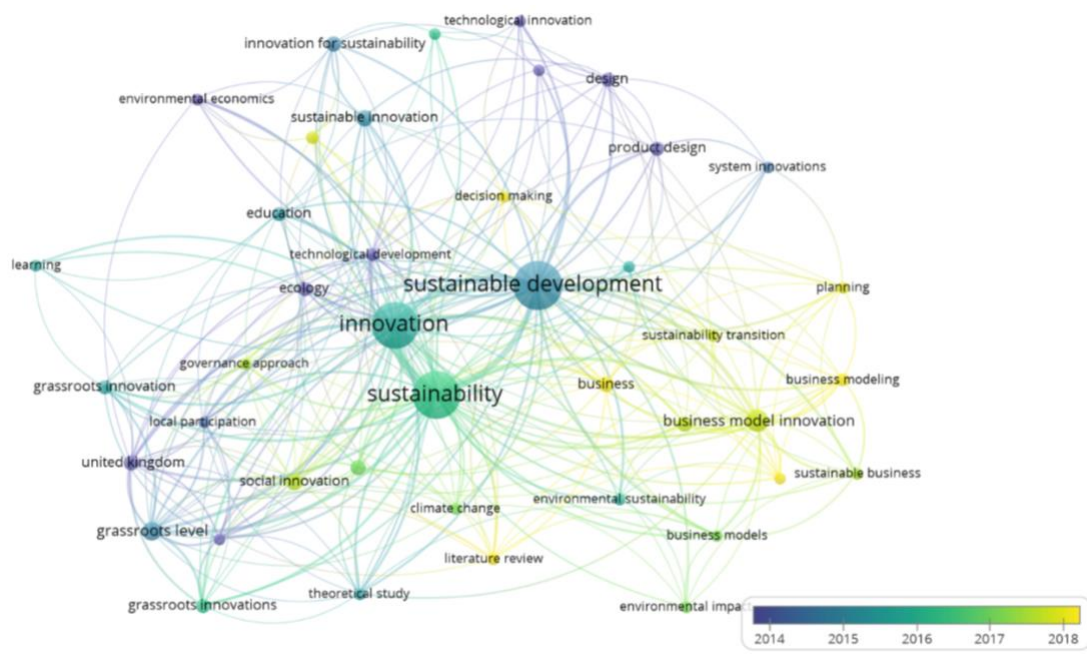


Nota. Búsqueda realizada por la autora en Web of Science, en Junio de 2022.

Con relación a las temáticas abordadas en las investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad, los estudios hallados en Scopus muestran que todas ellas confluyen alrededor del desarrollo sostenible, la innovación y la sostenibilidad (ver Figura 3). La gama de colores de la Figura 32 muestra que, entre los años 2014 y 2022 los enfoques de investigación se han trasladado del diseño, ecología, economía ambiental, innovación tecnológica, hacia la innovación en modelos de negocio, transición sostenible, negocios sostenibles, cambio climático, gobernanza e innovación social.

Figura 3

Red de conceptos comunes hacia los que tiende la investigación sobre innovación para la sostenibilidad, de los estudios hallados en Scopus



Nota. Procesamiento de las referencias halladas en Scopus por medio de VOSviewer. Autora.

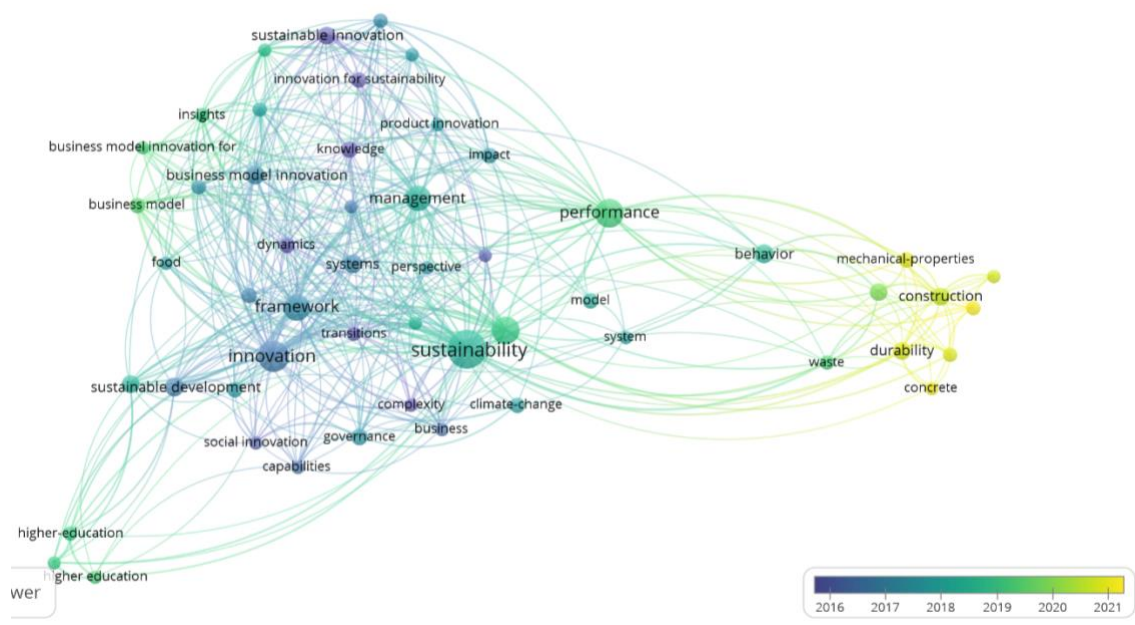
Por su parte, las temáticas abordadas por las investigaciones halladas en Web Of Science han confluído hacia el estudio del desempeño, la sostenibilidad y, en menor medida, hacia la innovación, redes y la gestión (ver Figura 4). La gama de colores de la Figura 33 evidencia que entre 2016 y 2021 las investigaciones sobre innovación para la sostenibilidad han transitado desde la innovación de los modelos de negocios, innovación sostenible, innovación social y desarrollo sostenible hacia los estudios de construcción, propiedades mecánicas, durabilidad y uso de concreto. En esta base de datos se identifica un grupo más amplio de investigaciones que han indagado en la innovación para la sostenibilidad por medio de nuevas formas de construcción amigables con el medio ambiente.

Como se puede identificar en estas tendencias, la innovación para la sostenibilidad se ha enfocado recientemente hacia la innovación del modelo de negocio para la sostenibilidad, pero ha sido menos abordada desde los modelos de gestión. Es más, solo 12 de las investigaciones encontradas abordan la innovación para la sostenibilidad desde un enfoque de gestión, sin centrarse

en los modelos de negocio, y ninguna de ellas tiene como objeto de estudio los modelos de gestión de este tipo de innovación.

Figura 4

Red de conceptos comunes hacia los que tiende la investigación sobre innovación para la sostenibilidad, de los estudios hallados en Web of Science.



Nota. Procesamiento de las referencias halladas en WOS por medio de VOSviewer. Autora.

La Tabla 1 enlista por fecha de publicación estas investigaciones y permite observar que uno de los primeros artículos abordó el problema de la gestión de la atención en la innovación para la sostenibilidad (Brooks, 1996), mientras que el artículo de mayor impacto (en cuanto a número de citas) es el de van Kleef & Roome, (2007) sobre capacidades y competencias para la gestión empresarial sostenible como innovación, seguido por los artículos de: Williams et al. (2017) sobre el pensamiento sistémico aplicado a la gestión de la sostenibilidad, y Monaghan (2009) sobre las innovaciones de base para la sostenibilidad. Recientemente ha tenido impacto académico el trabajo de Chaurasia et al. (2020) sobre la innovación abierta para la sostenibilidad mediante la creación de valor compartido y el papel del sistema de gestión del conocimiento, la apertura y la estructura organizativa.

Las demás investigaciones relacionadas en la Tabla 1 y cuyas citaciones aún son bajas fueron: Werutsky et al. (2013), Velázquez & Flores (2017), Yadav & Yadav (2017), Cortés et al. (2021), Rutkowska et al. (2021) y Nabi et al. (2022).

Tabla 1

Artículos que han abordado la innovación para la sostenibilidad desde un enfoque de gestión

Título del artículo en español	Autores	Fecha	Revista	Citaciones
El problema de la gestión de la atención en la innovación para la sustentabilidad	Brooks H.	1996	Technological Forecasting and Social Change	8
Desarrollando capacidades y competencias para la gestión empresarial sostenible como innovación: una agenda de investigación	van Kleef J.A.G., Roome N.J.	2007	Journal of Cleaner Production	183
Gestión de nichos conceptuales de la innovación de base para la sostenibilidad: el caso de las prácticas de eliminación de cadáveres en el Reino Unido	Monaghan A.	2009	Technological Forecasting and Social Change	47
Una valoración bibliométrica sobre las relaciones entre la sostenibilidad y la gestión de la innovación	Werutsky V.D.G., Vaz C.R., Viegas C.V., Selig P.M.	2013	22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013	
Gestión de la innovación para la sostenibilidad en el turismo: Revisión de la literatura sobre el sector hotelero [Gestión de la innovación para la sustentabilidad en turismo: Una revisión teórica para el sector hotelero]	Velázquez Castro J.A., Flores Barrera A.P.	2017	Espacios	3
Pensamiento sistémico: una revisión de la investigación en gestión de la sostenibilidad	Williams, A; Kennedy, S; Philipp, F; Whiteman, G	2017	J. Clean Prod.	146
Educación superior y desarrollo sostenible: un estudio exploratorio de las instituciones de gestión indias	Yadav N., Yadav V.	2017	World Sustainability Series	
Innovación abierta para la sostenibilidad mediante la creación de valor compartido: el papel del sistema de gestión del conocimiento, la apertura y la estructura organizativa	Chaurasia S.S., Kaul N., Yadav B., Shukla D.	2020	Journal of Knowledge Management	20
Innovación para la sustentabilidad en el Sur Global: hallazgos bibliométricos de los campos de administración y negocios y STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) en países en desarrollo	Cortés J.D., Guix M., Carbonell K.B.	2021	Heliyon	3

Gestión de valores de consumo VERDE en fuentes de energía renovables y eco-innovación en INDIA	Rutkowska M., Bartoszczuk P., Singh U.S.	2021	Energies	2
Liderazgo transformacional e innovación radical para la sostenibilidad: papel mediador de la capacidad de gestión del conocimiento y papel moderador de la intensidad competitiva	Nabi M.N., Zhiqiang L., Akter M.	2022	Innovation and Management Review	

Nota. Clasificación realizada por la autora a partir de las referencias halladas en Scopus y Web of Science.

En cuanto a investigaciones cuyo sector de estudio ha sido la construcción y que han sido abordados desde un enfoque más cercano a la gestión, excluyendo aquellos abordados desde la ingeniería y ciencia de los materiales, se encontraron las expuestas en la Tabla 2. Allí se observa que las publicaciones sobre la innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción, en bases de datos especializadas, ha sido escasa en los últimos años.

Tabla 2

Artículos que han abordado la innovación para la sostenibilidad en el sector de construcción

Título del artículo en español	Autores	Fecha	Revista	Citaciones
Comprender la innovación para la sostenibilidad dentro de la industria de la construcción australiana: un modelo de aprendizaje social evolutivo	Binder G.	2008	Journal of Green Building	8
Nuevas expectativas en la entrega de edificios sostenibles: De ocupante a habitante	Brown Z., Cole R.J., O'shea M., Robinson J.	2009	PLEA 2009 - Architecture Energy and the Occupant's Perspective: Proceedings of the 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture	2
Identificación de patente en incentivo a la innovación para la sustentabilidad en la industria de la construcción	Zakaria S.A.S., Sadullah A.F.M., Majid T.A., Ghazali F.E.M.	2017	AIP Conference Proceedings	0

Nota. Clasificación realizada por la autora a partir de las referencias halladas en Scopus y Web of Science.

Dado este panorama general de la investigación y la escasez de estudios que hay alrededor de los modelos de gestión de innovaciones para la sostenibilidad, en el presente estado del arte se profundiza primero en los estudios de la Tabla 2 (los cuales no son los más recientes) y luego se abordan algunas investigaciones de los últimos 5 años que se han acercado al objeto de estudio, es decir, artículos y tesis de grado sobre la gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector

de construcción o que han trabajado los temas de forma interdependiente de la innovación y la sostenibilidad en este sector o en otros sectores que representan un aporte al objeto de estudio.

La literatura académica sobre modelos de gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción en los últimos años no ha tenido un avance significativo, por lo tanto, para comprender la relevancia de la investigación, a continuación, se profundiza en algunas investigaciones realizadas frente a la temática mencionada, que tienen más de 10 años de antigüedad, para luego hacer revisión de algunas que en los últimos 5 años se han acercado al objeto de estudio. Esto último implica el abordaje de artículos y tesis de grado sobre la gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector de construcción o que han trabajado los constructos de forma interdependiente, la innovación y la sostenibilidad en este sector o en otros sectores que representan un aporte al objeto de estudio.

En el contexto del sector de la construcción, las relaciones entre organizaciones son determinantes de la innovación, es así como Binder (2008) analizó un estudio de caso del desarrollo de una herramienta (EcoSelector), diseñada para hacer que los constructores de Australia seleccionaran materiales de construcción más sostenibles, y también para ilustrar cómo el modelo de aprendizaje social desarrollado permitió una comprensión de la innovación. Como resultado se encontró que el desarrollo inicial del EcoSelector fue fluido, existió acuerdo sobre su forma y propósito. Este acuerdo cambió cuando el enfoque de EcoSelector pasó de fines educativos a prescriptivos dentro de la nueva cultura de gestión en la empresa constructora. Este cambio generó una resistencia significativa por parte de los organismos de la industria que percibían el EcoSelector como una amenaza para sus hábitos de construcción. Esta investigación muestra que se han formulado herramientas innovadoras para la toma de decisiones y selección de materiales, no obstante, estas innovaciones pueden traer resistencias por parte de los involucrados en la empresa, quienes no siempre están dispuestos a cambiar hacia la sostenibilidad.

Brown et al. (2009) investigaron como se han promovido nuevas perspectivas de la entrega de edificios sostenibles bajo los principios del deseo de ser verde, humano e inteligente. Indagaron cómo estos principios han dado forma al diseño físico del Centro de Investigación Interactiva sobre Sostenibilidad (CIRS) de la Universidad British Columbia de Vancouver (Canadá). Establecieron aspectos constructivos de adaptación al cambio climático, cero desperdicios de materiales, uso limpio de energía, salud ecológica, ambientes cómodos y saludables, conexiones de los habitantes

entre sí y con el mundo natural y como proporcionar instrumentación y controles para permitir la retroalimentación y el aprendizaje; se concluyó en esa investigación que las construcciones deben planearse desde un enfoque de habitante, no de ocupante, puesto que las personas interesadas en estas construcciones tienen un papel activo, interactivo de compromiso y adaptación donde las reglas del juego se crean en parte a través de esas interacciones. Este trabajo abarca en sus principios las dimensiones de la sostenibilidad, a nivel social y ambiental, lo cual brinda luces sobre los aspectos que el sector de la construcción puede implementar en dichos ámbitos y de esta forma poder innovar para la sostenibilidad.

La innovación e investigación en la industria de la construcción ha sido evidente, lo cual hace necesario que los futuros ingenieros civiles estén preparados para los desafíos de la innovación. Al respecto, Zakaria et al. (2017) propusieron examinar la experiencia educativa y la inclinación de los estudiantes de ingeniería civil de la Universiti Sains Malaysia en términos de su preparación educativa para inventar e innovar con base a la exploración de patentes. Encontraron que la mayoría de los participantes tenían una idea "simplista y superficial" de la identificación de patentes como fuente de innovación. Aunque un buen número de participantes tuvo un conocimiento relativamente bueno de las patentes y la innovación, la falta de exposición práctica y experiencia en la industria de la construcción se identificó como un problema frecuente en la preparación para inventar e innovar con base a la exploración de patentes. De este estudio se puede interpretar que la innovación para la sostenibilidad y su gestión en el sector de la construcción, dependen inicialmente de la actitud o la orientación que tenga el recurso humano dentro de las organizaciones hacia nuevas técnicas de construcción que sean sostenibles.

Verdinez (2024) destacó los 10 principales países fuera de Estados Unidos que lideran en certificaciones LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) en 2023, destacando el avance global en construcción sostenible. China encabeza la lista con 1.563 proyectos certificados, seguida por Canadá e India y en Latinoamérica se destaca Brasil con 119 proyectos y México con 86. Se menciona la importancia de los edificios en la lucha contra el cambio climático, reflejada en iniciativas como el Avance de los Edificios presentado en la COP 28. El ranking se basa en el espacio total certificado LEED entre enero y diciembre de 2023, excluyendo a Estados Unidos, que sigue siendo el mayor mercado mundial para LEED. El informe de Verdinez (2024) subraya el progreso en la reducción de emisiones, impactos en la salud y costos operativos en edificios a nivel mundial.

En el campo más amplio de la innovación para la sostenibilidad, Cortés et al. (2021) indagó los avances recientes en este tipo de innovación dentro de los campos de la gestión y negocios y las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en países en vía de desarrollo. Las tres áreas más importantes de investigación fueron la gestión de conocimientos, la biotecnología para la agricultura y la gobernanza de proyectos, y la gestión de redes eléctricas en China. Algunos subtemas relacionados fueron: problemas de enrutamiento, agricultura sostenible, microbiología y biotecnología, y gestión de la red eléctrica. Concluyeron también que esos temas que identificaron siguen siendo periféricos en el panorama de investigación global de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Finalmente, puntualizaron que la colaboración académico-corporativa aún está en su infancia y limitada a sectores económicos particulares: energía, productos farmacéuticos y alta tecnología. El aporte de este trabajo a la presente investigación radica en el reconocimiento que se le hace al papel de la gestión del conocimiento en el campo de la innovación para la sostenibilidad.

En el 2021 en Finlandia, se indagó sobre la innovación de servicios y construcción sostenible, comparando la madera frente a otros materiales (Pelli, 2021). Se analizaron ocho proyectos y un total de ochenta y nueve empresas que indicaron que, si bien las soluciones basadas en madera apuntan a la eficiencia industrial en los procesos de construcción establecidos, los proyectos de construcción sostenible paralelos y las empresas colaboradoras ejemplifican innovaciones de servicio más versátiles. Dentro de sus conclusiones relevantes sobre la innovación en el sector de la construcción se destaca que la innovación de servicios ilustra las infraestructuras de conocimiento en proceso de mejora de la eficiencia industrial. Estos incluyeron las herramientas digitales y otras tecnologías inteligentes, pero también los bucles de retroalimentación, las capacidades y las prácticas cambiantes que desarrollaron y ampliaron las empresas participantes en las tareas de construcción y de un proyecto a otro. En los proyectos se probaron nuevas formas de incorporar los ecosistemas naturales o las comunidades sociales en las infraestructuras físicas y digitales. Este trabajo evidencia que la innovación y sostenibilidad en la construcción no solo obedece a las transformaciones comerciales que tienen las edificaciones, sino a servicios que están inmersos en todo el proceso.

Por su parte, existen desarrollos de modelos de evaluación de la innovación para macroempresas del sector de la construcción aplicado al caso español, con la colaboración de un panel de expertos formado por dos investigadores académicos y ocho profesionales de la industria

de la construcción (Zubizarreta et al., 2017), se identificaron 18 factores específicos que están directamente relacionados con el desempeño innovador. El modelo se construyó basado en cinco criterios que permiten obtener un Índice de Innovación: estrategia-organización, cultura, personal, relación con el exterior y producto-proceso; este se validó con expertos y se aplicó a tres empresas: una de construcción tradicional, una proveedora de materiales prefabricados y de construcción y una empresa consultora de ingeniería. La consultora de ingeniería, que no es estrictamente una empresa productiva, obtuvo las puntuaciones más altas en los criterios. Este modelo permitió evaluar los niveles de innovación de esas empresas, identificando los aspectos estratégicos a los que debían atender.

Existen indagaciones del conocimiento que poseen expertos técnicos respecto al desarrollo sostenible aplicado a la construcción y a la profesión de constructor, un caso particular en la ciudad de Portoviejo (Ecuador) (Mendoza & Vanga, 2020). Los aspectos mayormente identificados por los expertos con la construcción sostenible fueron el uso de materiales reutilizables y/o reciclados, seguido por arquitectura bioclimática y producción más limpia. Dentro de las causales de no implementación de acciones medioambientales en la construcción, los expertos indicaron que obedece a falta de conocimiento del tema y altos costos de implementación. Se destacó la necesidad de generar conocimiento desde la academia para la formación de profesionales con conciencia ecológica y responsabilidad social, además de la implementación de incentivos gubernamentales para la construcción sostenible. Este trabajo aporta para el presente estudio que el conocimiento y actitud de los constructores hacia la innovación, junto con incentivos externos de actores gubernamentales, influyen la aparición de innovaciones para la sostenibilidad en el sector.

En Brasil, Kirby et al. (2023) se propusieron identificar los factores clave que influyen en el comportamiento de compra de edificios con certificación verde en ese país. La metodología empleada combinó revisiones sistemáticas de literatura, entrevistas en profundidad y una encuesta a propietarios de viviendas certificadas. Los resultados revelaron nueve factores principales que influyeron positivamente en la decisión de compra, incluyendo motivación, conocimiento, actitud ambiental, valores y personalidad, atributos físicos, entorno externo, confianza, estilo de vida y situación. Las conclusiones destacan la importancia de estos factores en el comportamiento real de compra, no solo en la intención. El estudio aporta a la investigación sobre construcción sostenible al proporcionar evidencia empírica de un mercado emergente y explorar un conjunto

más amplio de factores que estudios previos, contribuyendo así a una mejor comprensión de la adopción de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en el sector de la construcción.

En este mismo país, cada vez más los organismos públicos, empresas, constructoras y profesionales del sector están comprometidos con la importancia de adoptar prácticas de construcción sostenible. Evidencia de ello son la existencia de certificaciones ambientales en la construcción, como LEED, AQUA-HQE, BREEAM y el Sello Casa Azul de Caixa, contribuyendo al conocimiento sobre innovaciones orientadas a la sostenibilidad en el sector de la construcción en Brasil (Chuster & Lopes, 2024). Por lo tanto, es fundamental incorporar la sostenibilidad en todo el ciclo de vida de un emprendimiento inmobiliario o de construcción civil. El artículo aporta una visión integral sobre las

En México y Chile, Ramírez et al. (2023) evaluaron el conocimiento y la aplicación de estrategias de construcción sustentable entre profesionales del sector. La metodología consistió en una encuesta pre-ocupación (EPO) basada en certificaciones internacionales y normativas locales, aplicada a 106 profesionales en México y 102 en Chile. Los resultados mostraron un bajo conocimiento y aplicación de tácticas sustentables en ambos países, con algunas diferencias a favor de Chile. Se concluyó que las técnicas utilizadas están principalmente orientadas a la optimización de costos más que a la sustentabilidad. El estudio aporta una perspectiva sobre la penetración de prácticas sustentables en la construcción en estos países, y propone que la metodología EPO podría utilizarse para evaluar conocimientos y capacidades de los profesionales del sector en futuros proyectos.

En Colombia y a nivel local en el departamento de Boyacá no se han planteado investigaciones puntuales sobre modelos de gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción. Sin embargo, existen algunas aproximaciones al objeto de investigación por medio de estudios que han estudiado la sostenibilidad y/o la innovación en el sector de la construcción o relacionados.

En el trabajo de Torres (2019) se planteó un modelo de desarrollo de capacidades de innovación para la sostenibilidad en empresas de la sabana del occidente de Bogotá. En este trabajo se aplicó un cuestionario *EAN Sustainability Index* y entrevista a expertos, con un alcance de 96 empresas. Dentro de los expertos se entrevistaron a gerentes de innovación, ingeniería y sostenibilidad de Corona Colceramica, que proveen productos de construcción. En los resultados

se indagaron los factores y prácticas de innovación, autodiagnóstico de la gestión, su sostenibilidad y se aplicó un proceso de pensamiento del diseño para el desarrollo de capacidades de innovación, compuesto por cuatro dimensiones: descubrir, definir, desarrollar y entregar. En cuanto a la gestión de la innovación para la sostenibilidad, los expertos indicaron que las capacidades las han formado mediante el entrenamiento de habilidades, adaptabilidad y resiliencia en cada uno de sus equipos. El modelo propuesto les permite a las empresas ser flexibles, buscar soluciones a retos, explorar el entorno, elección de líneas de innovación y pensar en sus factores internos, externos, competencias.

Por otro lado, se ha recogido la experiencia del proceso de conceptualización, diseño y construcción del proyecto de economía circular EAN Legacy, como una confluencia de la innovación, gestión pública y visión social (Chaux & Orejuela, 2021). La sistematización de esta experiencia exitosa de construcción de infraestructura en la que se aplica economía circular, dio como resultado una metodología que puede ser replicable por empresas de la construcción y sus stakeholders, y funciona como una ruta para plantear proyectos innovadores propios, que ayuden al desarrollo sostenible del país. Las etapas de esta metodología son: 1) estructuración y diseño, 2) trabajo conjunto con proveedores y contratistas, 3) demolición y obra civil, 4) reducción, reutilización, reciclaje y reparación (RDC), 5) materiales sostenibles y seguros para las personas y el ambiente, 6) programas sociales y mejoramiento de la competitividad, y 7) beneficios tributarios y de financiación. Este proyecto es un claro ejemplo de la innovación para la sostenibilidad, pues el Edificio EAN Legacy cuenta con licencia ambiental aprobada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y tiene en su diseño diferentes incorporaciones que reducen el consumo de energía, brindan iluminación natural, reducen el desecho de CO₂ al medio ambiente, entre otras.

En esa revisión de información se encontró que Barrios (2020) propuso un modelo de gestión de la innovación adaptable a las empresas colombianas, con una aplicación piloto en empresas de Boyacá y Santander. Dicho modelo estableció 6 dimensiones, 36 elementos y un grupo de 108 estrategias de mejora de la gestión de la innovación. Para lograr este resultado, el autor caracterizó los modelos de gestión de la innovación a nivel nacional e internacional, analizó la pertinencia de estos a las características de las empresas colombianas, planteó el modelo de gestión de la innovación y un instrumento de valoración de las capacidades de gestión, y validó y ajustó el modelo de gestión de la innovación, gracias a la revisión de expertos. Dentro de un

proceso de consultoría acompañado por este autor, se aplicó el modelo y se implementaron algunas estrategias sugeridas, lo que evidenció mejoras en los resultados del 100% de las empresas que aceptaron la aplicación de este. Este trabajo muestra el proceso de desarrollo de un modelo de gestión de la innovación en empresas de la región, y se convierte en un antecedente para la formulación del modelo de gestión de la innovación para la sostenibilidad del presente trabajo.

En el trabajo compilatorio de Gutiérrez et al. (2018), los autores mostraron la experiencia del proceso investigativo de un grupo de gestores de innovación en regiones rurales del departamento de Boyacá. En 7 municipios del departamento (Samacá, Iza, Firavitoba, Tota, Soatá, Puerto Boyacá y Sotaquirá) se aplicaron metodologías ágiles de gestión de la innovación acompañadas de formación continuada, para que las comunidades reconocieran sus necesidades y retos, propusieran ideas y aportaran al desarrollo de las comunidades aplicando innovaciones y tecnologías. Aunque en este trabajo no se enfatizó en empresas de construcción, se propusieron diferentes ideas de edificaciones que solucionarían los problemas locales como: construcción de una plazoleta de ventas colectivas con material reciclable y alimentada con energía solar, construcción de atrapa nieblas para solucionar problema de la carencia de agua, elaboración de eco ladrillos que disminuyen la contaminación, tanques para la cosecha de aguas lluvias, entre otros. En este trabajo se evidenciaron diferentes innovaciones que surgieron de las comunidades y que podrían ser aplicadas por las empresas de construcción dentro de sus procesos de gestión de la innovación para la sostenibilidad. Las comunidades locales donde se insertan estas empresas pueden aportar ideas de innovación valiosas para el proceso constructivo, lo cual puede tenerse en cuenta en la formulación de modelos de gestión de innovación para la sostenibilidad.

En Tibasosa (Boyacá) se ha vinculado la construcción, innovación y sostenibilidad al proponer una metodología para el desarrollo de capacidades tecnológicas y de innovación para poner en marcha una planta de tratamiento de agua residual (Hernández et al., 2020), ellos establecieron preguntas metodológicas para el desarrollo de capacidades de investigación y desarrollo de tipo ambiental, técnico, económico y social. En la capacidad tecnológica se propuso el proceso, aplicabilidad y funcionamiento de intervalos de flujos en los que funcionaría el sistema, tolerancia a las variaciones de flujo, características del agua residual, eficacia de la remoción y entorno e impacto en el medio ambiente. En el trabajo se hizo énfasis en la necesidad de que construcciones como las plantas de tratamiento de agua residual tengan una adecuada gestión por medio de sistemas que permitan reducir el impacto ambiental y social, por medio de la mejora de

las capacidades de sus operadores. Este trabajo evidencia que, en infraestructuras destinadas a la mejora del impacto ambiental, como las plantas de tratamiento de agua residual, se requieren procesos de gestión de la innovación para la sostenibilidad.

En conjunto, la revisión del estado del arte permitió evidenciar que es creciente la investigación alrededor de la innovación para la sostenibilidad en los últimos 20 años, pero son escasas las investigaciones que han abordado este tipo de innovación desde los modelos de gestión. No obstante, las investigaciones expuestas y los elementos teóricos que se desarrollan en la presente investigación, permiten estructurar un modelo de gestión de la innovación para el sector de la construcción, aplicado a las organizaciones de Boyacá, y contribuir a reducir el vacío existente en esta temática.

2.2. Sostenibilidad

La sostenibilidad se define como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. (World Commission on Environment and Development, 1987), esto implica el uso de los recursos de una manera que asegure niveles de contaminación o desgaste que no comprometa el bienestar de las siguientes generaciones. La sostenibilidad requiere cambios en el comportamiento humano, no solo desarrollo tecnológico; por lo tanto, entender las conceptualizaciones, conocimientos y creencias de las personas sobre el mundo natural es fundamental (Malt & Majid, 2023). Si bien las acciones individuales suman al daño medio ambiental, los cambios en el mundo corporativo pueden resolver muchos de los problemas (W. Park, 2022; Supran & Oreskes, 2021).

Una definición más general y holística de la sostenibilidad se enmarca como “la posibilidad que tiene un sistema, ya sea social o empresarial, de permitir que cada persona, grupo o conjunto de actores sociales se desarrolle y crezca de acuerdo con lo que cada uno de ellos considera valioso para su propia vida (bienestar)” (Rodríguez & Vélez, 2018, p. 381). En este sentido, la sostenibilidad implica permanencia en el tiempo, y desarrollo y crecimiento de acuerdo con las preferencias de los actores interesados, incluye el cuidado de las personas hacia sí mismos, los demás y la naturaleza, con beneficios perdurables en el grupo social y las organizaciones. En este sentido, un desafío clave de la sostenibilidad radica en conectar los procesos de funcionamiento de los ecosistemas con el funcionamiento del sistema social que lo acompaña (Rout et al., 2020).

El concepto se ha vinculado con el triple resultado final propuesto por de Elkington (1997) Elkington (2004) en el que trata las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y ambiental). La sostenibilidad es el objetivo general del desarrollo sostenible que posiblemente se pueda lograr a través del proceso en el que se deben equilibrar los tres pilares básicos de la sostenibilidad: social, ambiental y económica, para lograr la prosperidad a largo plazo (Ketprapakorn & Kantabutra, 2022). Según las Naciones Unidas (2015), el marco de los ODS ayuda a incorporar los dominios social, ambiental y económico del desarrollo para la prosperidad a largo plazo; en algunas investigaciones se ha propuesto la sostenibilidad cultural para involucrar la creatividad, diversidad e innovación (Pavko Čuden, 2023), pero no se ha profundizado lo suficiente en relación al medio ambiente. Los tres dominios principales implican (Olawumi & Chan, 2018):

Sostenibilidad ambiental: se preocupa por confinar la actividad humana dentro de la capacidad de carga del ecosistema (como materiales, energía, tierra y agua, etc.) que prevalece en la localidad y pone énfasis en la calidad de vida humana (calidad del aire, salud humana)

Sostenibilidad económica: considera el uso eficiente de los recursos para mejorar el beneficio operativo y maximizar el valor de mercado. También se ocupa de la sustitución de recursos naturales por elementos hechos por el hombre, la reutilización y el reciclaje.

Sostenibilidad social: se enfoca en el bienestar social de la población, equilibrando la necesidad de un individuo con la necesidad del grupo (equidad), conciencia pública y cohesión, y participación y utilización de mano de obra y empresas locales.

El campo de estudio de la sostenibilidad son los problemas y soluciones bajo el objetivo de generar conocimiento para las transformaciones hacia la sostenibilidad. Esto último consiste en el cambio de regímenes asociados con vías de desarrollo insostenibles a regímenes alternativos en los que las vías de desarrollo son (provisionalmente consideradas) sostenibles (Clark & Harley, 2019). Los enfoques de investigación en el campo de la sostenibilidad, Clark & Harley (2019) han identificado seis capacidades necesarias para fomentar el desarrollo sostenible: 1) la capacidad de medir el desarrollo sostenible; 2) la capacidad de promover la equidad; 3) la capacidad de adaptación a choques y sorpresas; 4) la capacidad de transformar el sistema hacia vías de desarrollo más sostenibles; 5) la capacidad de vincular el conocimiento con la acción; y 6) la capacidad de

idear arreglos de gobernanza que apoyen la acción colectiva para nutrir los recursos compartidos, promover la equidad y enfrentar la incertidumbre en la búsqueda de la sostenibilidad.

En el marco de lo anterior, la presente investigación se ubica en las capacidades 3, 4 y 5, dado que en el modelo de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad las organizaciones constructoras y las edificaciones pueden adaptarse al cambio climático y los desastres, pueden adoptar mejores vías innovadoras y sostenibles de construcción y es una herramienta que permite la toma de decisiones, es decir, de llevar el conocimiento a la acción.

A su vez, dentro del campo de estudio de la sostenibilidad, se han desarrollado y utilizado teorías para diferentes propósitos. Las aspiraciones y necesidades de la ciencia de la sostenibilidad contienen una diversidad de propósitos para los cuales se construyen teorías. Van desde la explicación, descripción o interpretación de un fenómeno hasta su uso para la deliberación, la toma de decisiones y la acción (ver Tabla 3). De acuerdo con Schlüter et al., (2022), las teorías utilizadas para la explicación especifican los mecanismos causales o las relaciones entre las variables, sintetizan el conocimiento, enmarcan el proceso de investigación, especifican los fundamentos conceptuales y guían al investigador, explican el cambio o predicen el comportamiento del sistema. Las teorías también se utilizan para informar acciones como políticas, gestión o un proceso de cambio o proporcionar principios para generar un cambio sistémico. Finalmente, las teorías pueden surgir a través de la acción, y la construcción de teorías puede apuntar a comprender y/o mejorar la acción misma. Estos son teorías ideales que, en realidad, no tienen límites claros entre ellas, sino un grado de enfoque en los que tienen hacia la explicación o hacia la acción.

Tabla 3

Teorías de sostenibilidad de diferentes tipos y para diferentes propósitos

Propósito general	Propósito específico	Descripción	Ejemplo
Explicación	Enmarcar o guiar un proceso de investigación.	La teoría o marco destaca un conjunto de variables que han demostrado ser relevantes para explicar un fenómeno específico, indica relaciones de alto nivel entre los elementos del sistema y respalda el desarrollo y la prueba de hipótesis.	El marco de sistemas socio ecológicos (SES): identificación de un conjunto común de variables que influyen en la probabilidad de autoorganización en el uso y la gestión de los recursos locales (Ostrom, 2009). Teoría del acceso que identifica los factores que influyen en cómo los actores acceden a los recursos naturales (Ribot & Peluso, 2009).

Propósito general	Propósito específico	Descripción	Ejemplo
	Especificación de factores o mecanismos causales	Teoría que propone un mecanismo causal para explicar un fenómeno	Trampas de pobreza multinivel: Comprender los mecanismos causales que generan trampas de pobreza y predecir los resultados de posibles intervenciones (Radosavljevic et al., 2021). Mecanismos que explican los callejones sin salida de la gobernanza para la adaptación (Sieber et al., 2018).
	Predicción del comportamiento del sistema	Teoría utilizada para formular resultados esperados o resultados de un proceso. Las teorías especifican un conjunto preciso de condiciones bajo las cuales uno u otro resultado puede ser más probable (observando que a menos que el conjunto de condiciones sea exhaustivo, esto sigue siendo una predicción tentativa, no una 'ley')	Teoría que especifica las condiciones bajo las cuales la intensificación del uso de la tierra puede dar lugar a un efecto de conservación de la tierra frente a un efecto de rebote (V. Rodríguez et al., 2020).
	Sintetizando el conocimiento	Teoría que sintetiza el conocimiento disponible de un fenómeno particular y lo pone a disposición para la investigación, por ejemplo, mediante la identificación de un conjunto de vías estilizadas típicas clave que pueden resumir gran parte de la realidad empírica.	Teorías de la transición forestal (Meyfroidt & Lambin, 2011). Arquetipos de sistemas socioecológicos y su dinámica (Sietz et al., 2019). Teorías del colapso (Cumming & Peterson, 2017).
	Explicar transiciones o transformaciones.	Teorías y marcos que proponen elementos y procesos clave y sus interacciones entre niveles en transiciones sociotécnicas o transformaciones socioecológicas	Perspectiva de varios niveles (Geels, 2007). Transformaciones socio-ecológicas (Moore et al., 2014).
	Enmarcar o guiar transiciones o transformaciones	Teorías y marcos que se enfocan en las interdependencias de instituciones, tecnologías, mentalidades y actores para dirigir sistemas complejos hacia la sostenibilidad.	Puntos de apalancamiento: identifique las causas fundamentales de la falta de sostenibilidad y los ámbitos de los puntos de apalancamiento para apoyar las intervenciones de sostenibilidad transformadora (Abson et al., 2017).
	Intervenciones informativas	Teorías utilizadas para desarrollar una teoría del cambio que especifica cómo una intervención en algunas variables específicas podría permitir obtener los resultados deseados.	Cadenas causales de resiliencia: teorías SES complejas utilizadas para diseñar una teoría de cambio para capturar la complejidad de las normas de género del hogar y la resiliencia para informar las intervenciones para desarrollar capacidades de resiliencia en los hogares (Anderson, 2018).
Acción	Proporcionar principios para generar un cambio	Teorías utilizadas para enmarcar los procesos de cambio, especialmente en las organizaciones (como las	Teoría de la gestión para la sostenibilidad (Etzion, 2018).

Propósito general	Propósito específico	Descripción	Ejemplo
	sistémico, especialmente en las organizaciones.	empresas) a través de principios de gestión que funcionan en todos los contextos organizacionales.	Teoría de la acción robusta aplicada a las transformaciones de la sostenibilidad (Ferraro et al., 2015).
	Informar los procesos de acción y cambio en contextos locales con múltiples actores a través del aprendizaje	Teorías que surgen a través de la coproducción de conocimiento y metodologías transdisciplinarias que involucran a múltiples actores y se basan en teorías más amplias de aprendizaje individual y social con el objetivo de empoderar y habilitar a los actores para crear cambios en su propio nombre.	Evaluaciones de resiliencia para coproducir la comprensión de la dinámica del sistema para las opciones de respuesta colaborativa (Goffner et al., 2019; Meyers et al., 2015).

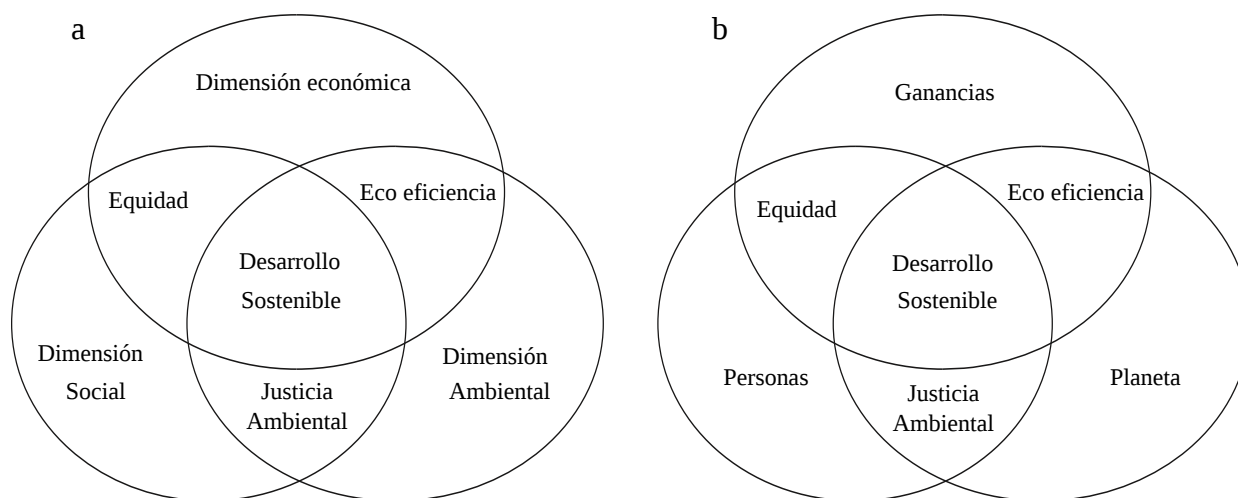
Nota. Tomado de de "Why care about theories? Innovative ways of theorizing in sustainability science" por M. Schlüter, G. Caniglia, K. Orach, Ö. Bodin, N. Magliocca, P. Meyfroidt y B. Meyers, 2022, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 54, 101154 (<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101154>).

En este espectro teórico de la sostenibilidad, se puede identificar que la presente investigación se enmarca en las teorías de la gestión para la sostenibilidad, las cuales se ubican en los propósitos orientados a la acción y buscan específicamente orientar procesos de cambio en las organizaciones basados en los principios de la gestión.

La sostenibilidad empresarial se entiende como la capacidad de generar recursos para compensar los factores de producción, reponer activos usados e invertir para seguir compitiendo (Barbieri et al., 2010). Desde este punto de vista, la superposición de las dimensiones de la sostenibilidad da origen a nuevos elementos como la equidad, la eco eficiencia y la justicia ambiental (ver Figura 5(a)), estas interrelaciones en el ámbito organizacional ponen en diálogo las ganancias, las personas y el planeta (ver Figura 5(b)). En este sentido, la sostenibilidad en las empresas implica compartir ganancias con las personas (equidad, responsabilidad social), tener producción limpia (ecoeficiencia) y propender por la distribución equitativa de las cargas y beneficios ambientales entre todas las personas de la sociedad (justicia ambiental).

Figura 5

Modelo de sostenibilidad de triple resultado de Elkington. Superposición de las dimensiones de la sostenibilidad en términos generales (a) y en las organizaciones (b)



Nota. Adaptado de "Creating and Capturing Value Through Sustainability: The Sustainable Value Analysis Tool A new tool helps companies discover opportunities to create and capture value through sustainability" por M. Yang, D. Vladimirova y S. Evans, 2017, *Research-Technology Management*, 60(3), p. 30-39 (<https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1301001>).

Los intentos de desglosar esta definición en un contexto organizacional durante las últimas dos décadas han encontrado tres factores prominentes de la sostenibilidad corporativa: ambiental, social y económico (Cunha et al., 2021). Los tres factores deben integrarse en el negocio para que la organización logre un progreso real, por lo tanto, para que las empresas puedan atender estas tres dimensiones, implica lo siguiente:

Dimensión social: preocupación por los impactos sociales de la organización en las comunidades humanas dentro y fuera de la organización (desempleo, exclusión social, pobreza, diversidad organizacional, etc.).

Dimensión ambiental: preocupación por los impactos ambientales derivados del uso de los recursos naturales y las emisiones contaminantes.

Dimensión económica: preocupación por la eficiencia económica, sin la cual no se perpetuarían. Para las empresas, esta dimensión significa obtener utilidades y generar ventajas competitivas en los mercados donde operan (Barbieri et al., 2010).

El concepto de sostenibilidad requiere considerar aspectos ambientales, sociales y económicos (el triple resultado). Esto se mide a través de indicadores clave de rendimiento financieros y no financieros. Por ejemplo, la Iniciativa de Reporte Global (GRI) es el estándar internacionalmente aceptado y ayuda a las empresas a medir y comunicar su desempeño en sostenibilidad (Nassos & Avlonas, 2020). Por lo tanto, la sostenibilidad corporativa va más allá del cumplimiento y la filantropía, pues prosperar en un mundo dinámico requiere incorporar un conjunto ampliado de responsabilidades hacia varias partes interesadas en las propuestas de valor centrales de las empresas (Engert et al., 2016). En razón a esto, las empresas han comenzado a incorporar la sostenibilidad a su proceso de toma de decisiones por las siguientes razones (Dhanda & Shrotryia, 2021):

- *Gobernanza*: las presiones por sistemas transparentes de información y presentación de informes, las decisiones organizacionales en línea con la jurisdicción gubernamental, y el aumento de las relaciones entre múltiples partes interesadas, ha estado apuntando hacia la adopción de modelos comerciales sostenibles.
- *Perspectiva de los accionistas*: los inversionistas ven el desempeño de sustentabilidad de la empresa como un indicador de su desempeño general y consideran la longevidad, impacto ambiental e impacto social primordiales para un negocio. Por otro lado, los consumidores también están presionando para que se preste más atención a las preocupaciones éticas y ambientales de las empresas.
- *Red de alianzas*: hoy en día, las organizaciones se asocian entre sí, con ONG, con líderes comunitarios y con gobiernos para construir conocimiento, experiencias, y legitimidad, que permita alinear las acciones de las empresas con preocupaciones de sostenibilidad, creando así valor compartido para todos los interesados. La asociación de las empresas con sus grupos de interés ayuda a crear sinergias que les permiten ser social y económicamente sostenibles.

Pese a estas ventajas, la adopción de prácticas de producción verde por parte de las empresas tiene cuatro obstáculos que fueron identificados por Walker & Lloyd (2011):

- 1) Percepciones de mínimo impacto ambiental de sus actividades.
- 2) Falta de argumentos comerciales convincentes para el cambio.
- 3) La orientación de las políticas gubernamentales hacia las grandes empresas.

4) Alta resistencia al cambio.

Las empresas deben hacer todo lo posible por superar estas limitaciones, pues la ventaja competitiva depende de la sostenibilidad, es decir, la ventaja competitiva depende del compromiso de alto nivel para crear valor para las partes interesadas y dejar un legado positivo para las generaciones futuras (Dhanda & Shrotryia, 2021). Estas limitaciones hacen parte de los desencadenantes de la llamada “crisis de sostenibilidad corporativa”, definida como aquellos eventos no rutinarios desencadenados por problemas de sostenibilidad en un sentido amplio (ambientales, sociales y económicos) que pueden causar graves daños a la empresa y/o a sus grupos de interés, acompañados de un alto nivel de incertidumbre y un margen de maniobra empresarial cada vez más reducido en el tiempo (Grunwald & Fischer, 2022).

Por otro lado, se han reconocido dimensiones organizacionales clave para la integración de la sostenibilidad, las cuales se describen a continuación según la revisión de (Nguyen & Kanbach, 2023):

Capital: incluye el capital humano (conocimientos y habilidades de los empleados), capital organizacional (sistemas de gestión), capital social y relacional (redes internas y externas), y capital financiero (Brix-Asala et al., 2021; Douglas et al., 2022; Reihlen et al., 2022; Roy & Shaw, 2022).

Capacidades: se refiere a las capacidades dinámicas y de innovación de la organización para adaptarse y generar cambios orientados a la sostenibilidad (Butkouskaya et al., 2021; Verdecho et al., 2021).

Infraestructura: sistemas de información, logística y otros que facilitan compartir y utilizar datos sobre sostenibilidad (Ferrari et al., 2021; Sanchez-Planelles et al., 2022).

Procesos de negocio: incluye el diseño de productos y servicios, producción y operaciones, y gestión de la cadena de suministro (Huang et al., 2020; Sadiq et al., 2021; Udokporo et al., 2021).

Actores: diferentes grupos que participan en la integración de la sostenibilidad como empleados, gerentes, socios comerciales y comunidades (Kücükgül et al., 2022; Wolff et al., 2020).

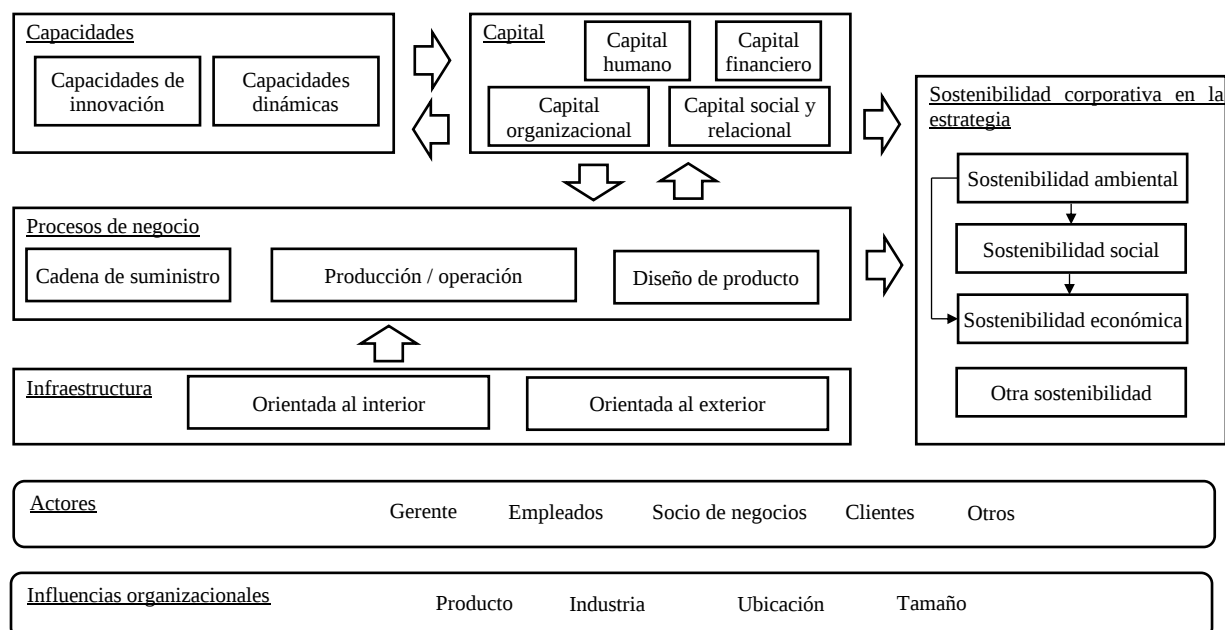
Influencias organizacionales: características como industria, ubicación y tamaño que condicionan las estrategias de integración (Luederitz et al., 2021; Widjojo et al., 2020).

Factores de sostenibilidad: ambiental, social y económico, que determinan el foco de la estrategia (Nguyen & Kanbach, 2023).

Según Nguyen & Kanbach (2023) existen varias interrelaciones importantes entre estas dimensiones para la integración de la sostenibilidad. El éxito en integrar la sostenibilidad en los procesos de negocio depende del capital y las capacidades organizacionales. Por ejemplo, el compromiso de los empleados (capital humano) refuerza la integración en producción, y las capacidades dinámicas permiten ajustar la cadena de suministro según cambios ambientales y sociales. A su vez, la infraestructura para compartir datos de sostenibilidad apoya estrategias en todas las dimensiones, desde desarrollar empleados hasta operaciones sostenibles, pero se requiere concientización para utilizar efectivamente la información disponible. También, los procesos de negocio están interconectados, por lo que la sostenibilidad debe integrarse en todas las funciones para generar un panorama integral. Finalmente, el capital, las capacidades y los procesos de negocio están estrechamente vinculados. Las actividades que involucran una amplia gama de ellos requieren monitoreo cercano.

Figura 6

Una visión integrada de la sostenibilidad corporativa en la estrategia



Nota. Adaptado de "Toward a view of integrating corporate sustainability into strategy: A systematic literature review" por H. L. Ca Nguyen y D. K. Kanbach, 2023, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, csr.2611 (<https://doi.org/10.1002/csr.2611>).

En la figura 6 y en la visión de Nguyen & Kanbach (2023) se evidencia que la integración de la sostenibilidad corporativa en la estrategia organizacional es fundamental para avanzar en sostenibilidad, ya que la estrategia considera impactos a largo plazo y abarca aspectos como la visión corporativa, el gobierno y la cultura organizacional. Existe un creciente interés académico en estudiar esta integración estratégica de la sostenibilidad, con un marcado aumento de publicaciones. Sin embargo, se requiere una visión integral que considere las interrelaciones entre las múltiples dimensiones organizacionales involucradas.

En el estudio de la sostenibilidad desde la gestión de las organizaciones, Etzion (2018) argumenta que la teoría de la gestión ha sido pluralista y, en general, se ha enfocado en estudiar los aspectos sociales de la organización y menos en la forma como ésta interactúa con su entorno (sistemas físicos y naturales). En efecto, este autor concluye que las teorías de la gestión han abordado las organizaciones desde diferentes perspectivas: como máquinas que deben diseñarse y ejecutarse para lograr un rendimiento óptimo, culturas o mini sociedades imbuidas en valores, normas y mitos; como cerebros que procesan información, toman decisiones y aprenden; como sistemas políticos en los que predomina el control, el poder e intereses individuales y grupales; o desde perspectivas ecológicas en las que las organizaciones son especies que deben encajar y sobrevivir en el entorno.

En el marco de esta pluralidad, De La Rosa (2021) concluye que estudiar la sostenibilidad desde las teorías organizacionales implica su uso combinado para comprender las relaciones, elementos, capacidades, ambientes y contextos que conforman las empresas y que explican el desarrollo y evolución socio ambiental de la empresa que se esté estudiando. Esto es posible comprenderlo en la Figura 3, donde se plasman las principales teorías organizacionales con sentido de sostenibilidad, sus aportes relevantes frente a la sostenibilidad y su ubicación en el camino hacia un enfoque ecológico. El enfoque ecológico es una visión abierta y adaptativa en la atención de la responsabilidad socio ambiental, las capacidades para atender y recibir las influencias del ambiente, las tensiones para obtener recursos en la organización y la flexibilidad estructural necesaria para enfrentar cambios estratégicos (Díaz, 2013; Fernández, 2009).

La Figura 7 permite comprender que los enfoques teóricos parten desde la cultura ecológica en un nivel interno de organización de puestos y actividades relacionadas con la gestión ambiental y van adquiriendo un mayor enfoque hacia el establecimiento de estrategias y estructuras que se

el rechazo a apegarse a valores y objetivos. Esta perspectiva ve la sostenibilidad no sólo como una estrategia para aumentar ganancias, sino como una forma auténtica de hacer negocios equilibrando deseos personales e intereses públicos. La mentalidad budista que fomenta es tan importante como las métricas y resultados de sostenibilidad.

En conjunto, siguiendo la revisión de Sanchez-Planelles et al. (2020), la investigación sobre sostenibilidad corporativa se puede clasificar en varios campos o conceptos, incluyendo:

- **Sostenibilidad holística:** se refiere a políticas de largo plazo que abarcan acciones sostenibles para rediseñar la interacción de la empresa con sus grupos de interés. Puede generar una cultura sostenible transversal en la empresa.
- **Modelos de negocio sostenibles:** modelos de negocio que crean ventaja competitiva a través de un valor superior para el cliente y contribuyen al desarrollo sostenible de la empresa y la sociedad. Pueden dar lugar a nuevos productos, servicios y fuentes de ingresos sostenibles.
- **Metodologías sostenibles:** metodologías y herramientas diseñadas para ayudar a los gerentes a mejorar el desempeño y la sostenibilidad de la empresa. Pueden proporcionar guías y pasos para implementar la sostenibilidad.
- **Operaciones sostenibles:** actividades y procesos de negocio que reducen el impacto ambiental en áreas específicas de la organización. Pueden reducir costos, mejorar procesos o reducir impactos ambientales.
- **Innovación orientada a la sostenibilidad:** combina dos o más conceptos para mejorar la sostenibilidad corporativa. Puede generar mejoras ambientales, sociales y económicas.

Estos enfoques combinados sugieren que su implementación combinada puede ayudar a las empresas a volverse más sostenibles y rentables. La integración de la sostenibilidad en la estrategia y operaciones puede mejorar el desempeño a largo plazo.

2.2.1. Sostenibilidad en el sector de la construcción

La construcción sostenible puede definirse como, “el acto de diseño, ejecución, operación y deconstrucción de edificios con base a consideraciones ambientales, limitaciones económicas, aspectos sociales y eficiencia energética” (Rafiei & Adeli, 2016, p. 643). Esta ha sido una

preocupación frecuente en el siglo XXI en el marco del cambio climático, puesto que los edificios consumen energía, recursos y pueden afectar la calidad del aire y el agua en las zonas urbanas (Vyas et al., 2014). Como se observó en la sección anterior, la sostenibilidad es un concepto holístico y sus tres pilares (ambiental, económico y social) deben considerarse conjuntamente. Este movimiento requerirá incorporar en el proyecto nuevas perspectivas sobre el ahorro de materiales y costos de construcción, junto con una selección adecuada de las propiedades de los materiales y una cuidadosa consideración de las sinergias de la construcción con las comunidades e industrias locales, siendo lo más respetuoso posible con el medio ambiente (Regúlez et al., 2023).

La construcción sostenible abarca la búsqueda simultánea de una equidad social equilibrada, calidad ambiental y prosperidad económica (personas, planeta y ganancias) en el entorno construido, de tal manera que satisfaga las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para responder a sus demandas de un entorno construido sostenible. En este sentido, las empresas de construcción deben ocuparse de los recursos naturales finitos (energía, materiales, agua) y los límites creados por el hombre, que están relacionados con el desarrollo, la difusión, la accesibilidad, la adopción y el estado de implementación de la tecnología y el conocimiento (van Egmond, 2012). La combinación de aspectos económicos, sociales y ambientales permite clasificar los proyectos de acuerdo con su contribución al desarrollo sostenible, ya sea en extremo que beneficie a la empresa o beneficie a la sociedad (W. Wang, 2021):

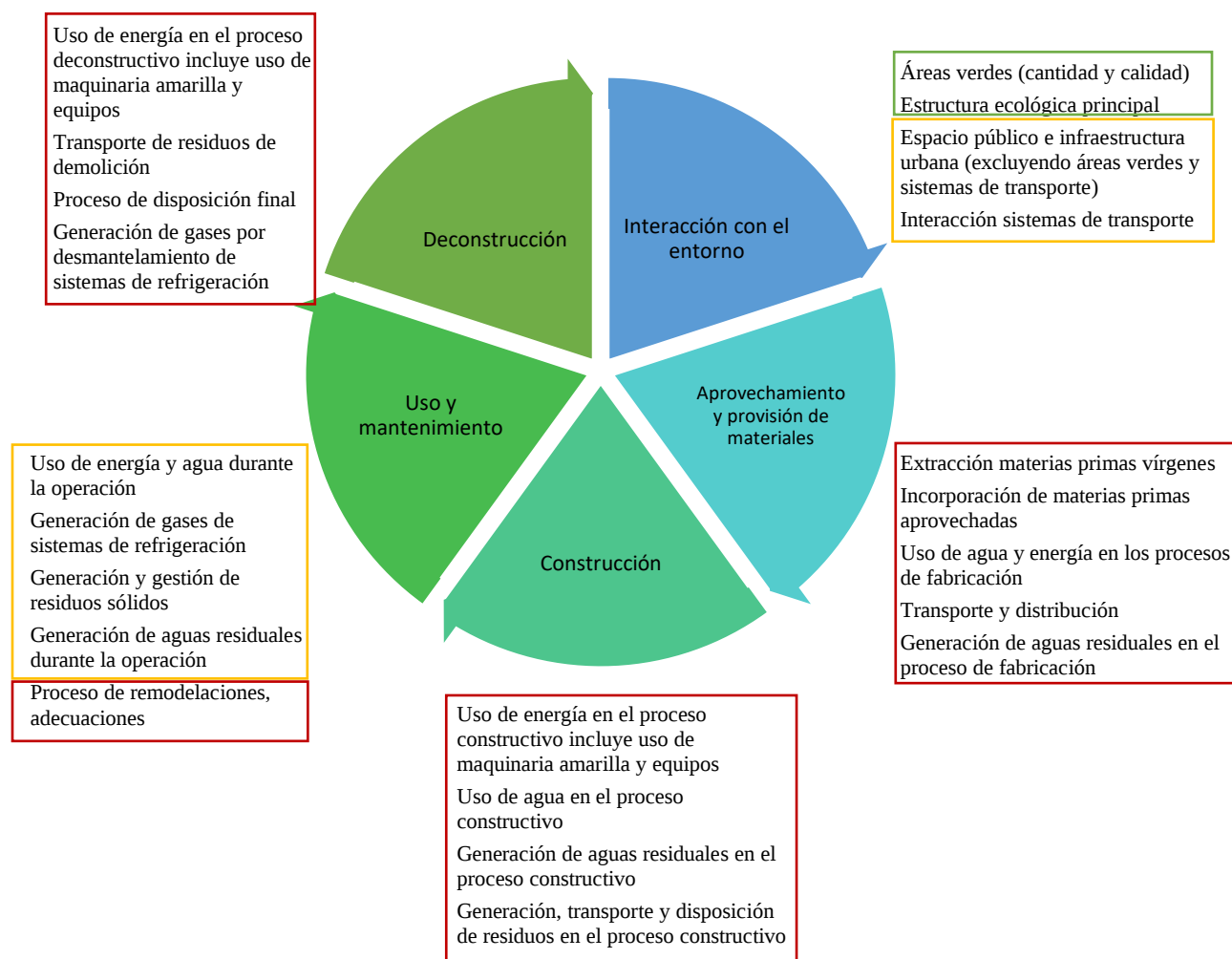
- Un proyecto exclusivamente comercial que genere ingresos para la empresa, pero que no aporte beneficios directos significativos a la sociedad.
- Proyecto de beneficio social: un proyecto en el que una sociedad, en mayor medida, es la beneficiaria.
- Gestión de proyectos de construcción sostenible, el proyecto preferido que beneficia a ambas partes.
- La gestión de proyectos de construcción insostenible que, en comparación con otros, no aporta crecimiento de beneficios.

El sector de la construcción tiene diferentes impactos ambientales según el uso de los recursos y las emisiones de carbono asociadas al proceso de construcción, operación y

deconstrucción (Regúlez et al., 2023). Como se observa en la Figura 8, el ciclo de vida de las edificaciones tiene inmersas algunas emisiones de carbono embebido asociado a los materiales utilizados, el proceso de construcción y deconstrucción, emisiones de carbono operacional durante la habitación de personas y su interacción con el entorno, y algunas absorciones de emisiones cuando existen áreas verdes y una estructura ecológica principal.

Figura 8

Emisiones generadas o absorbidas en el ciclo de vida de las edificaciones.



Nota. Las emisiones que están en el recuadro rojo están asociadas a carbono embebido, las encerradas en recuadro amarillo a carbono operacional y las encerradas en recuadro verde a absorción de emisiones. Adaptado de "Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono" por Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2022.

La selección de materiales, la eficiencia estructural y un diseño conceptual sólido son aspectos clave para la sostenibilidad (Regúlez et al., 2023). La selección de materiales debe considerar sus propiedades de sostenibilidad (factores de emisiones de CO₂) y disponibilidad local. Materiales como hormigón con contenido reducido de clínker, acero reciclado o madera tienen menor impacto. La eficiencia estructural, minimizando las cantidades de material, es fundamental. Soluciones como losas con ábacos o reticulares en edificios o el uso de HPFRC en puentes permiten reducciones significativas de CO₂. Un buen diseño conceptual sólido desde etapas iniciales permite tomar decisiones clave que gobiernan la sostenibilidad del proyecto. La elección de tipología, luces y materiales debe considerar la eficiencia estructural (Regúlez et al., 2023).

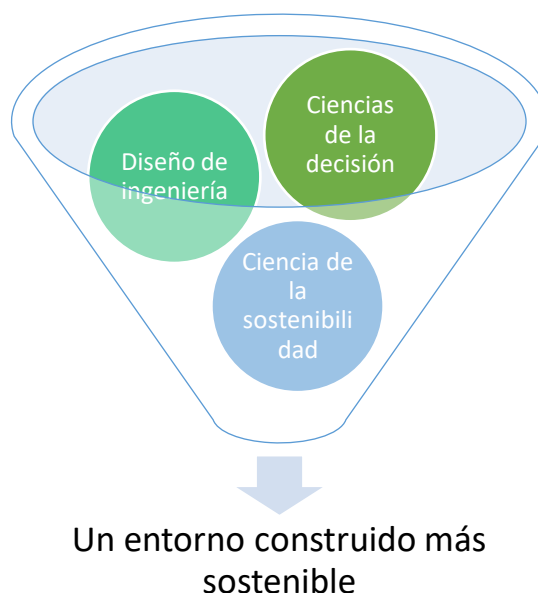
La sostenibilidad en la construcción depende de la combinación interdisciplinaria y aplicada de la ingeniería del diseño, ciencias de la decisión y ciencias de la sostenibilidad, lo cual permite obtener un entorno construido más sostenible (ver Figura 9). Una edificación sostenible, en el marco de las dimensiones ya conocidas de la sostenibilidad, es viable desde el punto de vista económico, vivible desde el punto de vista ambiental y equitativa desde el punto de vista social. Como se puede observar en la Figura 10, la construcción sostenible es aquella que es eficiente y racional con el uso de energía y desechos, otorga inclusión, confort y salud a las personas, genera empleo, es asequible y desarrolla innovaciones.

En coherencia con estas dimensiones, en el trabajo de Ershadi & Goodarzi (2021) se establecieron las capacidades básicas para lograr una gestión sostenible de proyectos de construcción. Estas son:

- *Capacidades ambientales*: como el reciclaje de residuos, la conservación de recursos, el uso de materiales renovables, el diseño sostenible, la minimización de ruido y el control de la erosión. Se enfocan en minimizar el impacto ambiental tanto en la ejecución del proyecto como en el producto final.
- *Capacidades económicas*: como la resiliencia de la infraestructura, el apoyo a proveedores locales y pequeños, la mejora de la productividad, el cumplimiento de entregas, el aseguramiento de la calidad, la adopción de tecnologías avanzadas. Buscan la eficiencia económica tanto en los procesos como en los productos.

Figura 9

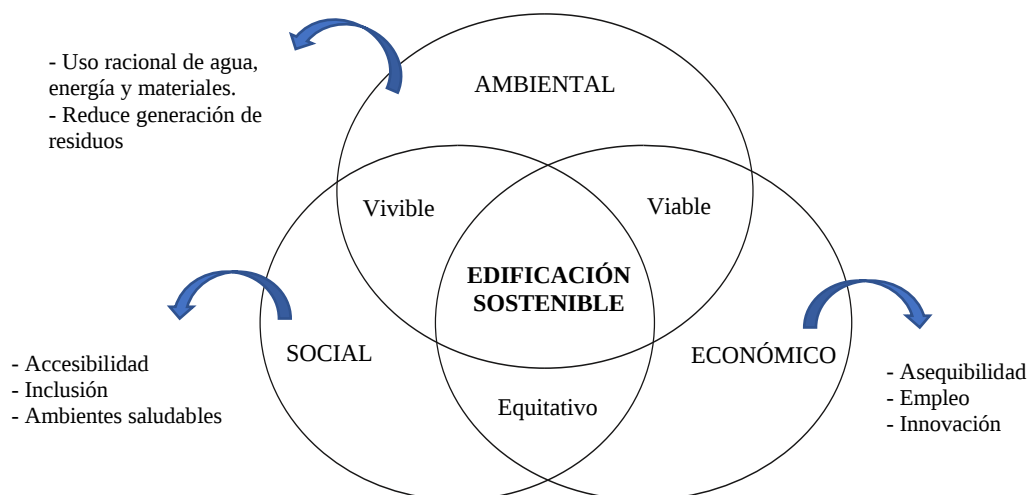
Construcción sostenible convergente e interdisciplinaria.



Nota. Adaptado de "Beyond rationality in engineering design for sustainability" por L. Klotz, E. Weber, E. Johnson, T. Shealy, M. Hernandez y B. Gordon, 2018, *Nature Sustainability*, 1(5), p. 225-233 (<https://doi.org/10.1038/s41893-018-0054-8>).

Figura 10

Dimensiones de una edificación sostenible

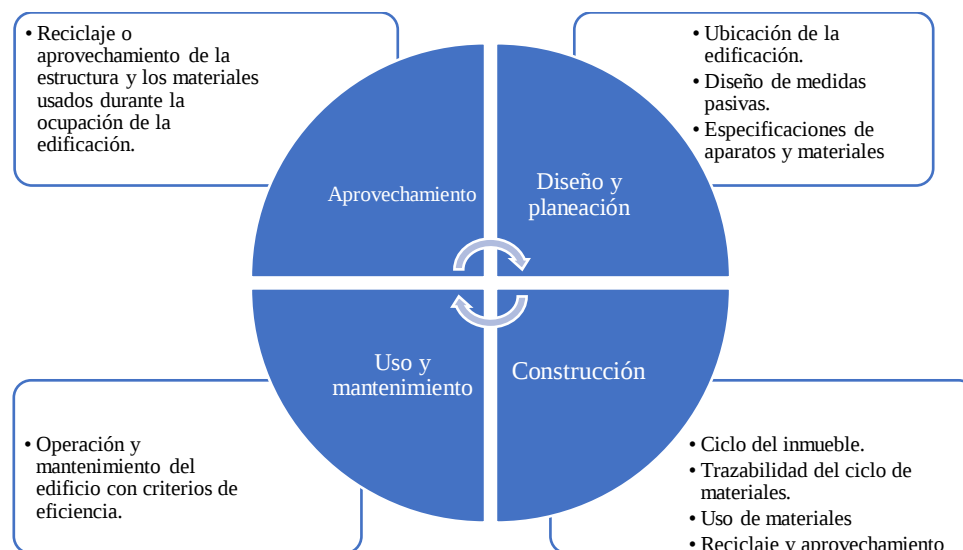


Nota. Adaptado de "CONPES 3919. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles" por DNP, 2018, Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica y Social (<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3919.pdf>).

- *Capacidades sociales*: como el cumplimiento de leyes laborales, la seguridad, la concienciación en sostenibilidad, la conducta ética, la adaptabilidad, la mejora de la calidad de vida, el apoyo público, la diversidad. Apuntan a generar beneficios sociales y satisfacer las necesidades de los stakeholders.
- Otras capacidades importantes son el intercambio de conocimientos, la realización de estudios de viabilidad social, la consideración del patrimonio cultural, y la satisfacción del cliente.

La relación de la construcción con la sostenibilidad es necesario comprenderla desde el punto de vista del ciclo de vida de las edificaciones. Para lograr una gestión sostenible de los proyectos de construcción, es necesario adoptar las perspectivas de análisis del ciclo de vida y costeo del ciclo de vida en todas las etapas de diseño, planificación, adquisición, construcción, puesta en marcha y entrega. Los requisitos de sostenibilidad ambiental deben recopilarse, documentarse e incorporarse en el diseño de ingeniería y la especificación del producto. Una mayor eficiencia energética, la minimización de residuos y la reducción de riesgos ambientales deben planificarse antes de la etapa de construcción para controlar los impactos en los hábitats naturales y los ecosistemas (W. Wang, 2021).

Teniendo en cuenta un enfoque lineal de la cadena de valor de la construcción, la cual va desde la extracción, fabricación, hasta la construcción, con la consecuente generación de residuos y gasto de energía. Ahora bien, desde un enfoque de economía circular y de ciclo de vida del producto, la Figura 11 muestra cómo se pueden utilizar y optimizar recursos y residuos en pro de la eficiencia y la reducción de impactos ambientales en el uso de recursos y la generación de emisiones y residuos. La construcción sostenible aplica los principios del desarrollo sostenible en el ciclo de vida de un edificio, lo que abarca desde la extracción de la materia prima, pasando por la producción del material de construcción, planificación de la obra, uso de recursos, destrucción de la construcción y gestión de desechos (Mero et al., 2018)

Figura 11*Ciclo de vida de las edificaciones*

Nota. Adaptado de "CONPES 3919. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles" por DNP, 2018, Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica y Social (<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3919.pdf>).

En Colombia se han establecido unos lineamientos generales de sostenibilidad para las edificaciones (ver Tabla 4). Para la sostenibilidad social se han propuesto procesos de planeación incluyente y la promoción de la equidad y la accesibilidad. En los criterios de sostenibilidad ambiental para el territorio resultan relevantes la localización, movilidad y adaptación al cambio climático y desastres. En los criterios de sostenibilidad ambiental de las edificaciones es relevante la eficiencia del agua, eficiencia de energía, manejo de materiales y recursos y calidad del ambiente interior. Estos criterios enmarcan lo que en Colombia se espera que las construcciones cumplan para considerarse sostenibles, por lo tanto, se convierten en un conjunto de hitos a cumplir dentro de los procesos de innovación para la sostenibilidad.

Tabla 4*Lineamientos generales de sostenibilidad para el sector de las edificaciones*

Criterios de sostenibilidad social
1. Proceso de planeación incluyente
1.1 Socializa y/o promueve la participación de la comunidad vecina sobre el proyecto que se va a desarrollar
2. Componente de equidad y accesibilidad
2.1 Promueve capacitaciones en temas ambientales a empleados y usuarios
2.2 Socializa a través de medios pedagógicos el reglamento de propiedad horizontal y el manual de usuario de las viviendas
2.3 Inmueble asequible a la población objetivo del proyecto

2.4 Facilita el acceso a personas de la tercera edad y/o en condición de movilidad reducida: Accesibilidad universal
2.5 Propende por la vinculación de trabajadores locales en el proyecto
Criterios de sostenibilidad ambiental para el territorio
3. Localización
3.1 Cumple con lo establecido en los planes de ordenamiento territorial para no intervenir la estructura ecológica principal y lograr que los nuevos desarrollos no impacten zonas o elementos ambientalmente protegidos (para evitar mayores alteraciones en la intervención de ecosistemas)
3.2 Proyecto con usos mixtos que garantice los equipamientos sociales y usos complementarios a la vivienda
4. Movilidad
4.1 Garantiza accesibilidad vial, al transporte público y a la infraestructura de transporte no motorizado (ciclorrutas, pasos peatonales)
4.2 Garantiza instalaciones adecuadas para bicicletas (estacionamientos seguro con y baño y/o ducha para usuarios)
4.3 Prioriza áreas libres para peatones y zonas verdes de esparcimiento en superficie
4.4 Incluye instalaciones para el uso de tecnologías vehiculares de bajas y cero emisiones
4.5 Prioriza sitios de estacionamiento para vehículos compartidos y vehículos de bajo impacto ambiental
5. Gestión ambiental y resiliencia (Adaptación y mitigación del cambio climático)
5.1 Desarrolla procesos de prevención de la contaminación en el proceso de construcción
5.2 Implementa sistemas de drenaje sostenible y/o sistema pluvial natural integrado al proyecto
5.3 Incorpora medidas para la reducción del efecto de isla de calor (superficies verdes en piso y techo, adoquines permeables, entre otros)
Criterios de sostenibilidad ambiental para la edificación
6. Eficiencia en agua
6.1 Utiliza sistemas de riego eficiente
6.2 Reduce el consumo de agua conforme los estándares definidos
6.3 Implementa sistemas para la recolección y uso de aguas lluvias, y reutilización de aguas grises, y cuando sea posible, negras
7. Eficiencia en energía
7.1 Reduce el consumo de energía en el interior de la edificación conforme a los estándares que sean definidos.
7.2 Utilizo equipos y accesorios energéticamente eficientes. según los criterios que se definan (iluminación, refrigeración y fuerza motriz)
7.3 Reduce la contaminación lumínica
7.4 Instala dispositivos de medición avanzada de consumos de energía eléctrica [medición inteligente] y uso de sistemas de automatización y control
7.5 Uso de fuentes no convencionales de energía (energías renovables)
7.6 Implementa mecanismos de optimización energético en sistemas de tratamiento de agua (Bombas, manejo de lodos, sistemas anaeróbicos y aeróbicos, entre otros)
7.7 Uso métodos constructivos con bajos consumos de energía (y bajas emisiones GEI y material particulado) en su proceso de ejecución
7.8 Aprovecha la iluminación natural para reducir consumos de energía
8. Manejo de materiales y recursos
8.1 Usa contenedores de almacenamiento y recolección de productos reciclables dentro de la obra
8.2 Planifica la gestión de residuos de construcción y demolición [RCDJ [Sitios de disposición final certificados)
8.3 Prioriza fuentes de materias primas de la región
8.4 Prioriza la utilización de productos y/o materiales diseñados para ser reusados, reciclados o compostados
8.5 Prioriza el aprovechamiento y revalorización de residuos de construcción y demolición con potencial de reutilización (Uso de escombros y diversos materiales) en función de la infraestructura y mecanismos por este fin
8.6 Selecciona materiales de origen legal (material maderable y pétreos]
8.7 Prioriza el uso de materiales de construcción con bajos consumos de energía (y bajas emisiones] en su proceso de fabricación
Criterios de sostenibilidad ambiental para la edificación
9. Calidad de ambiente interior
9.1 Prioriza la ventilación y luz natural (Diseño bioclimático)
9.2 Utiliza materiales de baja emisión de partículas orgánicas volátiles al interior
9.3 Garantiza condiciones de entorno, diseño y materiales que generen confort térmico a los ocupantes

9.4 Garantiza las condiciones para el adecuado desempeño acústico

Nota. Adaptado de "CONPES 3919. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles" por DNP, 2018, Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica y Social (<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3919.pdf>).

En edificaciones la construcción sostenible busca la reducción del consumo de energía y el desarrollo de prácticas ecológicas. En el primer caso se han incorporado diseño solar pasivo como forma eficiente para proporcionar calor y ventilación, combinación de fuentes de energía renovable, plantas de cogeneración, reducción de la energía consumida para la construcción (desde los materiales hasta la demolición) y, concepto de cero neto, que es la capacidad de los edificios de generar la totalidad de las necesidades energéticas anuales. En el segundo caso, las prácticas ecológicas en edificaciones han incorporado materiales verdes (reciclados, que preservan los recursos naturales), diseño mecánico eficiente y sistemas estructurales innovadores para soportar vientos, terremotos, reducción del peso, entre otros (Rafiei & Adeli, 2016). Con este tipo de prácticas sostenibles se logran efectos ambientales positivos como la reducción de emisiones de carbono, que es un objetivo de sostenibilidad mundial y una mayor calidad del entorno envolvente.

Los desafíos de sostenibilidad en la construcción implican la adopción de nuevos avances tecnológicos para revolucionar los entornos construidos y así reducir la dependencia de la producción de energía basada en el carbono, por ejemplo, por medio de paneles solares en los techos, células fotovoltaicas y nanopartículas integradas en materiales y componentes de construcción como hormigón, tejas, vidrio y pinturas, micro generadores de energía eólica y geotérmica, bombas de calor y nuevos sistemas de aire acondicionado y ventilación de alta eficiencia, iluminación LED, edificios inteligentes, y sistemas de gestión y sensores que recopilan y analizan datos y ajustan la configuración de los edificios en tiempo real para optimizar el uso de energía, etc. (Levy, 2016). También se han propuesto edificios más altos, re concebidos como ciudades jardín urbanas verticales, que utilizan los recursos de manera más eficiente y aumentan la densidad urbana para reducir la dependencia del automóvil y el consumo de energía (Al-Kodmany, 2018).

La construcción sostenible presenta algunos desafíos para llevarse a cabo: mayores costos de los procesos y materiales de construcción sostenible, tecnicismos del proceso de construcción, largos procesos burocráticos, falta de familiaridad con la tecnología sostenible, conciencia inadecuada y falta de información sobre productos sostenibles. Estos se describen en la Tabla 5.

Tabla 5*Desafíos para la construcción sostenible*

Desafío	Descripción
Mayores costos de los procesos y materiales de construcción sostenible	El coste estimado de la construcción sostenible oscila entre un 1 % y un 25 % más que la construcción convencional (Dwaikat & Ali, 2016; N. Wang et al., 2010). El mayor costo es el resultado de la complejidad del diseño junto con el modelado y las prácticas ecológicas (Wu et al., 2019). El uso de materiales de construcción sostenibles cuesta entre un 3% y un 4% más que el uso de materiales de construcción tradicionales (Zhang, Platten, et al., 2011; Zhang, Shen, et al., 2011). El alto costo de la construcción ha sido calificado como la principal barrera para la construcción ecológica durante las últimas décadas (Hu & Skibniewski, 2021).
Tecnicismos del proceso de construcción	Los procesos involucrados en la construcción de edificios sostenibles pueden ser demasiado complejos, ya que pueden estar asociados con tecnologías y procedimientos de construcción complicados (Wu et al., 2019).
Largos procesos burocráticos	El proceso burocrático para aceptar el uso de tecnologías nuevas y modernas en proyectos de construcción podría aumentar el tiempo de finalización del proyecto (Graeber, 2015). También se han descrito largos procesos de aprobación por los que debe pasar la gerencia para buscar la aceptación de los procesos de construcción para sus proyectos (Zhang, Platten, et al., 2011; Zhang, Shen, et al., 2011).
Falta de familiaridad con la tecnología sostenible	Los equipos de gestión de proyectos de construcción parecen tener muy poco conocimiento sobre los materiales y procesos de construcción sostenible (Silvius et al., 2012). De esta manera, la falta de familiaridad con las tecnologías sostenibles afecta negativamente el resultado y el desempeño general del proyecto (Darko et al., 2018).
Conciencia inadecuada	Existe la noción convencional de cómo se debe construir un edificio, pero muchos constructores no quieren participar en la construcción sostenible debido a los riesgos percibidos (Kibert, 2016). La adopción de auditorías ambientales, que es una práctica de construcción sostenible beneficiosa, en su mayoría no se realiza debido a la falta de comprensión (Agyekum et al., 2019). También hay una educación pública inadecuada sobre las ventajas de la construcción sostenible debido a la escasez de estudios de sostenibilidad, específicamente en temas relacionados con las condiciones ambientales interiores, la productividad y la salud de los ocupantes (Darko, 2019). En conjunto, la falta de conciencia es un desafío importante asociado con los procesos de construcción sostenible (Opoku et al., 2019).
Falta de información sobre productos sostenibles	La falta de información sobre productos sostenibles en relación con los materiales sostenibles y el proceso de construcción sostenible que debe comprenderse en los edificios sostenibles constituye un desafío para los equipos de gestión de estos proyectos (Häkkinen & Belloni, 2011; Schögl et al., 2017). Los constructores se ven obligados continuamente a interactuar con especialistas que tienen ese conocimiento. Otros desafíos identificados son los riesgos debido a las diferentes formas de contrato de entrega de proyectos (Koolwijk et al., 2018), la comunicación y los intereses de los miembros del equipo del proyecto y más tiempo necesario para hacer cumplir los procesos de construcción sostenible en los sitios de construcción (Ayarkwa et al., 2022).

Nota. Adaptado de "Sustainable building processes' challenges and strategies: The relative important index approach" por J. Ayarkwa, D.-G. Joe Opoku, P. Antwi-Afari y R. Y. M. Li, 2022, *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100455 (<https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100455>).

En el caso de la economía circular, la gestión de residuos de construcción y demolición presentan las siguientes barreras principales (Mahpour, 2018):

- Uso de materiales de construcción finitamente reciclables: Muchos materiales de construcción actuales solo se pueden reciclar un número limitado de veces, lo que dificulta cerrar los ciclos de materiales.
- Procesos ineficientes de desmantelamiento, clasificación, transporte y recuperación de residuos: Los procesos actuales para manejar los residuos de construcción a menudo son ineficientes, lo que dificulta recircular los materiales.
- Preferencia por clasificación fuera del sitio y vertido directo: Existe una preferencia por sacar los residuos del sitio de construcción y enviarlos directo a vertederos en lugar de clasificarlos en el sitio, debido a la falta de incentivos.
- Políticas y marcos legales inadecuados: Falta de políticas, leyes y supervisión adecuadas sobre la gestión de residuos de construcción.
- Falta de integración de la gestión sostenible de residuos: No hay suficiente integración de la sostenibilidad entre los diferentes niveles jerárquicos en la gestión de residuos.
- Resultados inciertos de la transición a la economía circular: No está claro si la transición beneficiará a todos o algunos perderán sus medios de vida.
- Información y datos no estandarizados sobre reducción de residuos: Los datos y reportes sobre reducción de residuos de construcción son inadecuados y no estandarizados.

Estas barreras incluyen deficiencias técnicas, legales y de comportamiento que dificultan la adopción de la economía circular en este sector.

La gestión de la construcción sostenible requiere de herramientas relacionadas con el proceso, cálculo, previsión, valoración y seguimiento. De acuerdo con lo expuesto por Jensen & Elle (2007) y aplicado por Timm et al. (2023), estas herramientas se describen a continuación:

Herramientas de proceso: herramientas utilizadas para gestionar un proyecto o política de sostenibilidad, qué fases atravesar, cómo involucrar a las partes interesadas, tipos de herramientas a utilizar, cómo analizar la situación, etc. Esto incluye marcos, evaluaciones ambientales, políticas, estrategias, programas y listas de verificación.

Herramientas de cálculo: herramientas para el cálculo de los efectos ambientales de diferentes tipos de soluciones, productos o procedimientos, en diferentes sectores. Las

herramientas de cálculo incluyen análisis de ciclo de vida (LCA), herramientas de evaluación económica y social, herramientas de simulación de sistemas y otros métodos de cálculo ambiental.

Herramientas de evaluación: herramientas para ponderar diferentes aspectos de la sostenibilidad (ambiental, económica, social), para ilustrar diferencias o priorizar entre diferentes soluciones. Esto incluye herramientas de evaluación multicriterio, procedimientos de evaluación, encuestas y debates públicos.

Herramientas de seguimiento: herramientas para la selección de indicadores y puntos de referencia para el seguimiento y formulación de políticas sobre sostenibilidad. Este tipo también incluye cuentas verdes.

2.2.2. Modelos de sostenibilidad en el sector de la construcción

Los modelos de sostenibilidad en el sector de la construcción surgen de las propuestas sobre los criterios o valores que componen lo que se considera una buena arquitectura. En este sentido, Gordon (1972) propuso el principio 3L, argumentando que los edificios deben diseñarse para una larga vida útil (*long life*), ajuste holgado (*loose fit*) y bajo consumo de energía (*low energy*), una teoría que ha ido ganando importancia en el mundo desarrollado. La idea de crear un edificio para la permanencia, pero incorporando flexibilidad en él y minimizando su huella energética a lo largo de su vida física, es sin duda el objetivo holístico final para la profesión de la arquitectura (Murray, 2011). Hoy en día, estos objetivos se pueden resumir en tres características clave: duraderos, adaptables y sostenibles. Estos elementos se describen a continuación (Langston, 2018):

Durabilidad (larga vida útil): corresponde al número de años estimados considerando algunos factores como calidad de los componentes, nivel de diseño, nivel de ejecución del trabajo, ambiente interior, ambiente al aire libre, condiciones de uso y nivel de mantenimiento.

Adaptabilidad (ajuste holgado): corresponde diseñar futuros edificios para el cambio, haciéndolos flexibles, pero con suficiente integridad estructural para soportar usos funcionales alternativos, teniendo en cuenta aspectos físicos, económicos, funcionales, tecnológicos, sociales, legales y políticos.

Sostenibilidad (bajo uso de energía): es el diseño ambiental de las construcciones teniendo en cuenta consideraciones de bajo consumo de energía, tiene en cuenta el nivel de sostenibilidad del edificio utilizando ocho categorías: gestión, calidad ambiental interior, energía, transporte,

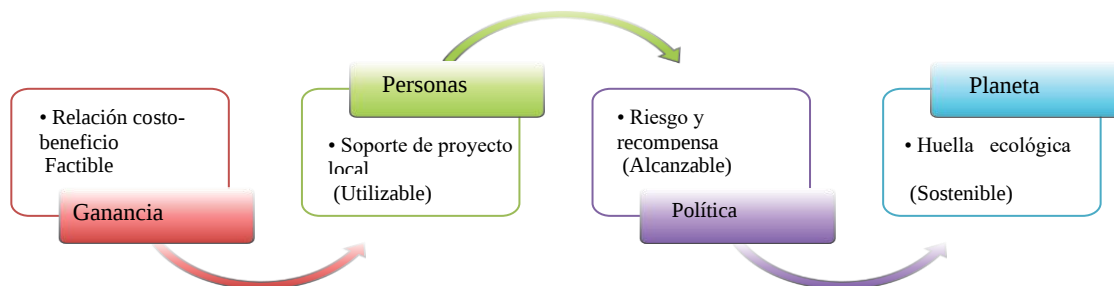
agua, materiales, uso del suelo y ecología, y emisiones, además de puntos adicionales por innovación.

En efecto, de acuerdo con Langston (2018), el desarrollo sostenible debe encarnar el Principio 3L de Gordon y tratar la durabilidad, la adaptabilidad y la sostenibilidad como igualmente importantes. Podría decirse que un edificio sin emisiones de carbono con una vida útil corta y sin consideración de usos alternativos después de que su función original se vuelve obsoleta, hace bajas contribuciones a la sociedad moderna. Si bien puede demostrar el avance tecnológico y la innovación, es simplemente un prototipo de ideas que exigen la integración en una solución de diseño más amplia y equilibrada.

Se ha propuesto que para la toma de decisiones en la construcción sostenible se debe considerar las ganancias (profit), personas (people), política (politics) y el planeta (planet) como subsistemas que forman la base de un modelo integrador de toma de decisiones (4P) (Beech, 2013; Langston, 2013). La Figura 12 muestra que estos cuatro elementos se encuentran relacionados puesto que el proyecto en primera medida debe tener viabilidad comercial y un presupuesto que lo hacen factible, se debe diseñar para que las personas apoyen y se satisfagan con la edificación, de manera que sea utilizable, los marcos regulatorios y de cumplimiento traen riesgos y recompensas que hacen el proyecto alcanzable, y el agotamiento de recursos y la contaminación esperados en el ciclo de vida.

Figura 12

Marco conceptual de las 4P.

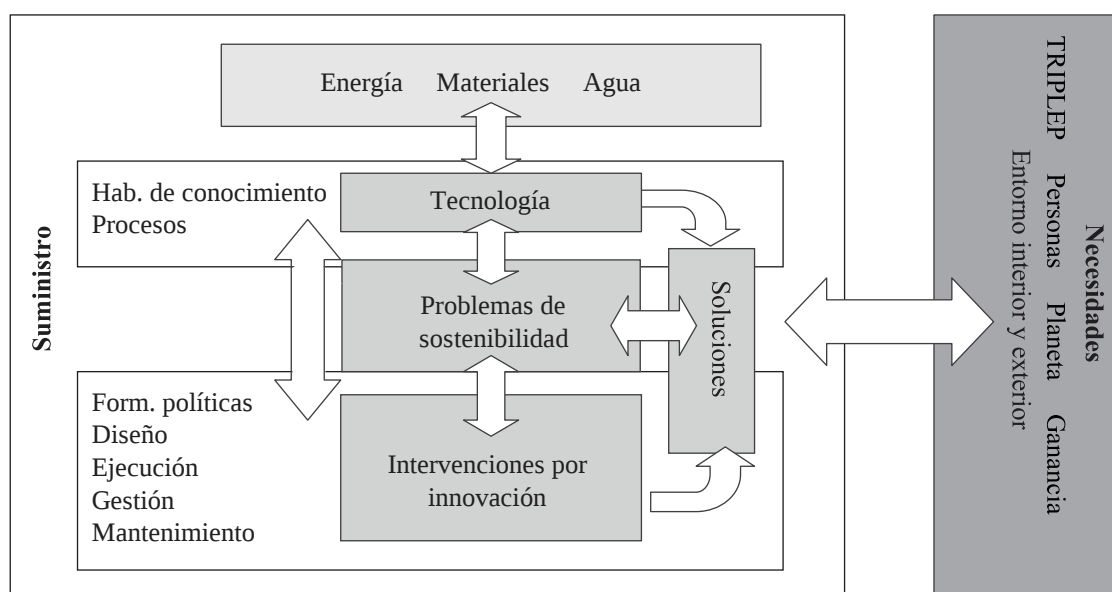


Nota. Adaptado de "Quadruple Bottom Line for Sustainable Prosperity" por D. Beech, 2013, Cambridge Leadership Development (<https://cambridgeleadershipdevelopment.com/quadruple-bottom-line-for-sustainable-prosperity/>) y de "The role of coordinate-based decision-making in the evaluation of sustainable built environments" por C. Langston, 2013, *Construction Management and Economics*, 31(1), p. 62-77 (<https://doi.org/10.1080/01446193.2012.738920>).

En relación con lo anterior, lograr la sostenibilidad en la construcción, implica que las organizaciones deban innovar para mejorar su desempeño y satisfacer las necesidades de los clientes, que son cada vez más complejas y que cambian rápidamente, para lograr una calidad sostenida del entorno construido (ver Figura 13). La construcción sostenible demanda que los diseñadores, ingenieros, productores de materiales de construcción y contratistas presenten nuevos conceptos de diseño, elementos y componentes de construcción, así como procesos de construcción que estén interrelacionados con las necesidades de las personas, el medio ambiente y las ganancias de la organización.

Figura 13

Construcción sostenible



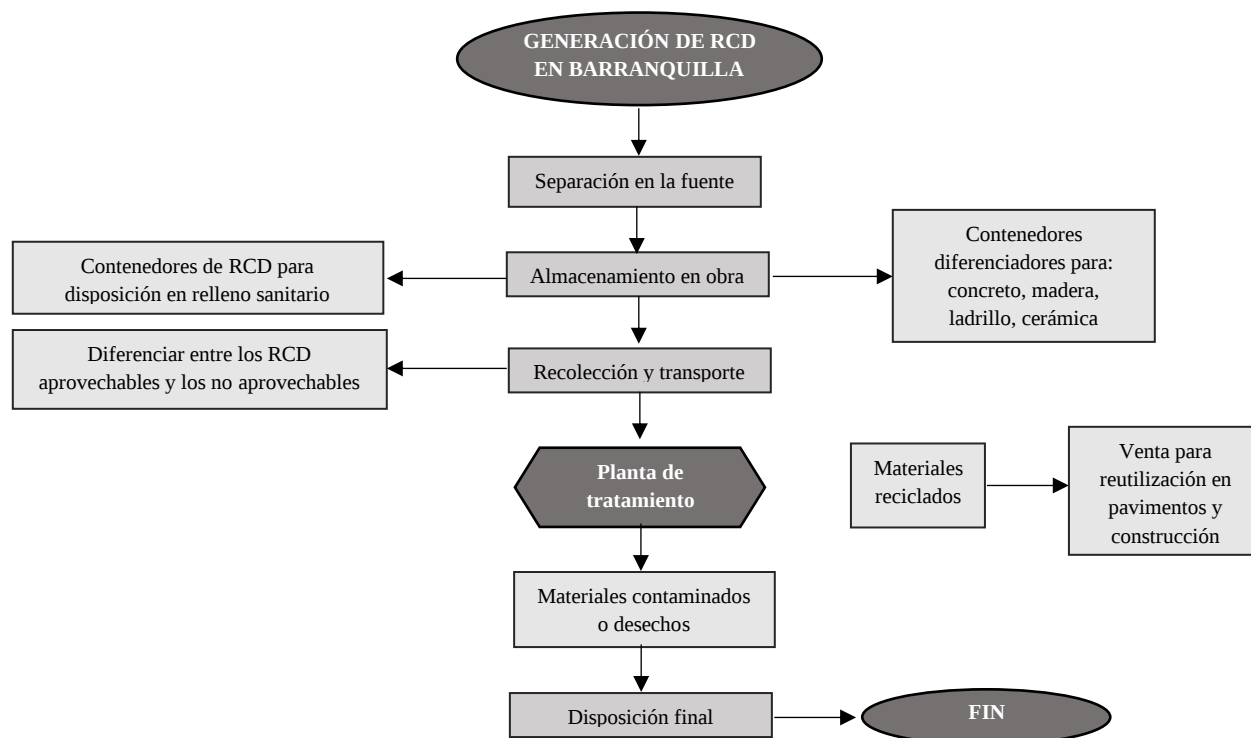
Nota. Adaptado de "Innovation, Technology and Knowledge Transfer for Sustainable Construction" por E. van Egmond, 2012, en A. Akintoye, J. S. Goulding y G. Zawdie (Eds.), Construction Innovation and Process Improvement (1.a ed., pp. 95-123), Wiley (<https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch5>).

En el campo de la gestión de residuos, Sánchez et al. (2020) retomaron el modelo de reducir, reutilizar, reciclar y revalorizar, para la gestión de residuos de construcción y demolición (ver Figura 14). Este modelo busca que desde el principio se planeen actividades y minimicen la generación de desperdicios, realizar separación manual de residuos aprovechables y no aprovechables, planeación de costos de recolección y transporte de acuerdo con la normatividad

local, alternativas de reutilización y revalorización, y disposición final de residuos no aprovechables, peligrosos o contaminados. Como se puede identificar, desde el transporte y recolección de residuos es relevante el papel de las entidades públicas locales encargadas de estos servicios. Particularmente, la implementación de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de residuos de construcción y demolición son claves para lograr la transición de una economía lineal a una economía circular en el sector (Soto-Paz et al., 2023).

Figura 14

Esquema general del modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición



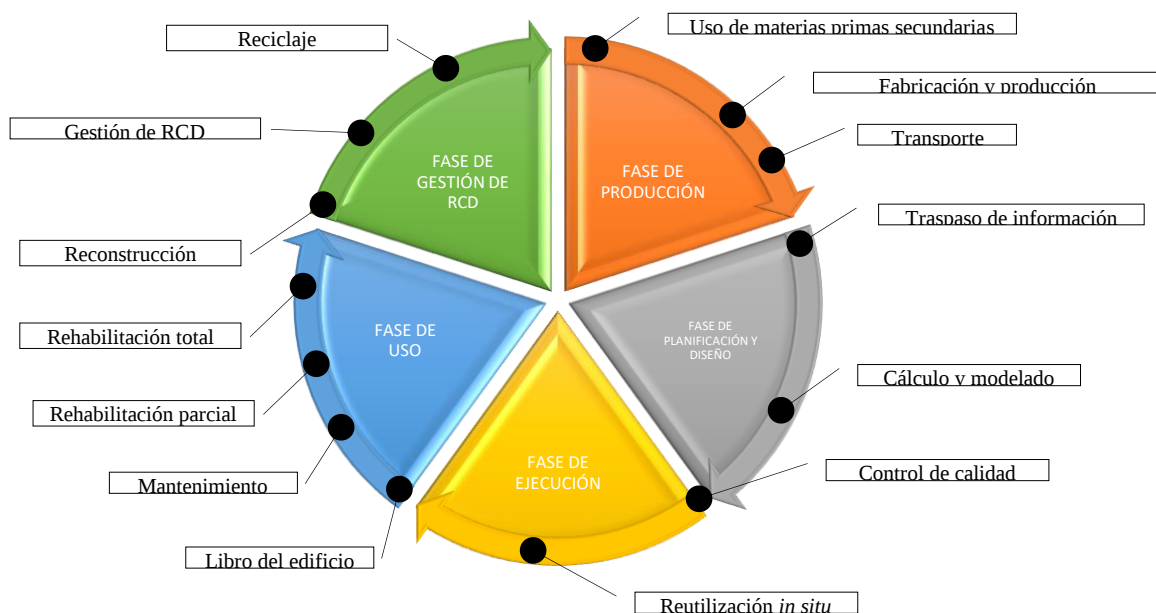
Nota. Adaptado de "Una visión de Ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición (Rcd) caso De estudio: Barranquilla" por E. Sánchez, C. A. Pacheco y C. Páez, 2020, *Tecnura*, 24(63), p. 68-83 (<https://doi.org/10.14483/22487638.15359>).

La economía circular es la forma en la que la sociedad podría interrelacionarse con la naturaleza y su objetivo es evitar el agotamiento de los recursos, cerrar los circuitos de energía y materiales, y facilitar el desarrollo sostenible a través de su implementación a nivel micro y macro (Bakalár et al., 2021). Este enfoque se basa en tres principios; reducir los residuos y la contaminación a través del diseño de productos, retener las fuentes y los productos en uso, y regenerar y preservar los sistemas naturales (Ahmed, 2023).

Una visión de la economía circular aplicada en el proceso de construcción puede observarse en la Figura 15. En este modelo de sostenibilidad en la construcción se identifica que en la fase de producción de materiales se utilizan materias primas secundarias provenientes del reciclaje. Después de la planificación y el diseño, en la fase de ejecución se realiza reutilización de materiales en el sitio. Durante el uso de la edificación se realiza mantenimiento, rehabilitación parcial, rehabilitación total, hasta la deconstrucción. Tras la demolición inicia el proceso de gestión de residuos, en donde algunos se reciclan y aprovechan y los demás tienen un destino final en el depósito de basuras.

Figura 15

Esquema simplificado del proceso de construcción basado en la economía circular.



Nota. Adaptado de "Economía circular en el sector de la construcción. Rumbo 20.30" por Conama, 2018, Congreso Nacional de Medio Ambiente (https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA_Economia%20circular_2018.pdf).

Finalmente, Darko et al. (2017) estudiaron las fuerzas impulsoras para la adopción de construcciones verdes o sostenibles, y las clasificaron en cinco categorías que conforman las variables de entrada de un modelo explicativo de la existencia o no de construcciones sostenibles: fuerzas externas, a nivel corporativo, a nivel de propiedad, a nivel de proyecto y a nivel individual. Estas fuerzas actúan como motivadores o una forma de presión a las partes interesadas para que construyan de manera ecológica. Por lo tanto, los motivadores pueden promoverse en la sociedad

para fomentar aún más la adopción de prácticas construcción sostenible, y puede ser una forma destacada de orientar a las partes interesadas hacia comportamientos más sostenibles desde el punto de vista ecológico, social y económico. A continuación, se describen estas categorías y sus principales fuerzas:

Fuerzas externas: son aquellas fuerzas establecidas por las partes externas, como el gobierno, las Naciones Unidas (ONU), la Unión Europea (UE), los sindicatos y los clientes, a las empresas u organizaciones que construyen sosteniblemente. Estas fuerzas pueden ser:

- Regulaciones y políticas gubernamentales
- Esquemas de incentivos
- Demanda de clientes/inquilinos
- Sistemas de calificación de construcciones verdes o sostenibles
- Promoción y comunicación
- Rol proactivo de los fabricantes de materiales
- Innovación y/o certificación de productos y materiales
- Percepción pública
- Disponibilidad de proveedores verdes
- Educación y entrenamiento
- Conocimiento y conciencia, e información

Fuerzas a nivel corporativo: son los impulsores a nivel interno de la organización que mejoran el negocio en términos de sostenibilidad, en la que se sobrepasa la cultura del cumplimiento de demandas externas y se consolidan acciones proactivas para obtener ventajas competitivas, reducir riesgos, mejorar la imagen y obtener mayores rendimientos.

- Imagen, cultura y visión corporativa
- Responsabilidad social corporativa
- Beneficios de marketing
- Ventaja competitiva
- Mejora de la productividad de los ocupantes
- Alto retorno de la inversión
- Atracción y retención de personal de calidad

- Política de la empresa
- Mejora en la calidad ambiental interior
- Mejora de la salud, bienestar y satisfacción de los ocupantes
- Impresionar a los reguladores
- Periodo de amortización reducido
- Creación de mejores oportunidades futuras
- Ayuda a transformar el mercado
- Familiaridad con productos/procesos ecológicos
- Reconocimiento dentro de la industria

Fuerzas a nivel de propiedad: son las fuerzas que impulsan a los propietarios de las edificaciones a demandar construcciones sostenibles, ya sea por beneficios en la protección ambiental, por reducir costos de ocupación, por maximizar el valor del capital del edificio y mejorar el valor de mercado de la propiedad. Estas fuerzas pueden ser:

- Reducción de los costos del ciclo de vida completo
- Aumento del valor de las propiedades
- Atraer clientes premium y altos rendimientos de alquiler
- Responsabilidad y riesgos reducidos
- Tasas de vacantes más bajas
- Disminución de la obsolescencia
- Conservación de energía
- Conservación de agua
- Protección del medio ambiente
- Conservación de recursos
- Facilidad de reventa y alto valor de reventa
- Reducción de la depreciación en alquiler y precio
- Mayor probabilidad de renovación de arrendamiento
- Disminución de las concesiones de alquiler de inquilinos
- Lograr una construcción de alta calidad
- Mayor longevidad de la construcción

- Costos de seguro reducidos

Fuerzas a nivel de proyecto: son aquellas fuerzas que impulsan la edificación sostenible en su etapa de diseño y construcción. Son precisamente las decisiones a nivel de proyecto las que tienen un impacto significativo en el costo total o final del edificio. Estas fuerzas pueden ser:

- Costos de construcción reducidos
- Enfoque de diseño integrado
- Mejores formas de medir y contabilizar los costos
- Disminución del tiempo de construcción
- Cumplimiento de los requisitos del contrato y del desarrollador
- Normas y contratos basados en el desempeño
- Nuevos tipos de asociaciones y partes interesadas del proyecto
- Mayor certeza del tiempo de construcción
- Reducción de desperdicios
- Construibilidad del proyecto mejorada
- Reducción de los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en el sitio
- Diseño y construcción bien controlados
- Elementos de construcción mejorados reutilizables y reciclados.
- Rendimiento superior de los materiales verdes.
- Condiciones estructurales
- Miembros del equipo competentes

Fuerzas a nivel individual: los impulsores a nivel individual son relativamente intrínsecos y describen lo que impulsa internamente a las personas a querer avanzar hacia los objetivos de sostenibilidad o probar las prácticas de construcción sostenible en sus propios proyectos. Estas fuerzas pueden ser:

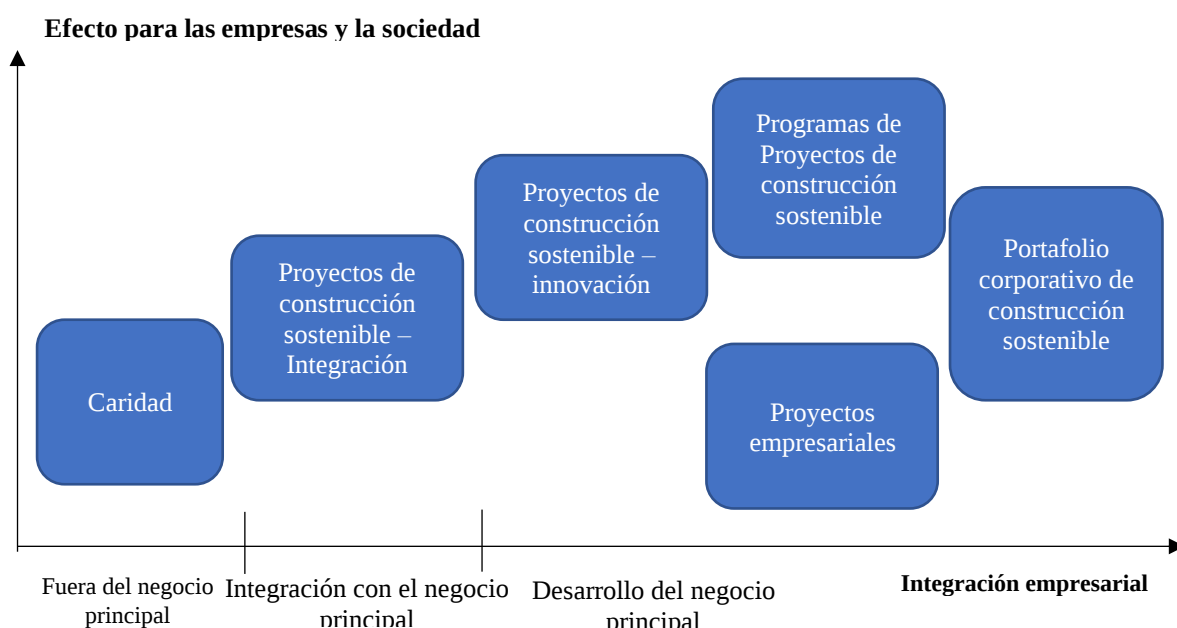
- Imperativo moral o conciencia social
- Compromiso personal
- Actitudes y tradiciones
- Identidad propia

A pesar de la solidez de estos planteamientos, se ha encontrado que existen brechas importantes de conocimiento y habilidades entre los actores del sector de la construcción, lo cual es una de las principales barreras para la adopción de estrategias circulares; no hay una cultura compartida alrededor de la economía circular (Bertozzi, 2022). Se requiere un esfuerzo coordinado para cerrar brechas de conocimiento, desarrollar piezas técnicas y entrenar habilidades en todo el sector. Para ello, se identifican palancas clave como el rol del sector público, el desarrollo de herramientas y apoyo técnico, soluciones administrativas y jurídicas, y demostrar la viabilidad económica (Bertozzi, 2022).

Desde el punto de vista de proyectos, Wang (2021) propusieron que las empresas pueden crear un portafolio de construcción sostenible corporativa que, en combinación con proyectos empresariales, permite a las empresas resolver un conjunto de tareas de contenido social, económico y ambiental (ver figura 16). A su vez, Wang (2021) menciona la existencia de tres modelos que permiten una mayor integración y efectos del negocio en la sociedad, bajo la perspectiva de los proyectos sostenibles.

Figura 16

Portafolio corporativo de construcción sostenible.



Nota. Adaptado de "The concept of sustainable construction project management in international practice" por W. Wang, 2021, *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), p. 16358-16380 (<https://doi.org/10.1007/s10668-021-01333-z>).

El modelo de monitoreo es la forma más simple de organización, creada en las etapas iniciales del trabajo sobre construcción sostenible, e implica la creación de un grupo de empleados involucrados en el monitoreo de temas de construcción sostenible y la presentación de informes.

En el modelo estratégico integrador, se introduce el cargo de tiempo completo de gerente-integrador de desarrollo sostenible y, si es posible, se crea también un comité de construcción sostenible (dependiente del consejo de administración). Además, en la oficina de gestión de proyectos, los proyectos se seleccionan teniendo en cuenta su sostenibilidad.

El tercer modelo, orientado a los grupos de interés, implica el análisis de la construcción sostenible y su mantenimiento, teniendo en cuenta los intereses de los grupos de interés. Para ello, se crea un grupo analítico que recoge información en el ámbito de la sostenibilidad, la generaliza y la analiza en relación con el funcionamiento de los grupos de interés individuales de la empresa, que está en estrecho contacto con el modelo integrador-estratégico de desarrollo sostenible.

El tipo de modelo innovador corresponde al alto nivel de madurez para la gestión de la construcción sostenible en la empresa. La peculiaridad de este modelo es la capacidad de implementar proyectos de valores "comunes", es decir, proyectos que están profundamente integrados en el negocio de la empresa y cumplen con los objetivos de construcción sostenible. Para las grandes empresas que implementan proyectos en todas las etapas de la cadena de valor, la estrategia de construcción sostenible debe tener subestrategias: desarrollo de productos, desarrollo de procesos, desarrollo de recursos. Para poner en práctica estas subestrategias, se propone formar las subcarteras de proyectos adecuadas.

2.3. Innovación.

La innovación ha sido conceptualizada como una nueva combinación de factores que conducen a transformaciones empresariales vistas como la explotación comercial de nuevos bienes de consumo, nuevos métodos de producción y transporte, nuevos mercados y nuevas formas de organización industrial (Schumpeter, 1934). Esta concepción de la innovación fue construida en su momento para entender fenómenos del desenvolvimiento económico y la transformación empresarial a nivel macroeconómico. No obstante, la adopción de esta noción Schumpetereana por parte de la tradición investigativa orientada a las organizaciones (Alder, 1989), conduce a entender la innovación bajo un único constructo: la novedad (Johannessen et al., 2001) es decir,

como una interrupción de las prácticas normales de la empresa. En este sentido, la innovación puede entenderse como “una idea, proceso, sistema, método, servicio, producto, política, etc., que se caracteriza por ser nueva o mejorada y aceptada comercialmente” (Errasti, Zabaleta, & Oyarbide, 2011, p. 191).

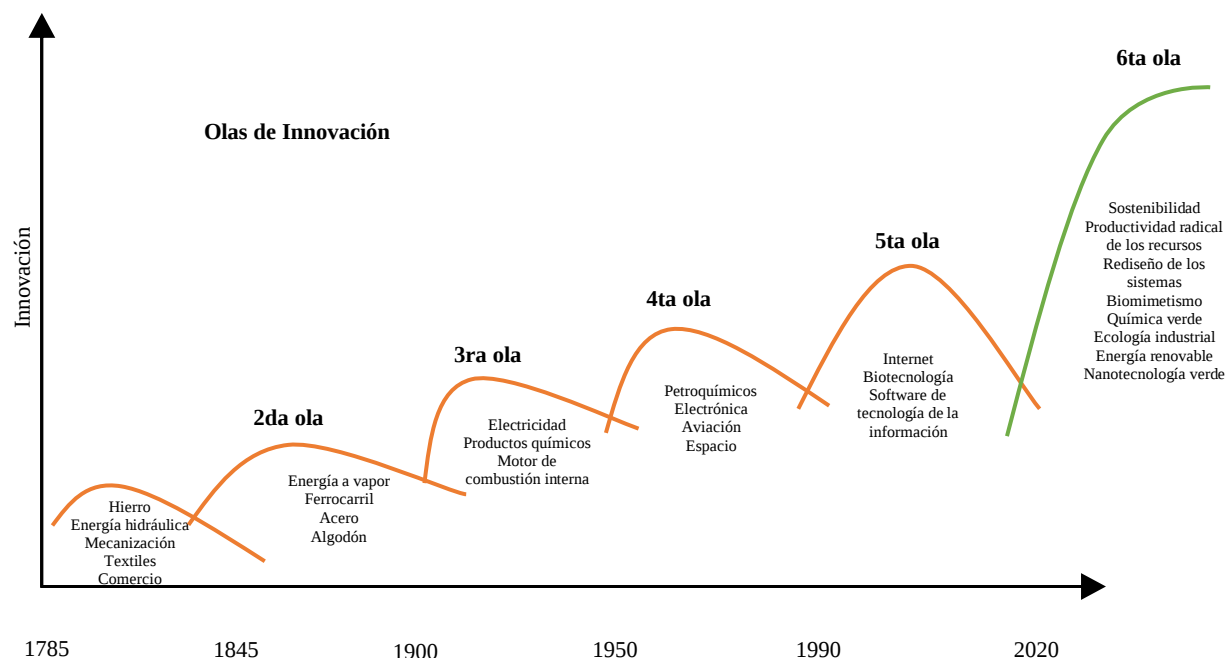
Con lo anterior se puede comprender cómo la concepción de innovación abarca diferentes áreas dependiendo del autor; algunos la ven como ejecución de ideas, otros como proceso creativo, otros enfatizan la explotación, el valor agregado, las asociaciones, etc. En su revisión, Fayomi et al. (2019) recoge diferentes conceptos de innovación y permite comprenderla como un proceso creativo y estratégico que genera valor y cambios significativos a través de nuevos productos, procesos, formas de comercialización y colaboraciones. A su vez, se propuesto el significado de innovación consciente, para integrar una reflexión profunda sobre el rumbo que toma la innovación y su significado tanto individual como social, yendo más allá de lo económico o lo técnico, lo cual implica un debate colectivo sobre el mundo que se diseña con esas innovaciones (Chouteau et al., 2020).

Como consecuencia de las presiones socioeconómicas y tecnológicas, han surgido diferentes olas largas de innovación, las cuales tienen un proceso de aceleración y crisis en la medida que avanza el tiempo y se agotan los cambios innovadores (Seebode et al., 2012). En la Figura 17 se observan estas olas: la primera producto del poder del hierro, el agua, la mecanización y el comercio, la segunda producto del poder del vapor, acero, trenes y algodón, la tercera producto de los avances en electricidad, químicos y motores de combustión interna, la cuarta como resultado del avance en los productos petroquímicos, la electrónica, aviación y el espacio, y la quinta ola como resultado del avance de las redes digitales, biotecnología y software de información. Los expertos han indicado que la sostenibilidad es protagonista de la sexta ola de la innovación, vinculada a crecientes movimientos sociales y tecnológicos sobre productividad de los recursos, diseño de sistemas, biomimetismo, química verde, ecología industrial, energías renovables y nanotecnología.

Las categorías de la innovación se han derivado inicialmente de la propuesta de Schumpeter (1934) y se han difundido a partir de la OCDE (2006) y versiones posteriores como la OECD & Eurostat (2018) en el Manual de Oslo: innovación en producto o servicio, proceso, comercialización u organización. Estas se describen a continuación:

Figura 17

La sostenibilidad como la sexta ola larga de la innovación.



Nota. Adaptado de "Managing innovation for sustainability: Managing innovation for sustainability" por D. Seebode, S. Jeanrenaud y J. Bessant, 2012, *R&D Management*, 42(3), p. 195-206 (<https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2012.00678.x>).

Innovaciones de producto: representan cambios importantes en las características de los productos o servicios, e incluyen tanto aquéllos que son completamente nuevos, como los que han experimentado mejoras sustanciales.

Innovaciones de proceso: son cambios significativos en los métodos de producción o distribución.

Innovaciones organizativas: se refieren a la aplicación de nuevos métodos organizativos. Pueden ser cambios en las prácticas empresariales, en la organización del trabajo y en las relaciones externas de la empresa.

Innovaciones comerciales: comprenden la puesta en marcha de nuevos métodos comerciales y pueden suponer cambios en el diseño y la presentación del producto, en la promoción y posicionamiento de este o en los métodos de fijación de precios.

A su vez, se ha identificado que existen innovaciones ocultas, es decir aquellas que por su tamaño, impacto o medición no logran ser reconocidas en la organización. De acuerdo con NESTA (2008, citado por Liu & Fellows, 2012) los cuatro tipos de innovación oculta son: 1) uso efectivo de nuevos materiales, que implican aprendizaje en el trabajo, 2) nuevas estructuras organizativas y modelos de negocio, 3) combinación novedosa de tecnologías y procesos existentes, y 4) soluciones innovadoras a problemas y desafíos a pequeña escala, que suceden “bajo el radar”. Recientemente la innovación oculta se ha estudiado en el sector turismo (Nordli & Rønningen, 2021) y en el sector salud (Saidi et al., 2021).

A su vez, Liu & Fellows (2012) destacan que a nivel interno, la innovación depende de factores como la creatividad, clima creativo, liderazgo, empoderamiento y otras variables organizacionales relacionadas como son, la cultura de innovación, las capacidades de resolución de problemas, la estructura de recompensas, la búsqueda proactiva de información, la adquisición de conocimientos, la extensión hacia el mercado internacional y flexibilidad y la resistencia al cambio. A su vez, en relación a productos ecológicos, la innovación también depende de un entorno político-legal y sociocultural favorable, el desarrollo de capacidades organizacionales orientadas a la sostenibilidad, la colaboración interna y externa entre diferentes actores, y la disponibilidad de recursos humanos, financieros y tecnológicos (Fleith De Medeiros et al., 2022).

Por su parte, la gestión de la innovación es la administración del proceso de innovación, por lo tanto, describe la secuencia de varias actividades realizadas para aprovechar una oportunidad y llevar una idea al mercado (Tidd & Bessant, 2020). Generalmente este proceso se ha dividido en cuatro fases: (1) *búsqueda*: analizar el entorno interno y externo, y gestionar señales relevantes sobre amenazas y oportunidades para la innovación, (2) *seleccionar*: decidir en base a la estrategia de innovación, cómo la organización puede responder a las señales, (3) *implementar*: buscar ideas relevantes para desarrollar nuevos productos y servicios, (4) *aprendizaje*: construir la base de conocimientos y mejorar constantemente el proceso de innovación a través de este ciclo (Tidd & Bessant, 2020).

Innovar requiere de la adquisición de habilidades básicas, las cuales son comportamientos asociados con aspectos como la planificación y gestión de proyectos o la comprensión de las necesidades del cliente. Estas rutinas simples deben integrarse en habilidades más amplias que, en

conjunto, conforman la capacidad de una organización para gestionar la innovación (Tidd & Bessant, 2020), las cuales se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6

Habilidades centrales en la gestión de la innovación.

Habilidad básica	Rutinas
Reconocer	Buscar en el entorno pistas técnicas y económicas para desencadenar el proceso de cambio
Alinear	Garantizar un buen ajuste entre la estrategia comercial general y el cambio propuesto; no innovar porque está de moda o como una respuesta instintiva a un competidor.
Adquirir	Reconocer las limitaciones de la base tecnológica propia de la empresa y poder conectarse a fuentes externas de conocimiento, información, equipos, etc. Transferir tecnología de varias fuentes externas y conectarla a los puntos internos relevantes de la organización.
Generar	Tener la capacidad de crear algunos aspectos de la tecnología internamente, a través de I+D, grupos de ingeniería internos, etc.
Elegir	Explorar y seleccionar la respuesta más adecuada a los desencadenantes ambientales que se ajusten a la estrategia y la base de recursos interna/red de tecnología externa
Ejecutar	Gestión de proyectos de desarrollo de nuevos productos o procesos desde la idea inicial hasta el lanzamiento final Seguimiento y control de dichos proyectos.
Implementar	Gestionar la introducción de cambios, técnicos y de otro tipo, en la organización para garantizar la aceptación y el uso efectivo de la innovación.
Aprender	Tener la capacidad de evaluar y reflexionar sobre el proceso de innovación e identificar lecciones de mejora en las rutinas de gestión.
Desarrollar la organización	Incorporar rutinas efectivas en su lugar: en estructuras, procesos, comportamientos, etc

Nota. Adaptado de "*Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*" por J. Tidd y J. R. Bessant, 2020 (Seventh Edition), Wiley.

Por otro lado, en una visión más amplia, se ha propuesto el concepto de sistemas de innovación, que es un marco conceptual utilizado para describir los elementos y relaciones que permiten que ocurra la innovación en un contexto determinado. Éstos pueden concebirse desde una dimensión geográfica (ej. sistemas nacionales de innovación) o funcional (ej. sistemas sectoriales), permiten analizar y promover el cambio tecnológico de manera sistémica dentro de un espacio determinado y requieren incorporar una direccionalidad guiada por objetivos como la sostenibilidad, para transformar los sistemas (Burbano, 2023).

2.3.1. Modelo de gestión de la innovación

Un modelo es una abstracción de la realidad y puede ser de tres tipos: físico, cuando se representa utilizando materiales u objetos, análogo cuando se representa por medio de relaciones entre sus componentes, o simbólico cuando se representa a través de variables que se relacionan

matemáticamente (Gutiérrez, 2013; Merma et al., 2022). Estos modelos permiten trazar rutas de toma de decisiones, o cuantificar los resultados de las relaciones que existen entre variables, frente a determinadas circunstancias. En el contexto de la administración y gestión empresarial, un modelo se define como un conjunto de elementos que componen un sistema ordenado, que permite estructurar, representar y comprender de manera simplificada una realidad organizacional (Julio, 2021). Se trata de un esquema o marco de referencia que sirve como patrón de funcionamiento integral para una empresa u organización.

Xavier et al. (2017) pone en evidencia la amplitud de las connotaciones del concepto de modelo, que puede ser percibido como una estructura, un método o una herramienta (ver Tabla 7). Con estas distinciones, el autor opta por definir modelo como las “estructuras con características descriptivas o normativas” (Xavier et al., 2017, p. 1282), es decir, que identifican y comprenden las características de la realidad y, a su vez, establecen estándares de comportamiento dentro de esa realidad. De allí que un modelo de gestión de la innovación pueda definirse como una descripción, ilustración u orientación de un proceso, sistema o actividad de innovación.

Tabla 7

Definiciones enfoques de modelos

Aproximación / concepción	Definición
Modelo	Son construcciones conceptuales que representan procesos, variables y relaciones sin, necesariamente, proporcionar pautas o prácticas específicas para su implementación; eso es lo que determina su carácter descrito o normativo.
Estructura	Un constructo que define conceptos, valores y prácticas para facilitar la comprensión, el informe y el análisis de una situación, teoría o cuestiones complejas dadas, pero que no necesariamente indica causalidad o interacciones entre los elementos.
Método/Metodología	Un método es un conjunto de procedimientos para desarrollar un proceso. Una metodología es una construcción específica que define prácticas, procedimientos y reglas específicas para la implementación o ejecución de una tarea o función específica.
Herramienta	Se utiliza una herramienta para referirse a algo unitario y específico, como un dispositivo o un mecanismo, todo lo que será utilizado por los métodos en el desarrollo de un proceso o tarea.

Nota. Adaptado de "Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research" por A. F. Xavier, R. M. Naveiro, A. Aoussat y T. Reyes, 2017, *Journal of Cleaner Production*, 149, p. 1278-1302 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.145>).

Cada organización innovadora adapta su proceso de innovación y define la secuencia y granularidad de las actividades, no obstante, a lo largo de los años se han desarrollado varios

enfoques o modelos para gestionar la innovación. La Tabla 8 muestra las generaciones por las que han evolucionado los modelos de gestión de la innovación, comenzando con modelos lineales simples (primera y segunda generación) hasta modelos interactivos cada vez más complejos (cuarta a sexta generación).

Tabla 8

Evolución de los modelos de gestión de innovación

Generación	Modelo	Características	Tipo de modelo
Primero – 1950s-	Impulso tecnológico	Modelo secuencial lineal simple; énfasis en I+D	<i>Modelos lineales simples:</i> necesidad de atracción, tecnología de empuje
Segundo -mediados de la década de 1960-	Tirón del mercado	Modelo secuencial lineal simple; énfasis en la comercialización	
Tercero -principios de la década de 1970-	Empujar tirar	Integración de I+D y marketing	<i>Modelo de acoplamiento,</i> reconociendo la interacción entre diferentes elementos y bucles de retroalimentación entre ellos
Cuarto –mediados de los 80-	Procesamiento en paralelo	Combinaciones de empujar y tirar	<i>Modelo paralelo,</i> integración dentro de la firma, upstream con proveedores clave y downstream con clientes exigentes y activos, énfasis en vínculos y alianzas
Quinto -principios de la década de 2000-	Integración electrónica	Integración de la tecnología de la información (TI) en los sistemas de innovación	<i>Integración de sistemas</i> y amplia red de contactos, respuesta flexible y personalizada, innovación continua
Sexto -mediados de la década de 2000-	Innovación en red	Integración de sistemas y redes extensivas, innovación continua	
Séptima – Década del 2020 en adelante	Innovación basada en Inteligencia artificial	Respaldo a la toma de decisiones basada en algoritmos	<i>Automatización:</i> mejorar, acelerar o realizar tareas de manera parcialmente autónoma a lo largo del proceso de innovación de la idea al lanzamiento, nos basaremos en el proceso de innovación

Nota. Adaptado de "Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change" por J. Tidd y J. R. Bessant, 2020 (Seventh Edition), Wiley y "How AI revolutionizes innovation management – Perceptions and implementation preferences of AI-based innovators" por J. Füller, K. Hutter, J. Wahl, V. Bilgram y Z. Tekic, 2022, *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121598 (<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121598>).

A continuación, se explica con mayor detalle las implicaciones de los modelos de gestión de cada una de estas generaciones, fundamentado en Tidd & Bessant (2020) y Füller et al. (2022):

Primero – 1950s – Impulso tecnológico: las nuevas oportunidades tecnológicas aumentaron la productividad entre varios sectores e industrias. Las organizaciones enfatizaron la investigación y el desarrollo para mejorar aún más los productos. A medida que la presión competitiva se intensificó con el tiempo, quedó claro que el impulso tecnológico estaba fallando en los nuevos entornos de mercado y se desarrolló el modelo de innovación de segunda generación, también conocido como modelo de atracción del mercado.

Segundo – mediados de la década de 1960 – Tirón del mercado: mientras que el modelo de impulso tecnológico enfatizó la investigación y el desarrollo, el modelo de atracción de mercado incorporó el enfoque de mercado en el proceso de innovación para superar la ceguera del impulso tecnológico ante las necesidades de los clientes. Dentro de esta generación, la mayoría de las empresas adaptaron los productos existentes para cumplir con los requisitos cambiantes de los clientes. Al hacerlo, las empresas comenzaron a sufrir un mayor debilitamiento de la investigación y el desarrollo y corrían el riesgo de ser superadas por innovadores radicales.

Tercero – principios de la década de 1970 – Empujar tirar: para contrarrestar las debilidades del modelo de tirón de mercado, en la tercera generación (principios de la década de 1970), en la innovación se combinaron los modelos para atender el mercado, pero con investigación para mejorar y ofrecer productos. Con el tiempo, mientras los mercados se internacionalizaban más, la competencia aumentaba y los ciclos de vida de los productos se acortaban, quedó claro que el ritmo de desarrollo era esencial para mantenerse competitivo.

Cuarto – mediados de los 80 – Procesamiento en paralelo: surgió y se centró en la integración y el desarrollo paralelo y, por lo tanto, también se le denominó innovación de procesamiento paralelo interactivo. Si bien, los enfoques de innovación tradicionales se han desarrollado para la creación de nuevos productos en entornos estables y predecibles, las organizaciones necesitan adaptarse a sucesos impredecibles frente al cambio. Los ciclos de vida de los productos más rápidos, las necesidades de los clientes en constante cambio, las tecnologías emergentes y las grandes incertidumbres desafían a las organizaciones a explotar las ventajas competitivas actuales y, al mismo tiempo explorar nuevas ventajas potenciales.

Quinto – principios de la década de 2000 – Integración electrónica: el entorno cambiante demanda proyectos más innovadores y dinámicos, lo que requiere procesos de gestión de innovación más adaptables, flexibles, ágiles y acelerados. La innovación integrada

electrónicamente, se centró en la integración de herramientas basadas en tecnología de la información (TI) para acelerar el proceso de innovación y agregar más flexibilidad.

Sexto – mediados de la década de 2000 – Innovación en red: la literatura sobre gestión de la innovación adoptó enfoques de innovación abierta para fomentar la colaboración con socios internos y externos como universidades, institutos de investigación, empresas de diferentes industrias y nuevas empresas como fuentes de inspiración e innovación.

Séptimo – Década del 2020 en adelante – innovación basada en inteligencia artificial: se ha argumentado que la próxima generación de la gestión de la innovación son los modelos basados en inteligencia artificial, por su potencial para ser más eficiente y reducir los riesgos. En efecto, la inteligencia artificial puede fortalecer las capacidades de innovación y respaldar las decisiones actuales centradas en el ser humano para detectar oportunidades en el entorno y predecir cambios.

En conjunto, los modelos de gestión de innovación han reconocido que la organización no es un ente solitario que innova dependiendo del mercado y la tecnología, que va hacia modelos que reconocen el papel preponderante de las personas, actores externos a la organización y la inteligencia artificial.

2.3.2. *Innovación en el sector de la construcción*

Durante mucho tiempo se ha considerado que la industria de la construcción es resistente al cambio y a la tecnología (Botton et al., 2021). La actitud de la industria es relativamente conservadora en lo que respecta a la innovación y no ha respondido con prontitud a los cambios industriales (Sawhney et al., 2020). La noción Schumpeteriana que se utiliza actualmente para describir la producción de bienes y servicios, difiere para la innovación en el entorno de la construcción, si bien, dicho enfoque permite conceptualizar la innovación de manera general, coherente y simple, ha ocasionado que en el sector de la construcción existan incomprensiones en el reconocimiento y medición de la innovación (Orstavik, 2015). La construcción moderna es una empresa productora de sistemas basada en proyectos que depende de conjuntos grandes y heterogéneos de partes interesadas en el proyecto. Los objetos construidos son como tales, sistemas complejos y dinámicos, producidos a través de proyectos complejos.

La innovación en la construcción abarca múltiples dimensiones, incluyendo la gestión de la innovación, la innovación tecnológica, la innovación de procesos y la innovación gerencial;

además, los temas de investigación más populares son los impulsores/barreras a la innovación y los mecanismos de innovación (Wang et al., 2023). Las tendencias futuras incluyen centrarse en el rol de las organizaciones, la sostenibilidad, BIM, colaboración global, innovación gerencial, entre otros temas.

La heterogeneidad de las partes interesadas y sus diferentes motivaciones plantean desafíos considerables para aquellos que desean establecer el nivel de confianza y colaboración que se necesita para innovar de manera efectiva (Whyte & Sexton, 2011). No se trata simplemente de una cuestión de actitudes o habilidades comunicativas para estrechar confianza y colaboración. Muchos tipos diferentes de producción interdependiente están teniendo lugar en un proyecto de construcción, pero las interdependencias no siempre son obvias, ni sus efectos son fáciles de evaluar. La situación que enfrentan las partes interesadas orientadas a la innovación, es que la complejidad exacerba los desafíos relacionados con determinar cuáles son las dependencias clave y encontrar formas de abordarlas (Akintoye et al., 2012; Orstavik, 2015).

La complejidad de los diversos actores que confluyen en un proyecto de construcción genera asimetrías de información en el que cada uno tiene conocimientos tácitos que no son fáciles de transmitir, por lo tanto, se toman decisiones con información incompleta. Además, se debe lograr una optimización multiparamétrica, es decir, lograr la optimización total sacrificando la optimización de procesos realizados individualmente por contratistas, lo cual desincentiva la innovación. Por último, el usuario final de la construcción generalmente no entiende o no reconoce las innovaciones o mejoras de calidad, por lo tanto, no están dispuestos a invertir, lo cual no recompensa dichas innovaciones (Orstavik, 2015).

En conjunto, si bien el incentivo de realizar innovaciones es económico, en la construcción existen desincentivos para realizar dichas innovaciones por la información asimétrica y la complejidad de sistemas que confluyen en ella (Kong & He, 2021). No obstante, afirma Orstavik (2015) que la innovación en la construcción puede estar relacionada con las necesidades de sostenibilidad, de seguridad en el lugar de trabajo o de una serie de otras cuestiones importantes. La creación de novedades refleja inclinaciones humanas básicas, y la innovación contribuye de manera fundamental a dar forma al mundo mucho más allá del hecho de que genera grandes ganancias en empresas exitosas durante períodos limitados de tiempo.

Los impulsores de la innovación en el sector de la construcción generalmente son externos, es decir, provienen de la atracción de la demanda de los requisitos del usuario que amplían los límites de estas soluciones estándar, como el entorno normativo, las políticas públicas (fiscal, ambiental, competencia, comercial y educativas), y la introducción de nuevas tecnologías. Precisamente este impulso tecnológico puede provenir de contratistas, proveedores y fabricantes dentro de la industria de la construcción, pero generalmente puede originarse por la adopción de nuevas tecnologías de otras industrias (Murphy et al., 2015). El modelo que define más fielmente el mecanismo impulsor típico que opera dentro de la industria de la construcción, es aquel en donde la innovación se deriva de una demanda percibida (demanda-atracción) que luego influye en la dirección y el ritmo del desarrollo tecnológico (tecnología-empuje) (Gann, 2000). Esto contrasta con el trabajo de Kong & He (2021) quienes hallaron que las políticas impulsadas por la oferta, pueden promover enormemente la innovación y el desarrollo de tecnologías de construcción ecológica, es decir, los incentivos gubernamentales a los constructores también pueden impulsar la innovación en la construcción.

Liu & Fellows (2012) destacaron que en el sector de la construcción específicamente, hay niveles significativos de innovación oculta en sectores de inversión en I+D tradicionalmente bajos, donde la capacidad de innovación también varía mucho entre las empresas de esos sectores. Esta innovación oculta se refiere a pequeños cambios en la producción que, al no ser significativos o trascendentales, pasan desapercibidos. Además, el sector de la construcción es comparativamente débil en todas las etapas (es decir, acceso al conocimiento, creación de innovación, comercialización) del proceso de innovación, donde hay bajos niveles de actividad innovadora y, por lo tanto, es menos probable que las empresas accedan al conocimiento externo o fomenten el trabajo en equipo de los empleados.

Esto se relaciona con la clasificación de C. Wang et al. (2023) sobre dos tipos de innovación en el sector de la construcción:

- Innovación tecnológica: se refiere a innovaciones relacionadas con productos, servicios y procesos operativos nuevos o significativamente mejorados. Esto incluye cosas como nuevos materiales, equipos, sistemas de software, etc.
- Innovación no tecnológica: se refiere a nuevos enfoques de marketing y/u organizacionales. Esto incluye cosas como nuevas estrategias de marketing, diseño de

productos, empaquetado, promoción, fijación de precios, así como nuevas técnicas organizativas en las prácticas empresariales, organización del lugar de trabajo o relaciones externas.

Wang et al. (2023) argumentan que tradicionalmente la literatura se ha enfocado más en la innovación tecnológica, pero que la innovación no tecnológica es igualmente importante para el éxito y desempeño de las empresas de construcción. De hecho, en su modelo encuentran que la innovación no tecnológica tiene un efecto ligeramente mayor en el desempeño que la innovación tecnológica.

La gestión de la innovación en proyectos de construcción se basa en gran medida en las técnicas estándar de gestión de proyectos, esto es, las técnicas de planificación y control para entregar los elementos esenciales del proyecto en cuanto a tiempo, costo y calidad (Hartmann et al., 2012). En efecto, esto implica indagar cómo ciertas capacidades organizacionales (espíritu empresarial y redes) impulsan diferentes tipos de innovación (tecnológica y no tecnológica) en pequeñas empresas de construcción que se dedican a la construcción (Wang et al., 2023). Sin embargo, se ha identificado que una dependencia excesiva de los estrictos controles de proyectos y métodos de evaluación en torno a los cuales opera la gestión de proyectos a menudo sofoca la innovación (Koskela & Vrijhoef, 2001). En efecto, la gestión de proyectos generalmente tiene rutas críticas e hitos rígidos que dan poca flexibilidad para la innovación.

Alrededor de las empresas constructoras se han realizado algunas proposiciones clave a tener en cuenta en el proceso de gestión de la innovación, producto de la revisión de literatura realizada por (Pellicer et al., 2012):

1. La innovación proviene de los problemas técnicos que surgen en la ejecución del proyecto en el sitio de construcción.
2. Las empresas constructoras innovan para cumplir con los requisitos del cliente.
3. La alta dirección impulsa proyectos de innovación para mejorar la competitividad de la empresa.
4. Al adoptar un sistema de gestión de la innovación, la innovación sigue una estrategia previamente definida.
5. Con la implantación de un sistema de gestión de la innovación, la compañía responde a la necesidad de generar una diferenciación positiva que sea valorada por los clientes.

6. Las constructoras generalmente innovan en los procesos.
7. La implantación de un sistema de gestión de la innovación mejora la gestión del conocimiento.
8. Las empresas constructoras que adoptan un sistema de gestión de la innovación entienden mejor su entorno.
9. El control de los procesos internos (principalmente de producción y gestión) constituye una fuente básica para la generación de ideas innovadoras.
10. La existencia de un sistema de calidad certificado por la norma ISO 9001 facilita la implantación de un sistema de gestión de la innovación.
11. La existencia de un sistema de gestión de la innovación estimula la subcontratación a empresas especializadas y añade valor al proceso de innovación.
12. La participación del administrador del sitio en el proceso de innovación tiene un impacto significativo en los resultados de la innovación.
13. La innovación en la construcción requiere la participación de equipos multidisciplinarios.
14. La adopción de un sistema de gestión de la innovación mejora las capacidades tecnológicas de la empresa.
15. La adopción de un sistema de gestión de la innovación mejora la competitividad de la empresa.
16. La certificación de un proyecto de innovación mejora los resultados de los proyectos de construcción.
17. La innovación en la construcción se retrasa cuando la alta dirección no la percibe como una estrategia competitiva.
18. La priorización de los procesos productivos dificulta la identificación de oportunidades de innovación.

En estos postulados se puede identificar la relación estrecha que existe entre los procesos de gestión de la innovación en el sector de la construcción y la implementación de normas de calidad, liderazgo del administrador, análisis de las necesidades del cliente, la dirección estratégica para la competitividad, entre otros.

Por su parte, Pellicer et al. (2014) concluyeron que, en la gestión de innovación de empresas constructoras de mediano tamaño, existen algunas condiciones verificadas que se deben tener en cuenta:

1. Los problemas técnicos en los proyectos de construcción, los requisitos del cliente y la alta dirección son los principales impulsores de la innovación en las empresas constructoras.

2. Las empresas constructoras innovan principalmente a través de procesos y sus productos relacionados.

3. Las oportunidades de innovación se identifican como resultado del examen de los procesos internos de la empresa, así como de los proyectos de construcción y el medio ambiente.

4. Identificar, desarrollar y transferir una solución innovadora requiere la integración de múltiples disciplinas:

- Observación del entorno, incluida la vigilancia tecnológica, para buscar oportunidades de innovación, soluciones viables y socios tecnológicos que agreguen valor al proceso de innovación.
- La gestión del conocimiento en la organización puede trasladar los hallazgos a otros proyectos, ya sean de construcción o de innovación.
- La capacidad de detectar requerimientos de los clientes exigentes.

5. La colaboración con partners tecnológicos y la gestión de equipos multidisciplinares son condiciones necesarias para tener innovación en las empresas constructoras.

6. La implementación de un sistema de gestión de la innovación puede beneficiarse de un sistema de gestión de la calidad ya existente.

7. El principal beneficio de la gestión de la innovación es un aumento de la capacidad técnica.

8. Las dos principales barreras a la innovación son la priorización de los procesos productivos y la subestimación de la innovación como estrategia competitiva por parte de la alta dirección.

En una investigación posterior, Yepes et al. (2016) describieron y analizaron los procesos que componen el sistema de gestión de la innovación creativa en una empresa constructora española de tamaño medio, y son: (1) vigilancia tecnológica, (2) creatividad, (3) planificación y ejecución de proyectos de innovación, (4) transferencia de tecnología y protección de resultados y (5) Retroalimentación y evaluación de resultados.

Vigilancia tecnológica: es un esfuerzo sistemático y organizado para observar, recopilar, analizar, difundir y recuperar información veraz y relevante para el entorno empresarial.

Creatividad: la creatividad es la generación de ideas, por parte de los empleados de la empresa, y contribuye a mejorar la organización de acuerdo con los lineamientos estratégicos establecidos.

Planificación y ejecución de proyectos de innovación: este proceso va desde el diseño detallado del proyecto hasta la implementación real en el sitio de construcción o en la empresa.

Transferencia de tecnología: la transferencia de tecnología es el proceso de adquirir, transferir, compartir, licenciar, acceder o posicionar conocimientos innovadores en el mercado. La empresa constructora también busca proteger la información sensible de innovación cuando contrata a empleados, empresas o instituciones.

Retroalimentación y evaluación de resultados: los indicadores permiten comprender el comportamiento innovador del sistema, cumpliendo los objetivos planteados por la alta dirección.

Frente a la implementación del sistema de gestión, Yepes et al. (2016) destacan que se busca que el sistema en funcionamiento no se convierta en una carga para la empresa, lo cual demanda la participación activa y permanente de todos los actores afectados por el sistema y el aprovechamiento de sistemas de calidad, medio ambiente y seguridad y salud. Sin embargo, la experiencia de estos autores indicó que es difícil realizar cambios que afecten el comportamiento de los empleados en particular y de las partes interesadas en general, razón por la que se requiere capacitar al personal en actividades de innovación y mantener el incentivo constante de la actitud innovadora.

2.3.3. Modelos de innovación en el sector de la construcción

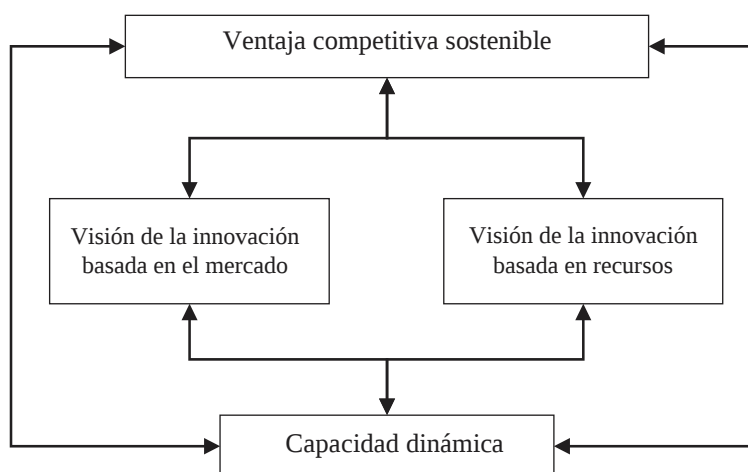
En el sector de la ingeniería y la construcción, se han enfocado únicamente en lograr objetivos de proyectos a corto plazo a expensas de desarrollar capacidades a largo plazo para administrar la innovación y el cambio, lo cual las llevará a la disminución de la productividad, de los márgenes de beneficio y la cuota de mercado (Toole et al., 2013). En este sentido, para aumentar la innovación se requiere un cambio de perspectiva por parte de los líderes de la organización, compromiso con los procesos repetibles y con la asignación de recursos. Frente a esto, Toole et al. (2013) propusieron una herramienta en la que por medio de 61 preguntas se puede

determinar qué tan cerca está una empresa constructora de una organización innovadora modelo, teniendo en cuenta ocho áreas: cultura, recursos, procesos, perspectiva de riesgo, liderazgo, colaboración, aprendizaje y clientes.

La gestión de la innovación en el sector de la construcción demanda un grado de flexibilidad que permita reiteraciones durante el proceso del proyecto, para facilitar la implementación de nuevas tecnologías, lo que además depende de las competencias básicas que tengan las partes interesadas para apoyar el proceso de innovación (Dainty et al., 2005). En este sentido, para el sector de la construcción se ha propuesto un modelo de innovación equilibrada en el que se involucran las visiones basadas en recursos y las visiones basadas en el mercado (ver Figura 18).

Figura 18

Modelo de innovación equilibrada en el sector de la construcción.



Nota. Adaptado de "Construction Innovation: Theory and Practice" por M. G. Sexton y S. Lu, 2012, en A. Akintoye, J. S. Goulding y G. Zawdie (Eds.), *Construction Innovation and Process Improvement* (1.a ed., pp. 45-62), Wiley (<https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch3>).

Las visiones basadas en el mercado y en los recursos representan dos perspectivas estilizadas sobre cómo se puede estimular la innovación. En la práctica, estas dos perspectivas pueden vincularse provechosamente extendiendo el argumento de que existe un ajuste mutuo entre las empresas que “reaccionan a” las oportunidades y amenazas del mercado y las que identifican, desarrollan y explotan “proactivamente” recursos y capacidades para asegurar una base para la innovación en entornos dinámicos (Sexton & Lu, 2012). El desarrollo de las capacidades

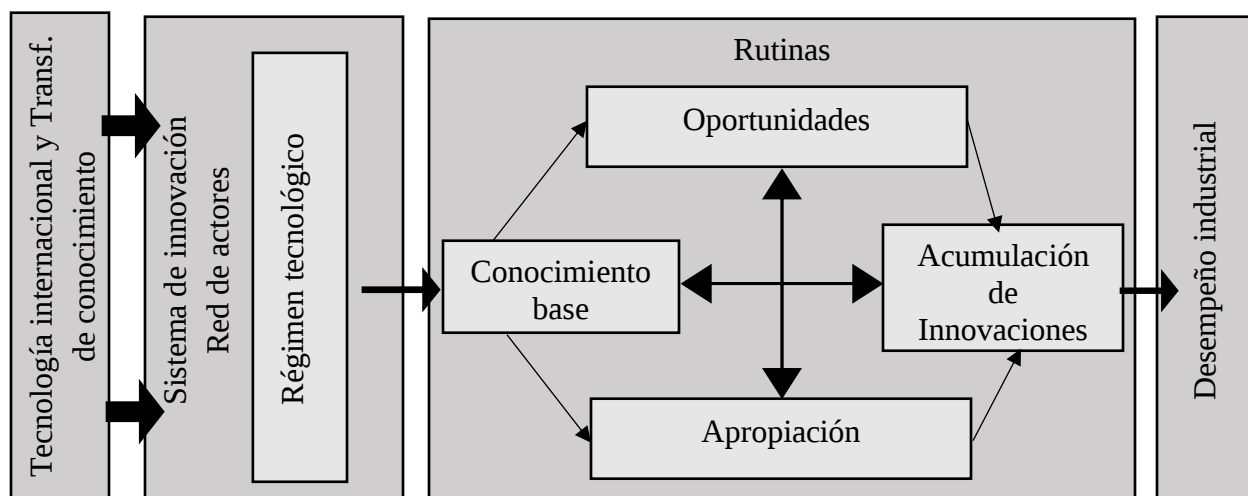
dinámicas óptimas une estos dos recursos para coproducir innovación que crea una ventaja competitiva sostenible.

En la visión equilibrada de la innovación, esta no debe verse simplemente como un nuevo producto o proceso, más bien, debe verse como una interacción compleja de múltiples capas que aprovecha y equilibra las influencias basadas en el mercado y los recursos a través de la creación de capacidades dinámicas apropiadas.

De esta manera, en el sector de la construcción la innovación depende de diferentes impulsores y capacidades, entre las que se encuentran: la tecnología, la transferencia de esta y el conocimiento, el sistema de innovación interconectado, la capacidad tecnológica, el conocimiento y aprendizaje, el régimen tecnológico y rutinas, y la gestión de nichos estratégicos. En este marco, van Egmond (2012) establece que la innovación en el sector de la construcción está determinada por tres componentes de un sistema de innovación: una red de actores que interactúan, un régimen tecnológico particular y rutinas (ver Figura 19).

Figura 19

Marco conceptual para el desarrollo de la innovación



Nota. Adaptado de "Innovation, Technology and Knowledge Transfer for Sustainable Construction" por E. van Egmond, 2012, en A. Akintoye, J. S. Goulding y G. Zawdie (Eds.), Construction Innovation and Process Improvement (1.a ed., pp. 95-123), Wiley (<https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch5>).

El régimen tecnológico define las rutinas que involucran tanto los procesos de aprendizaje como la base de conocimientos, las oportunidades tecnológicas, la apropiación de conocimientos

y tecnologías y la acumulación de innovaciones. El aprendizaje se produce a través de la colaboración, la comunicación y el intercambio de conocimientos entre los actores del sistema de innovación (universidades, arquitectos, ingenieros, proveedores) y puede dar lugar al desarrollo y suministro de invenciones complementarias, así como a adaptaciones institucionales, organizativas y de gestión. Una tecnología innovadora, por muy buena que sea técnicamente, solo será difundida, adoptada e implementada con éxito si encaja bien en el régimen tecnológico imperante que caracteriza la práctica profesional (rutinas) de los actores del sistema de innovación.

Por otro lado, Pellicer et al. (2014) establecieron y validaron un modelo en el que se explica la gestión de la innovación en empresas constructoras (ver Figura 20). En este modelo se observa cómo un sistema de gestión de la innovación transforma los impulsores en resultados y beneficios específicos. El sistema está influenciado por el entorno empresarial y las capacidades organizativas de la empresa. La gestión de la innovación parte de la identificación de oportunidades que se derivan de los requerimientos de los stakeholders (empleados, clientes, proveedores y medio ambiente), así como de las dificultades que se presentan durante el proyecto de construcción. Las mejores ideas son seleccionadas por la alta dirección para convertirlas en proyectos de innovación. El departamento responsable de la innovación organiza y designa los recursos necesarios, así como implementa y supervisa los proyectos. Estas innovaciones son evaluadas y codificadas, convirtiéndose en lecciones aprendidas que pueden ser transferidas a proyectos futuros. Los resultados de la innovación se aplican a los proyectos de construcción de la empresa, estos resultados son un bucle de retroalimentación fundamental para la mejora continua.

Una visión integrada de las etapas del proceso de construcción con la obtención de innovaciones fue desarrollada por Murphy et al. (2015), en el cual se describe el flujo de las actividades de gestión sistemáticas necesarias para implementar una innovación frente a las etapas del proceso del proyecto (ver Figura 21). Estas etapas son:

Intención de innovar: se lleva a cabo un estudio de factibilidad inicial para evaluar las opciones de entrega. Se pondrá en marcha una estrategia determinada por la aceptación cultural para buscar una solución innovadora para el proyecto.

Formulación del concepto de diseño: se identifica y define la innovación, en respuesta al Brief de diseño. Se evalúa la viabilidad técnica y se proponen varias posibles soluciones de diseño.

Los principales elementos de diseño se identifican y elaboran para producir un diseño de edificio conceptual acordado.

Resolución de diseño de detalle: se asegura el compromiso por la innovación entre los stakeholders. Los recursos están comprometidos con el diseño y se lleva a cabo una intensa investigación de factibilidad. (En esta etapa es común que la innovación sea terminada o aplazada).

Figura 20

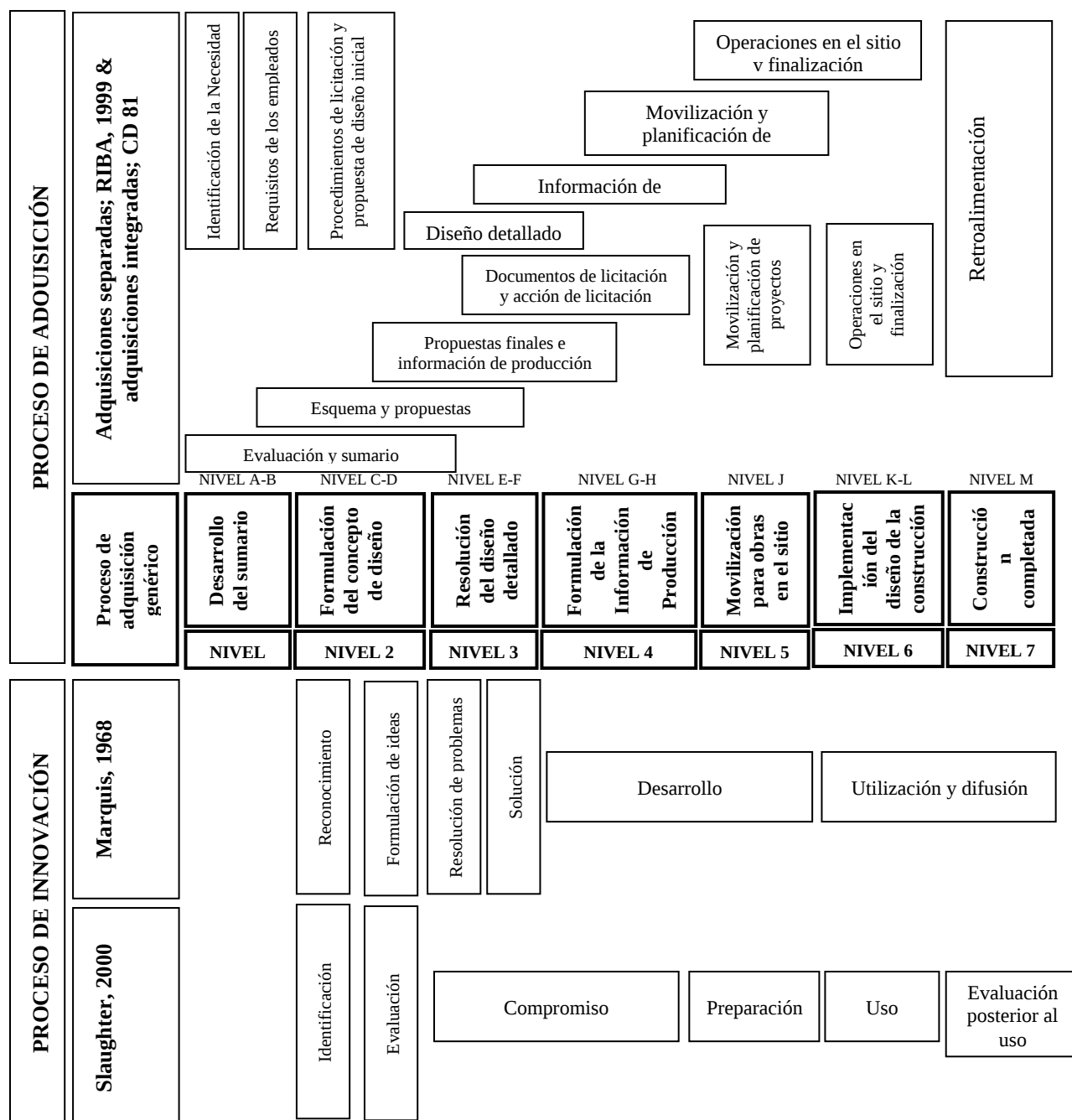
Modelo de gestión de la innovación en la construcción con sus correspondientes proposiciones



Nota. Adaptado de "Model for Systematic Innovation in Construction Companies" por E. Pellicer, V. Yepes, C. L. Correa y L. F. Alarcón, 2014, *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(4), B4014001 ([https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000700](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000700)).

Figura 21

Modelo conceptual de gestión de la implementación sostenida de innovación de productos en proyectos de construcción



Nota. Adaptado de "Innovation management model: A tool for sustained implementation of product innovation into construction projects" por M. E. Murphy, S. Perera y G. Heaney, 2015, *Construction Management and Economics*, 33(3), p. 209-232 (<https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1031684>).

Elaboración de información de producción: se busca que la innovación esté completamente desarrollada, detallada y comunicada a todas las partes interesadas potenciales, en preparación para la construcción. El compromiso se asegura mediante la asignación de recursos, así como la producción de la documentación del proyecto (dibujos, especificaciones, etc.)

Preparación para la implementación: asegura el compromiso de la innovación con todas las partes interesadas relevantes, antes del comienzo de los trabajos. La preparación y el desarrollo de la innovación pueden implicar la producción de un prototipo.

Implementación de la innovación: instalación de la innovación a través de la coordinación, integración y retroalimentación en el sitio por parte de todas las partes interesadas. Si bien es posible que se hayan reducido las incertidumbres de diseño, el riesgo de falla es mayor en esta etapa. Se pueden realizar ajustes y cambios en el sitio para obtener el mayor beneficio de la implementación de la innovación.

Evaluación posterior a la implementación (proyecto terminado): entrega del edificio terminado incorporando la innovación. El hito inicia los procedimientos de revisión posteriores al proyecto para informar el trabajo futuro y aprovechar las oportunidades para la posible reutilización de la innovación. La evaluación posterior al uso implicará la obtención de información sobre la implementación de la innovación. Esto puede difundirse a otros equipos, proyectos de construcción o empresas de diseño.

Inmerso en estas etapas se reconoce que la innovación sigue fases como la identificación y reconocimiento de necesidades, formulación y evaluación de ideas, solución de problemas, compromiso, preparación, desarrollo, uso y difusión de innovaciones, con su posterior evaluación.

2.4. Innovación para la sostenibilidad

La innovación ha sido ampliamente reconocida como un mecanismo clave para abordar las preocupaciones del desarrollo sostenible (Hall et al., 2018). Wagner & Llerena (2008) introdujeron el concepto de innovaciones de sostenibilidad como aquellas que mantienen o aumentan el capital social general (económico, ambiental y social) de una empresa. No obstante, la medición de los efectos económicos, ecológicos y sociales fue limitada con las metodologías existentes en ese momento, lo que condujo a problemas prácticos de dicho concepto. Basados en el anterior concepto, Hansen et al. (2009) introdujeron el concepto de las Innovaciones Orientadas a la

Sostenibilidad (SOI) como innovaciones que se perciben individualmente como una adición de valor neto positivo al capital social general de la empresa, por lo tanto, expresa una declaración individual de intenciones. En consecuencia, la innovación para la sostenibilidad se define como la innovación que integra deliberadamente la creación de valor económico, social y ambiental durante el diseño de nuevos productos, procesos y prácticas, así como nuevos modelos de negocio y cadenas de valor (Adams et al., 2016).

La innovación orientada a la sostenibilidad, es un concepto más amplio que la eco-innovación en la medida en que también abarca la dimensión social, es decir, se preocupa predominantemente por el interés en la existencia continua de la civilización humana. Como tal, es un fenómeno de múltiples niveles que requiere tres fuerzas principales para su promoción: i) a nivel macro: políticas y acciones gubernamentales que estén dirigidas a superar los riesgos inconmensurables que implican las innovaciones radicales, ii) a nivel de empresa: el desarrollo de nuevos modelos de negocio, y iii) a nivel individual: cambios en los mecanismos cognitivos, actitudes y comportamientos de las personas. Estos tres niveles deben interactuar para cambiar el paradigma sociotécnico actual para el desarrollo económico sostenible (Siqueira & Pitassi, 2016). La presente investigación se centra en el segundo nivel, donde a nivel de empresa se proponen cambios para incorporar la sostenibilidad económica, ambiental y social en la organización constructora.

La SOI incluye el diseño de productos de forma que se reduzcan los daños medioambientales, las prácticas sostenibles de la cadena de suministro y la estrategia de contar con un sistema de gestión medioambiental que incluya la norma ISO 14000 (Dey et al., 2020). La innovación para la sostenibilidad más radical, es decir, aquella que transforma por completo la forma como se vive, como se consume y como se interactúa con el medio ambiente, requiere nuevas configuraciones de conocimiento, definir caminos novedosos e incluir diferentes actores. Por lo tanto, existen algunos desafíos que las organizaciones deben abordar y superar para lograr este tipo de innovaciones (ver Tabla 9).

Tabla 9*Desafíos clave de la gestión de la innovación radical para la sostenibilidad*

Actividad de innovación	Desafíos para la innovación radical para la sostenibilidad.
Búsqueda	Visión periférica: búsqueda en campos desconocidos (sectores, tecnologías, mercados, etc.) Reencuadre Encontrar, formar, realizar nuevas redes.
Selección	Asignación de recursos bajo alta incertidumbre Disonancia cognitiva No inventado aquí
Implementación	Movilización interna: nuevas habilidades, estructuras, etc. Cruzando el abismo y el problema de la difusión Nuevo lenguaje apropiado
Estrategia de innovación	Necesidad de un marco claro dentro del cual ubicar la búsqueda, la selección y la implementación: una "hoja de ruta para el futuro" Nuevo paradigma empresarial – criterios basados en la sostenibilidad – personas, beneficio, planeta, etc.

Nota. Adaptado de "Managing innovation for sustainability: Managing innovation for sustainability" por D. Seebode, S. Jeanrenaud y J. Bessant, 2012, *R&D Management*, 42(3), p. 195-206 (<https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2012.00678.x>).

Frente a la innovación orientada a la sostenibilidad, Adams et al. (2016) proponen un marco de análisis en el que establecen las dimensiones y los contextos en los cuales ocurren este tipo de innovaciones. En cuanto a las dimensiones, consisten en tres polos en los cuales puede centrarse y desarrollarse las SOI (ver Tabla 10). Estos son:

Tabla 10*Dimensiones de la innovación orientada a la sostenibilidad*

Dimensiones	Innovación no sostenible	Innovación orientada a la sostenibilidad
Enfoque de innovación	Centrada en la <u>tecnología</u>	Centrada en las <u>personas</u>
Opinión de la empresa sobre su relación con la sociedad	<u>Insular</u> : Enfocada en sí misma	<u>Sistemática</u> : Parte de un ecosistema organizacional
Grado en que la innovación se extiende a la empresa	<u>Independiente</u> : Involucra solamente una unidad o departamento	<u>Integrada</u> : Está en el ADN de la organización

Nota. adaptado de Adams et al (2016).

Técnico/personas: esta dimensión postula el dominio de una visión de la innovación centrada técnicamente y orientada al producto, que promueve ajustes incrementales en la práctica para atender los desafíos ambientales; en contraste, existe una visión de la innovación centrada en

las personas, en la que la innovación se trata como un desafío sociotécnico que afecta a un grupo de elementos que incluyen, cómo se utilizan las innovaciones, a quiénes involucran y cómo impactan en el cambio de comportamiento.

Independiente/integrado: esta dimensión es interna a la empresa y describe hasta qué punto el pensamiento SOI se extiende a través de la empresa: si los SOI son “independientes” o no, como incrementos del diseño dominante asociados, típicamente con departamentos individuales, funciones o productos, o están ampliamente integrados a través de la empresa.

Insular/sistémico: la dimensión insular/sistémica refleja la visión que la empresa tiene de sí misma en relación con la sociedad en general. Se trata de si las innovaciones están o no orientadas internamente, abordan problemas internos, o si están diseñadas y dirigidas para impactar un sistema socioeconómico más amplio más allá de los límites inmediatos de la empresa y las partes interesadas.

Por su parte, Adams et al (2016) identificaron tres contextos en los cuales la empresa puede llevar a cabo la innovación orientada a la sostenibilidad, siendo el tercero, el de mayor acercamiento a tener un negocio sustentable, pero el menos frecuente en las organizaciones (ver Tabla 11). Estos se describen a continuación.

Tabla 11

Características de los contextos de SOI

Aproximación	1. Optimización operacional (eco-eficiencia)	2. Transformación organizacional (Nuevas oportunidades de mercado)	3. Construcción de sistemas (Cambio social)
Objetivo de innovación	Cumplimiento, eficiencia: “hacer mejor las mismas cosas”	Productos, servicios o modelos de negocio novedosos: “hacer el bien haciendo cosas nuevas”	Productos, servicios o modelos de negocio novedosos que son imposibles de lograr solos: “hacer el bien haciendo cosas nuevas”.
Resultado de innovación	Reduce el daño	Crea valor compartido	Crea un impacto positivo neto
Relación de la innovación con la empresa	Mejoras incrementales a lo usual en el negocio	Cambio fundamental en el propósito de la firma.	Se extiende más allá de la empresa para impulsar el cambio institucional.

Nota. Adaptado de "Sustainability-oriented Innovation: A Systematic Review" por R. Adams, S. Jeanrenaud, J. Bessant, D. Denyer y P. Overy, 2016, *International Journal of Management Reviews*, 18(2), p. 180-205 (<https://doi.org/10.1111/ijmr.12068>).

Optimización operacional: refleja una perspectiva orientada internamente sobre la sustentabilidad, refiriéndose a un enfoque de “hacer las mismas cosas, pero mejor” dirigido a reducir el daño a través de mejoras incrementales reactivas impulsadas por el cumplimiento o la búsqueda proactiva de eficiencias. Se trata de actividades característicamente técnicas, autónomas e insulares.

Transformación organizacional: representa un cambio fundamental en la mentalidad y el propósito de “hacer menos daño” a crear valor compartido y brindar beneficios más amplios para la sociedad: “hacer el bien haciendo cosas nuevas”. El contexto se caracteriza por una redefinición de las relaciones internas y externas que cada vez más se conciben en términos de impactos ambientales y sociales. Las actividades están característicamente más orientadas a las personas, integran más profundamente la sostenibilidad dentro de la organización y son menos insulares. Permanece en gran medida orientado internamente, impregnando y difundiendo la sostenibilidad en toda la organización, pero se extiende también a las partes interesadas inmediatas.

Construcción de sistemas: refleja un cambio radical en la filosofía para pensar más allá de la empresa y reformular el propósito de los negocios en la sociedad: “hacer el bien haciendo cosas nuevas con los demás”. Una característica clave es que la sostenibilidad no puede pensarse lógicamente como un atributo de una sola empresa, sino que solo puede aplicarse adecuadamente a nivel mundial esto pone los vínculos en el centro de la actividad de SOI. El contexto se caracteriza por un cambio hacia redes de relaciones en las que el valor de la sostenibilidad se crea de forma colaborativa en lugar de individualmente y las empresas pasan de existir en forma aislada y en competencia a colaboraciones integradas, con el potencial de traer sistemas y dar forma a las innovaciones. Este es un contexto no convencional, en el que relativamente pocas organizaciones o industrias ocupan este espacio.

Para la medición de la innovación orientada a la sostenibilidad, Baxter & Chipulu (2023) ha propuesto las siguientes dimensiones:

- Triple línea de base (social, ambiental, financiera): Considera los impactos sociales, ambientales y económicos.
- Capacidad: Evalúa si la organización tiene las capacidades para entender y evaluar el impacto ambiental de sus productos/servicios (huella de carbono, contaminación, ciclo de vida de materiales).

- Evaluación: Mide si la organización está evaluando activamente esos impactos ambientales.
- Desempeño: Considera si la organización implementa la eco-innovación en la práctica, tanto en sus productos/servicios como en sus operaciones.
- Estrategia: Analiza la estrategia de sostenibilidad de la organización.
- Alianzas: Mide la orientación de la organización hacia alianzas para cumplir sus metas de sostenibilidad.
- Demanda: Considera la demanda futura y los cambios en los patrones de demanda.

Estas dimensiones son importantes porque capturan los diferentes aspectos necesarios para que una organización pueda implementar la SOI de manera efectiva

Recientemente se ha investigado sobre la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) y como las narrativas organizacionales influyen en la adopción de la innovación inspirada en la naturaleza (NII) en corporaciones multinacionales. Al respecto se identificaron tres tipos de narrativas organizacionales relacionadas: Ambigua, Responsable y Aspirational (Mead et al., 2022), las cuales se describen a continuación.

Las Narrativas Ambiguas se caracterizan por tener definiciones poco claras o inexactas de sostenibilidad en la organización. La sostenibilidad se ve como algo político y los esfuerzos al respecto están en silos, con poco impacto en las operaciones generales. Estas organizaciones se encuentran en una etapa de sostenibilidad corporativa centrada principalmente en el negocio. Tienen dificultad para integrar la innovación inspirada en la naturaleza (NII) en sus limitados esfuerzos de sostenibilidad.

Las Narrativas Responsables se distinguen porque la incorporación de sostenibilidad es requerida y esperada en las decisiones cotidianas dentro de la organización. Cuentan con métricas e informes muy institucionalizados sobre sostenibilidad corporativa. Se consideran en una etapa sistémica de sostenibilidad. Ven la sostenibilidad y la innovación como conceptos equivalentes. Sin embargo, sus sistemas rígidos de gestión y medición de la sostenibilidad dificultan la implementación efectiva de iniciativas de innovación inspiradas en la naturaleza.

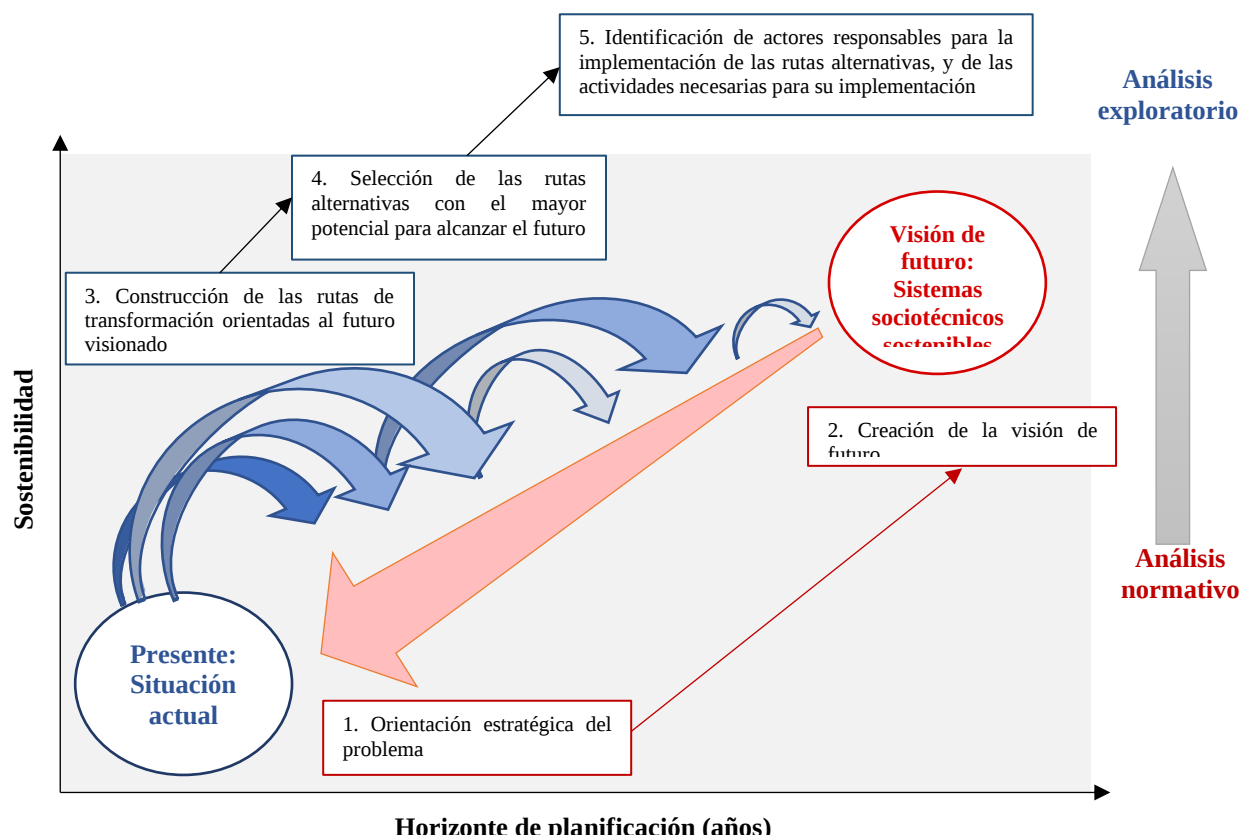
Las Narrativas Aspiracionales tienen como distintivo poseer objetivos ambiciosos de sostenibilidad corporativa sin métricas estrictas. Buscan ser "net positive" o "restaurativas" como

empresa en su conjunto. Se consideran en una etapa regenerativa o coevolutiva de sostenibilidad, viendo a la naturaleza como el estándar de sostenibilidad. Poseen una cultura flexible de innovación descentralizada que facilita la adopción de NII. La innovación inspirada en la naturaleza se integra plenamente en sus objetivos estratégicos de sostenibilidad.

Desde una visión de sistemas y externo a la organización, Burbano (2023) propone un enfoque pragmático para implementar sistemas de innovación orientados a la sostenibilidad (SIS) basado en un análisis integrado de futuros con los pasos metodológicos que se observan en la figura 22. El análisis es integrado debido a que combina el análisis normativo y exploratorio que se explica a continuación.

Figura 22

Pasos generales para implementar sistemas de innovación orientados a la sostenibilidad, bajo un análisis integrado de futuros



Nota. Adaptado de "Innovación en tiempos de incertidumbre: Visión y direccionalidad en sistemas de innovación" por O. Burbano, 2023, *Suma de Negocios*, 14(30), p. 78-94 (<https://doi.org/10.14349/sumneg/2023.V14.N30.A8>).

Análisis normativo:

1. Orientación estratégica del problema: Formular el problema central, definir el sistema, analizar la situación actual, identificar actores.
2. Creación de la visión de futuro: Construir de manera participativa una visión compartida de un futuro sostenible deseado, con indicadores.

Análisis exploratorio:

3. Construcción de rutas de transformación: Generar escenarios de futuro y evaluar fuerzas externas que los pueden impactar.
4. Selección de rutas con mayor potencial: Identificar las rutas alternativas con mayor capacidad para alcanzar la visión de futuro.
5. Plan de implementación: Definir actores responsables, plan de acción y monitoreo para cada ruta seleccionada.

La metodología permite flexibilidad en la selección de métodos específicos para cada paso, según preferencias y recursos disponibles. Promueve un proceso participativo, sistémico y orientado a la acción colectiva hacia la sostenibilidad. Puede ser adaptada a diversos contextos y equilibra visiones de largo plazo con implementación pragmática (Burbano, 2023).

2.4.1. Innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción

La innovación es un medio importante para lograr la sostenibilidad en la construcción. En el estudio de revisión de Wang et al. (2023) se evidenció el creciente énfasis en la sostenibilidad requiere múltiples innovaciones tecnológicas y gerenciales por parte de la industria de la construcción. En efecto, "Sostenibilidad" fue una de las palabras clave más frecuentes en los estudios analizados sobre innovación en la construcción. Por su parte, uno de los clústeres identificados en el análisis de co-citación de palabras clave fue "Vivienda sostenible", indicando que este es un tema de investigación establecido dentro de la innovación en la construcción. También la innovación ambiental y el análisis del ciclo de vida surgieron como temas emergentes en los últimos años, según el análisis de ráfagas de palabras clave. Esto indica que la innovación relacionada con la sostenibilidad es un área de interés creciente. Se predice que la innovación relacionada con la sostenibilidad seguirá siendo un foco de investigación en el futuro dentro de la

innovación en la construcción, dado su creciente énfasis y los requerimientos de la industria por mayores prácticas sostenibles (Wang et al., 2023).

La innovación para la sostenibilidad en el sector de construcción se ha caracterizado por ser de tres tipos: 1) mejora del proceso de construcción en términos de reducción de costes y tiempo y mejora de la calidad, 2) edificios flexibles y basados en la vida útil para reducir los costos operativos y salvaguardar el valor para el cliente, y 3) reducción del impacto ambiental (van Egmond, 2012). Es decir, estas innovaciones no se delimitan solamente en reducir el daño al medio ambiente, sino en asegurar la sostenibilidad de las empresas y la sostenibilidad social otorgando vivienda de valor para el cliente.

A su vez, la innovación de servicios en la construcción sostenible se ha clasificado en tres (Pelli, 2021):

1. Innovación de servicios como nuevos productos/resultados (outputs): Se desarrollan nuevos servicios para el proceso de construcción y su seguimiento, particularmente para la evaluación del desempeño de la solución sostenible. El potencial de cambio sistémico a través de nuevos bucles de retroalimentación reside en los servicios de diseño para los conceptos de sostenibilidad y los servicios que apoyan la producción y adopción en el mercado.
2. Innovación de servicios como nuevos insumos (inputs): Los proyectos identifican las empresas de servicios típicas en cualquier proyecto de construcción, que representan las estructuras establecidas en el sector. La experiencia específica se obtiene mediante consultoras para la gestión de proyectos, la biodiversidad, el diseño de servicios, etc.
3. Innovación de servicios como nuevos procesos: Los nuevos modos operativos en los proyectos destacan el desarrollo de la eficiencia industrial y del proceso de construcción, los datos de monitoreo y la base de evidencia de una solución específica. Por ejemplo, monitoreo del desempeño ambiental y social.

Esto proporciona una perspectiva sobre el potencial de cambio sistémico en la construcción debido a la evolución de los sistemas producto-servicio.

Por su parte, Pelli (2021) ha caracterizado innovaciones para la sostenibilidad en la construcción, basado en categorías como: nuevas empresas de servicios o nuevas capacidades de

entrada, nuevos servicios de salida y nuevos modos de operación probados y desarrollados. En la Tabla 12 se exponen las innovaciones en algunos proyectos de construcción basados en madera.

Tabla 12

Innovación de servicios en proyectos de construcción en madera, comparables frente a otras soluciones

Proyectos	Nuevos servicios (salida)	Nuevas empresas de servicios/capacidades (entrada)	Nuevos modos de operación probados y desarrollados
1. Eficiencia de los recursos	Evaluación de la huella de carbono	[experiencia en evaluación]	Concepto para aumentar la eficiencia de los recursos y el uso de materiales reciclados
2. Construcción de madera energéticamente eficiente	Evaluación de la huella de carbono	—	Prefabricación de madera a escala industrial, soluciones de casas pasivas, construcción ajustada
3. Desarrollo de la comunidad	Servicios a la vivienda multigeneracional y comunalidad	Empresa de diseño de servicios, proveedores de servicios para residentes	Redes de innovación de la ciudad y procesos orientados al usuario para diseñar bloques de apartamentos y sus conceptos de servicio
4. Construcción de madera	Nuevo tipo de financiación de arrendamiento con opción a compra	—	Viviendas asequibles y respetuosas con el medio ambiente mediante soluciones de construcción de madera laminada cruzada prefabricada modular
5. Infraestructura verde	Servicios de ecosistema; planificación, mantenimiento, seguimiento y evaluación de conceptos verdes; colaboración continua en I+D, incl. sensores incorporados	Experiencia en biodiversidad, paisajista, proveedores de servicios de infraestructura de la ciudad	Experimentar nuevas soluciones y recopilar una base de conocimientos para el desarrollo de infraestructura verde
6. Construcción de madera energéticamente eficiente	Planificación, desarrollo de concepto, seguimiento y evaluación de soluciones de madera; colaboración continua en I+D, incl. sensores incorporados	Servicios de gestión de proyectos de construcción en madera.	Soluciones de construcción de madera energéticamente eficientes, incl. base de pruebas y redes regionales; soluciones de tecnología limpia (recuperación de calor de aguas residuales)
7. Bloque de innovación energéticamente eficiente	Automatización y servicios en la nube, sistemas de control remoto y monitorización para el ahorro energético	Consultoría para sistemas energéticos y análisis de ciclo de vida	Diseño de bloques de apartamentos para soluciones innovadoras de eficiencia energética y vida urbana ecológica

Proyectos	Nuevos servicios (salida)	Nuevas empresas de servicios/capacidades (entrada)	Nuevos modos de operación probados y desarrollados
8. Ciudad de madera moderna	[Nuevo tipo de soluciones de inversión privada para los mercados de viviendas de alquiler]	–	Desarrollo de concepto para una ciudad de madera moderna, incl. estándares de construcción, modos de operación, educación y capacitación

Nota. Adaptado de "Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects" por P. Pelli, 2021, *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100061 (<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100061>).

En estas mismas categorías fueron analizadas por Pelli (2021) desde el punto de vista de las tareas de construcción y los actores involucrados: desarrolladores, arquitectos, ingenieros, contratistas y proveedores de materiales y equipos. Para cada uno de ellos se exponen los nuevos servicios de empresa focal, nuevas capacidades y nuevos modos de operación.

Tabla 13

Ejemplos de innovaciones de servicios en el sector de la construcción

Categorías de tareas	Nuevos servicios de la empresa focal	Nuevas empresas de servicios/capacidades	Nuevos modos de operación
Desarrolladores	Servicios y plataformas digitales para inversores, buscadores de vivienda y residentes; soluciones de economía compartida para residentes, p. ej., coche compartido, agricultura ecológica en la ciudad, cobertizo para herramientas	Proveedores de servicios externos para servicios de residentes en los programas de clientes leales (diseño de interiores, renovación de viviendas y otros servicios de vivienda, movilidad y asociaciones de servicios locales) y actividades entre pares de los residentes	Mayor participación de los residentes, incl. actividades vecinales; laboratorios vivientes, plataformas de diseño de servicios y proyectos ciudadanos sobre, por ejemplo, ciudad futura/movilidad futura y conceptos de vida como servicio; diseño y construcción virtual, IoT y gestión de la energía, evaluación y certificación de sostenibilidad
Arquitectos	Soluciones de diseño, por ejemplo, conceptos de construcción abiertos y soluciones de iniciativa propia, incl. productos; herramientas digitales para visualizar planes y valoraciones	Capacidades <i>internas</i> , diseño arquitectónico, disciplinas de planificación e ingeniería, gestión de proyectos, etc. experiencia dentro de una empresa	Mejor apoyo a la colaboración en la etapa inicial, desde la planificación previa hasta todas las fases de planificación; proyectos de desarrollo de ciudad/área
Ingenieros	modelado de información de edificios (BIM) desde la planificación hasta la construcción y la gestión de	Capacidades <i>internas</i> , incl. equipos multidisciplinarios, diseño de servicios	Infraestructuras de ciudad inteligente, IoT, AI, VR, AR, etc. herramientas para ingeniería, diseño, construcción

Categorías de tareas	Nuevos servicios de la empresa focal	Nuevas empresas de servicios/capacidades	Nuevos modos de operación
	instalaciones con, por ejemplo, software como servicio (SaaS), gemelos virtuales, Big Room y herramientas lean; consultoría en gestión de proyectos, simulación, formación y gestión energética, o en prevención de incendios o acústica		y gestión de instalaciones; eventos de desarrollo de software/hackatones; plataformas participativas, diseño de servicios (ciudad inteligente/ciudad del futuro; entornos de aprendizaje) y eventos en las redes sociales; desarrollo de normas y orientación, por ejemplo, para la planificación acústica
Contratistas	Diseño virtual, estudios de proyectos y Big Room; herramientas virtuales, por ejemplo, control de máquinas 3D para excavación; automatización de edificios y servicios en la nube, IoT, gestión de energía y servicios de ciclo de vida; soluciones de electricidad como servicio para las estaciones de carga de vehículos eléctricos; sistemas de prevención de incendios; cadenas de suministro digitales	Capacidades <i>internas</i> ; función de integrador o, según sea necesario, provisión de las tareas necesarias de contratista, subcontratista o proveedor y servicios locales	Procesos lean en la realización de proyectos; infraestructuras de ciudades inteligentes; operaciones de alianza, contratos de ciclo de vida y de precio fijo para servicios de construcción; automatización y modularidad, plataformas de interfaz abierta y soluciones de ciberseguridad
Proveedores de materiales y equipos	Productos y proyectos personalizados, es decir, módulos de servicios de construcción, baños, cocinas, balcones, puertas y ventanas; soluciones de tecnología limpia, energía solar, señalización inteligente, andamios, etc., o; materiales, pinturas y equipos. Academias de productos y herramientas digitales VR/AR para la personalización de productos; plataformas digitales, herramientas de gestión de proyectos, aplicaciones móviles, sensores y monitoreo remoto; herramientas de evaluación, Declaraciones Ambientales de Producto, por ejemplo, elementos de	Servicios de planificación, instalación, mantenimiento, etc., ya sea por proveedores de servicios internos o externos	Prefabricación (elementos, módulos) y operaciones de proyecto desde la planificación hasta el mantenimiento y uso, incl. IoT y cadenas de suministro digitales, datos como servicio y eficiencia a través de la transparencia, por ejemplo, materiales de aislamiento, equipos y tecnología limpia; abastecimiento sostenible de materias primas, por ejemplo, adquisición de madera; herramientas y métodos para la colaboración del usuario para apoyar la creación de mercado, por ejemplo, para la energía solar

Categorías de tareas	Nuevos servicios de la empresa focal	Nuevas empresas de servicios/capacidades	Nuevos modos de operación
	hormigón, pinturas y materiales aislantes		

Nota. Adaptado de "Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects" por P. Pelli, 2021, *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100061 (<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100061>).

El conocimiento sobre la importancia de la sostenibilidad y la innovación en el desarrollo de la vivienda está ganando terreno a nivel mundial, aunque lentamente, dentro del subsector de la vivienda asequible (vivienda de interés social en Colombia), obstaculizado principalmente por la ignorancia de los clientes y la falta de regulaciones asociadas (Moghayedi et al., 2021). Para muchos promotores, el uso de métodos y materiales convencionales para minimizar el coste de construcción de viviendas, independientemente de los efectos financieros negativos asociados en la operación y el mantenimiento de dichas viviendas, sigue siendo la norma. Además, la falta de incentivos para que los promotores tengan en cuenta el coste operativo de la vivienda ha dado lugar a una tendencia a ignorar facetas críticas como la sostenibilidad y la innovación a la hora de desarrollar viviendas asequibles (Patel & Padhya, 2021).

En relación con este contexto, se ha planteado la innovación frugal como como innovaciones que buscan proporcionar soluciones tecnológicas asequibles en contextos con recursos limitados; por lo tanto, puede contribuir al desarrollo sostenible, especialmente en la industria de la construcción, al reducir el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental (Ebolor et al., 2022).

Precisamente, Moghayedi et al. (2021) plantea que los principales factores críticos de éxito para la implementación de viviendas innovadoras sostenibles son:

- Uso de sistemas y accesorios eficientes en energía y agua, los cuales reducen costos operativos y provee un ambiente interior saludable.
- Seguridad en la tenencia, que es un factor social clave.
- Ambiente interno cómodo y saludable, el cual es importante para el bienestar de los ocupantes.

- Precio de la vivienda en relación a los ingresos, que es crítico para asegurar la asequibilidad.
- Uso efectivo de recursos locales y reciclados, los cuales mejoran la sostenibilidad y reducción de costos.
- Métodos de construcción eficientes en energía y residuos, los cuales reducen el impacto ambiental.
- Tecnologías para la reducción de consumo de agua y energía, que son claves para la operación sostenible de las viviendas.
- Costo inicial de las tecnologías, pues deben considerarse para mantener la asequibilidad.

Por su parte, en el estudio de Moghayedi et al. (2022) sobre los elementos clave sobre la adopción de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en proyectos de vivienda asequible encontró que las características de la empresa (experiencia, conocimiento, tamaño) y del proyecto (tipo, tamaño, cliente) tienen un efecto positivo pequeño sobre el nivel de adopción de innovaciones. Sin embargo, los desafíos externos tienen un efecto negativo moderado sobre la adopción de innovaciones, actuando también como factor mediador entre las características internas y el nivel de adopción. Estos desafíos externos son: el alto costo de implementación, la falta de incentivos, regulaciones y directrices técnicas apropiadas, la escasez de conocimientos técnicos y de materiales y tecnologías innovadoras en el mercado local, la incompatibilidad con los métodos convencionales, y la baja aceptación social de las soluciones innovadoras.

Por su parte, Van Nguyen (2023) ha identificado los principales impulsores de la innovación hacia la construcción sostenible:

- Requisitos del cliente: Las demandas y preferencias cambiantes de los clientes por soluciones de construcción más sostenibles impulsan la innovación en materiales, tecnologías y procesos.
- Mejora del rendimiento del proyecto: La necesidad de optimizar procesos, adoptar tecnologías rentables y mejorar los procedimientos de gestión de proyectos para cumplir con los requisitos del cliente motiva la innovación.
- Complejidad del proyecto: Los proyectos de construcción más grandes y complejos en Vietnam plantean obstáculos que requieren soluciones innovadoras.

- Liderazgo: Líderes influyentes que fomentan la innovación, la colaboración y el intercambio de ideas impulsan una cultura de innovación en las empresas de construcción.
- Sostenibilidad ambiental: La necesidad de reducir el impacto ambiental y alinearse con los objetivos ambientales globales impulsa el desarrollo de prácticas de construcción sostenibles.
- Mercado exigente: La alta competencia en el sector de la construcción en Vietnam requiere que las empresas innoven constantemente para diferenciarse y ganar contratos.

En contraste, la regulación y las políticas de innovación se consideran los impulsores menos importantes, debido a una implementación y control inadecuados de las regulaciones. Sin embargo, el trabajo de Li et al. (2023) encuentra que los principales impulsores de la eficiencia de la innovación verde en las empresas de construcción chinas son el nivel de desarrollo industrial, la apertura del mercado y los incentivos gubernamentales a la innovación; mientras que las políticas ambientales estrictas y el gran tamaño de las empresas la obstaculizan.

2.4.2. Modelos de Innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción

Como paso previo de los modelos de innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción, es importante resaltar algunos modelos propuestos para SOI desarrollados para otro tipo de empresas. Este es el caso del trabajo de Ludovico de Almeida & Campelo de Melo (2017), que propusieron un modelo de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en una gran empresa energética, cuyos componentes e interrelaciones se identifican en la Figura 23 y muestran un proceso lineal desde el análisis del contexto, hasta la obtención de consecuencias de la innovación orientada a la sostenibilidad. Estos se describen a continuación:

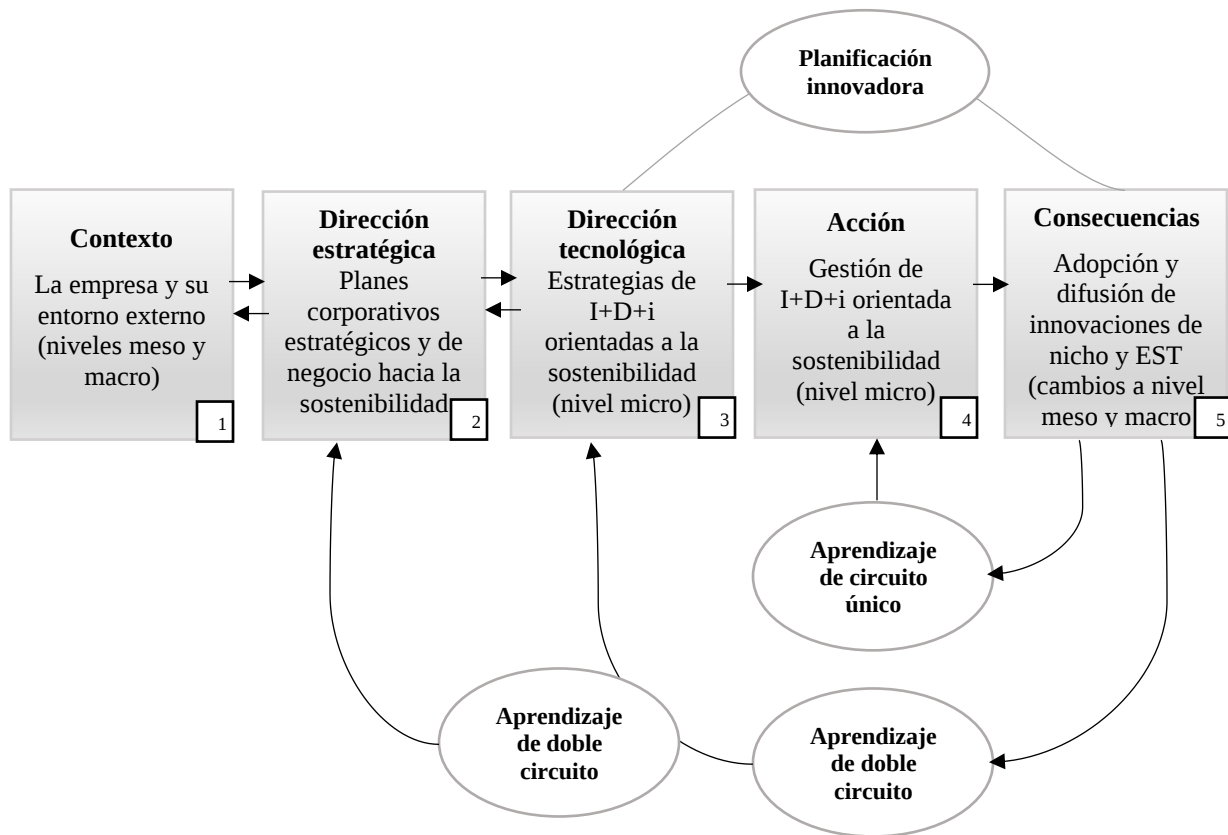
Contexto: abarca análisis de tendencias y escenarios prospectivos relacionados con problemas a nivel macro y meso.

Dirección estratégica: abarca la visión, misión, valores y principios corporativos, el plan estratégico corporativo y los planes de negocio. Envuelve la formulación o revisión de las estrategias corporativas y de negocio, estructuradas en dos niveles: normativo y estratégico. A nivel normativo, la principal actividad es la definición de los objetivos finales, a la luz de sus consecuencias, tal como lo prevé la planificación adaptativa. El nivel estratégico analiza las

opciones estratégicas y sus posibles consecuencias y define “lo que se puede hacer” en función de la línea de tiempo, el marco contextual y los escenarios prospectivos (panorama).

Figura 23

Modelo conceptual de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad



Nota. Adaptado de "Sociotechnical regimes, technological innovation and corporate sustainability: From principles to action" por M. F. Ludovico de Almeida y M. A. Campelo de Melo, 2017, *Technology Analysis & Strategic Management*, 29(4), p. 395-413 (<https://doi.org/10.1080/09537325.2016.1215419>).

Dirección tecnológica: incorpora las estrategias tecnológicas alineadas a las estrategias del negocio y también directrices a largo plazo sobre nichos tecnológicos. Se refiere a la planificación de I+D+i orientada a la sostenibilidad y todo el campo de decisión del sistema tecnológico corporativo. Este sistema está formado por grupos y unidades que trabajan en actividades de I+D, actualizando, adaptando y aplicando tecnologías a las actividades finales de la empresa (planificación innovadora). Al ser un sistema abierto, a su vez, interactúa con los stakeholders externos, tales como entidades gubernamentales, instituciones académicas, clientes y proveedores.

En la dirección estratégica y tecnológica, Ludovico de Almeida & Campelo de Melo (2017) proponen un aprendizaje de bucle doble y en la acción un aprendizaje bucle simple. Las situaciones de aprendizaje de “bucle único” implican la detección de un error y su corrección dentro de un determinado conjunto de “variables de regla”, sin modificarlo. Los procesos de aprendizaje de “doble circuito” se refieren a cambios en estas variables y pueden conducir a un cambio fundamental en la dirección estratégica de las innovaciones del sistema. Los individuos, grupos u organizaciones detectan y corrigen los errores, cuestionando y modificando los valores, supuestos y políticas que rigen su actuación.

Acción: correspondiente a la implementación de carteras de I+D+i, enfocándose en ambas vías: tecnologías ambientalmente racionales (a nivel meso) y nichos tecnológicos (a nivel micro). Este bloque corresponde al nivel de planificación tecnológica táctica y de implantación de las carteras de I+D+i, es decir, la difusión de las soluciones tecnológicas en todas las operaciones, servicios y productos que ofrece la empresa (innovaciones ambientalmente racionales o de nicho).

Consecuencias: se expresa en la evaluación de los impactos y resultados económicos, sociales y ambientales causados por la adopción y difusión de innovaciones de nicho, así como innovaciones ambientalmente racionales (a nivel meso). Abarca:

- Medir el grado de implementación en relación con los objetivos establecidos (eficiencia).
- Retroalimentación a través de los ciclos de aprendizaje simple y doble, y eventuales correcciones durante el proceso de implementación.
- Mapear convergencias y brechas entre los resultados esperados y el desempeño real, analizando sus causas e implicaciones.
- Balance anual que muestre el desempeño de las unidades organizacionales dentro del Sistema Tecnológico, enfocado en rentabilidad, crecimiento, responsabilidad social y responsabilidad ambiental (indicadores Global Reporting Initiative).
- Evaluación de los impactos directos e indirectos de las actuaciones frente a las directrices y objetivos formulados en la dirección tecnológica.

Para asegurar la convergencia de las acciones independientes emprendidas por entidades autónomas dentro de la empresa, aquí se refuerza la importancia de compartir expectativas y valores, y una actitud reflexiva sobre las direcciones comúnmente deseadas hacia la sostenibilidad

a nivel corporativo (Ludovico de Almeida & Campelo de Melo, 2017). Esto refleja la importancia de una cultura organizacional comprometida con la innovación orientada a la sostenibilidad.

Por su parte, Xavier et al. (2017) han identificado el término eco-innovación como sinónimo de innovación ambiental, innovación verde e innovación sostenible, para identificar aquellos cambios con aplicación comercial que contribuyen al medio ambiente sostenible a través del desarrollo de mejoras tecnológicas. A partir de allí, se define el modelo de eco-innovación como “una descripción, ilustración (rasgo descriptivo) u orientación (rasgo normativo) de un proceso, sistema o actividad de eco-innovación” (Xavier et al., 2017, p. 1282), concepto que es aplicable a los modelos de gestión de la innovación para la sostenibilidad.

En la revisión realizada por Xavier et al. (2017) clasificaron siete tipos de modelos según su enfoque, lo que permite comprender la esencia de cada modelo (ver Tabla 14). Estos autores destacan el predominio de modelos interactivos (a través de diagramas y modelos conceptuales, principalmente) con un fuerte enfoque en la dinámica relacional de los elementos de la eco-innovación. Además, la revisión destacó varios marcos que describen en detalle las mejores prácticas para la innovación sostenible, existe un vacío de modelos que presenten características metodológicas y destaca oportunidades para el desarrollo de nuevos procedimientos estructurados para la implementación de eco-innovación y nuevas herramientas de apoyo.

Tabla 14

Ejemplos de innovaciones de servicios en el sector de la construcción

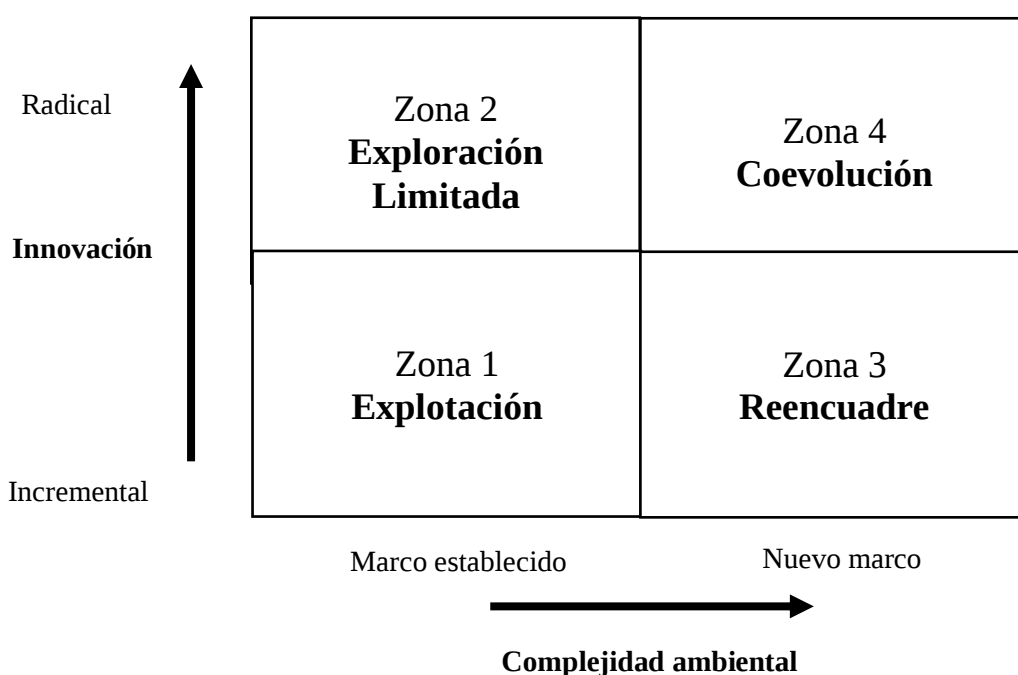
Enfoque	Descripción
Diagrama	Esquema que muestra el flujo de elementos, relaciones, información, conocimiento, recursos, determinantes
Estructura	Marco descriptivo con acciones, buenas prácticas, elementos, pasos, determinantes
Diagrama de flujo	Flujo de un proceso específico, de alguna etapa (ideación, resolución de problemas) o tipo de eco-innovación
Modelo de proceso	Modelo macro del proceso de eco innovación (que ilustra los pasos para la implementación, para todo el ciclo de vida o para una fase específica)
Modelo sistémico	Modelo que ilustra todo el sistema (los aspectos internos, externos y sus relaciones)
Modelo conceptual	Modelo conceptual para investigar la relación y la influencia entre los elementos de la eco innovación (para la prueba de hipótesis)
Método	Procedimiento estructurado para la implementación o etapa de eco-innovación y herramientas de apoyo

Nota. Adaptado de "Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research" por A. F. Xavier, R. M. Naveiro, A. Aoussat y T. Reyes, 2017, *Journal of Cleaner Production*, 149, p. 1278-1302 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.145>).

La interrelación entre la innovación y la sostenibilidad requiere de un abordaje a nivel de sistemas. En este sentido, la gestión de la innovación para la sostenibilidad demanda flujos de conocimiento de la innovación dentro de los componentes o estado actual del mercado y el entorno. Sin embargo, cuando existe un cambio en el entorno, los canales y flujos existentes pueden no ser apropiados o suficientes para respaldar la innovación, y la empresa necesita desarrollar otros nuevos. Frente a esto, Seebode et al. (2012) mapearon el desafío de la gestión de la innovación en cuatro cuadrantes, que dependen del tipo de innovación y de la complejidad ambiental (ver Figura 24).

Figura 24

Mapa simplificado del espacio de gestión de la innovación



Nota. Adaptado de "Managing innovation for sustainability: Managing innovation for sustainability" por D. Seebode, S. Jeanrenaud y J. Bessant, 2012, *R&D Management*, 42(3), p. 195-206 (<https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2012.00678.x>).

En este sentido, las empresas pueden innovar a nivel de componentes, el lado izquierdo del marco establecido, tanto de manera incremental como radical, pero tales cambios tienen lugar dentro de una configuración central asumida de elementos tecnológicos y de mercado: la arquitectura dominante. Moverse hacia la derecha introduce el problema de las arquitecturas nuevas y emergentes que surgen de formas alternativas de enmarcar entre elementos

complejos. Por lo tanto, la innovación para la sostenibilidad representa un desafío importante para la gestión de la innovación porque requiere incorporar múltiples elementos nuevos y partes interesadas (Seebode et al., 2012).

De acuerdo con lo anterior, Seebode et al. (2012) sugiere que las zonas 3 y 4 es donde tendrá lugar gran parte de la actividad innovadora para la sostenibilidad. En la zona 3, las empresas comienzan para tener en cuenta el impacto de sus actividades en sistemas sociales y ambientales más amplios, y esto influye en el diseño de productos y procesos particulares, pero la innovación puede seguir siendo incremental (por ejemplo, ecoeficiencia, reducir la huella de carbono, reducir, reciclar reutilizar, etc.). En la zona 4, las empresas involucran sistemas significativos en torno a soluciones emergentes y radicalmente diferentes, así como la coevolución de las estructuras, técnicas organizativas y socioeconómicas (por ejemplo, sistemas de movilidad sostenible, suministros de energía renovable, cambios en los estilos de vida, marcos regulatorios, y demás cambios en la forma como se vive y se consume).

Chaux & Orejuela (2021) proponen un modelo de economía circular aplicado a los proyectos de construcción para estimular el logro de innovaciones que contribuyan al desarrollo sostenible del país (ver Figura 18). Sus elementos se describen a continuación:

1) *Estructuración y diseño*: es la maximización del impacto positivo en las personas y el medio ambiente por medio de estructuración y diseño de edificaciones que tengan en cuenta los ODS, metas de cambio climático a nivel nacional, las propias necesidades y las de la comunidad.

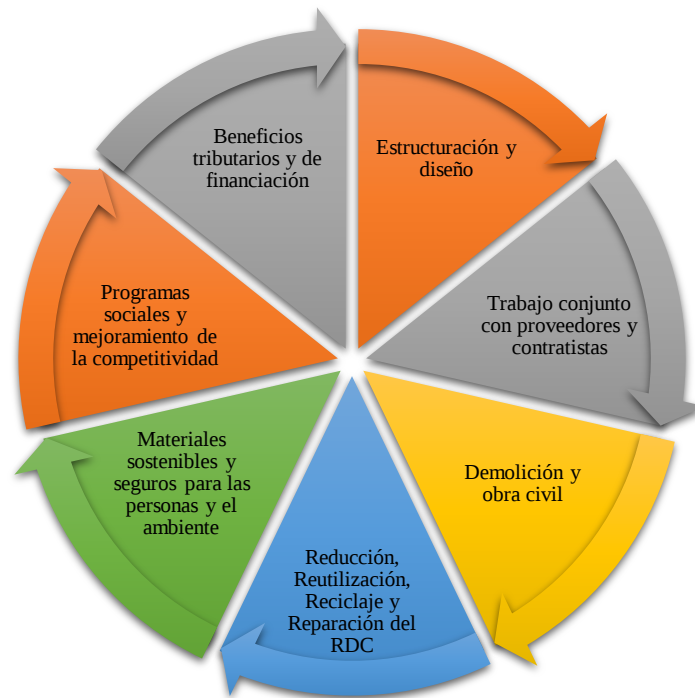
2) *Trabajo conjunto con proveedores y contratistas*: establecimiento de un portafolio de compras sostenibles para la construcción y procesos de diagnóstico de estándares de sostenibilidad de las empresas con las que se relaciona la organización, lo que implica el trabajo conjunto de contratistas y proveedores.

3) *Demolición y obra civil*: minimización de los impactos negativos sobre el medio ambiente y la intensidad en el consumo de los recursos naturales, lo que implica la planeación sostenible de los procesos de demolición y obra civil.

4) *Reducción, reutilización, reciclaje y reparación (RDC)*: gestión de procesos y alianzas estratégicas para el aprovechamiento de los residuos de demolición y construcción en nuevos procesos industriales.

Figura 25

Modelo de economía circular para la innovación sostenible en el sector de la construcción



Nota. Adaptado de "Monografía - EAN Legacy: Economía circular en construcción" por M. A. Chaux y M. Á. Orejuela, 2021, Tesis de Maestría, Universidad EAN (<https://repository.ean.edu.co/handle/10882/11541>).

5) *Materiales sostenibles y seguros para las personas y el ambiente*: definición de materiales y diseños que propendan por la salud, la productividad de los espacios y el bienestar de quienes intervienen en el proceso de construcción.

6) *Programas sociales y mejoramiento de la competitividad*: desarrollo de alianzas interinstitucionales e iniciativas que mejoren la competitividad de quienes están involucrados en el proyecto de construcción.

7) *Beneficios tributarios y de financiación*: capitalización de los beneficios de los diferentes instrumentos de política pública que existen para incentivar la construcción sostenible. Esta última fase implica el perfeccionamiento iterativo de la estrategia en la medida que se diseña, estructura y construye, y se incorporan más actores al proyecto. Esto genera un círculo de co-creación que refleja los objetivos de la economía circular en las tres dimensiones de la sostenibilidad.

Dado que el campo de investigación de los modelos de innovación para la sostenibilidad es reciente, Xavier et al. (2017) destacan que existen brechas y oportunidades para futuras investigaciones:

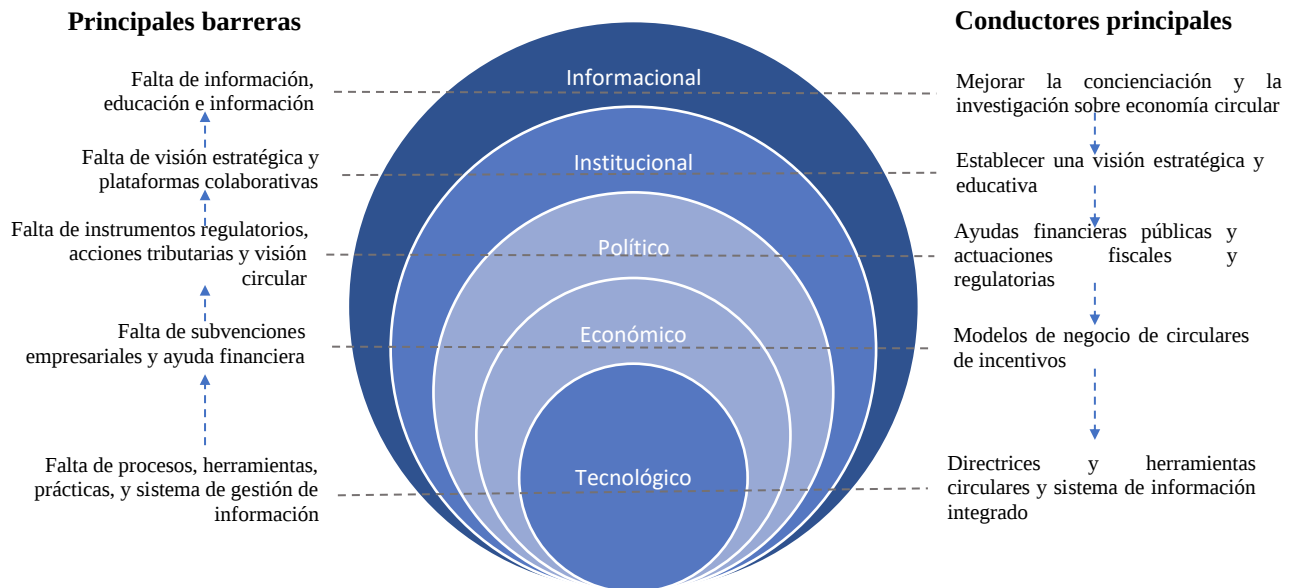
- Existe un vacío de modelos que presenten características de método, a través de un procedimiento estructurado para la implementación de eco-innovación o para una etapa de eco-innovación, así como sus herramientas de apoyo.
- Faltan modelos relacionados con los factores estructurales de la empresa (habilidades específicas, capacidad ambiental, cultura, liderazgo), de modelos relacionados con los aspectos sociales de la sostenibilidad, de modelos centrados en el servicio, y también de modelos que reflejen el alto potencial de innovación sostenible de la organización.
- Existen pocos modelos adaptados a segmentos, sistemas o empresas. Así, hay oportunidades para modelos sistémicos y de cadena de valor, que abarquen todos los elementos y relaciones entre el contexto interno y externo de la eco-innovación.
- Hay una brecha significativa en la caracterización normativa del modelo. Es a través de los modelos normativos que se desarrollan aplicaciones y estándares de desempeño ideales para futuras oportunidades de investigación.
- Pocos son los modelos con un nivel de detalle profundo, lo que aumenta la posibilidad de nuevas disertaciones, tesis y libros.
- Oportunidad de aplicación de los modelos no experimentales en segmentos aún no estudiados, tales como: tecnología de la información, biotecnología, mecatrónica, alimentos, farmacéutica, automotriz, construcción, militar, naval.
- A pesar de que la investigación se centró en las empresas de PSS, no se propuso ningún modelo de eco-innovación específicamente para una industria de servicios. Del mismo modo, algunos estudios han tenido sus análisis aplicados a las PYME, pero ningún modelo directo a las pequeñas TBC (empresas de base tecnológica). Por lo tanto, este campo de conocimiento aún es amplio para nuevos investigadores.

Sin embargo, es importante tener en cuenta las barreras, impulsores y actores clave para la implementación de la economía circular en el sector de la construcción (ver figura 26). De acuerdo con Munaro & Tavares (2023) los impulsores clave son el establecimiento de un marco regulatorio y fiscal por parte del gobierno para incentivar el uso de materiales reciclados y penalizar la generación de residuos, junto con el desarrollo de herramientas y procesos eficientes de gestión de

residuos. A nivel institucional, se requiere mayor colaboración entre actores, capacitación e integración de la circularidad en las métricas y guías del sector. La innovación en modelos de negocio, productos y servicios también es un impulsor relevante.

Figura 26

Relación de las categorías de barreras e impulsores en la transición a la economía circular en el sector de la construcción



Nota. Adaptado de "A review on barriers, drivers, and stakeholders towards the circular economy: The construction sector perspective" por M. R. Munaro y S. F. Tavares, 2023, *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, 100107 (<https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100107>).

Las principales barreras son la falta de liderazgo e incentivos gubernamentales para la transición, la cultura lineal de la industria, y los altos costos percibidos de los modelos circulares. A nivel tecnológico, la falta de estandarización y de herramientas para trazabilidad y diseño para desmontaje dificultan la implementación. La falta de demanda, confianza en productos reciclados y concientización ciudadana también obstaculizan la transición.

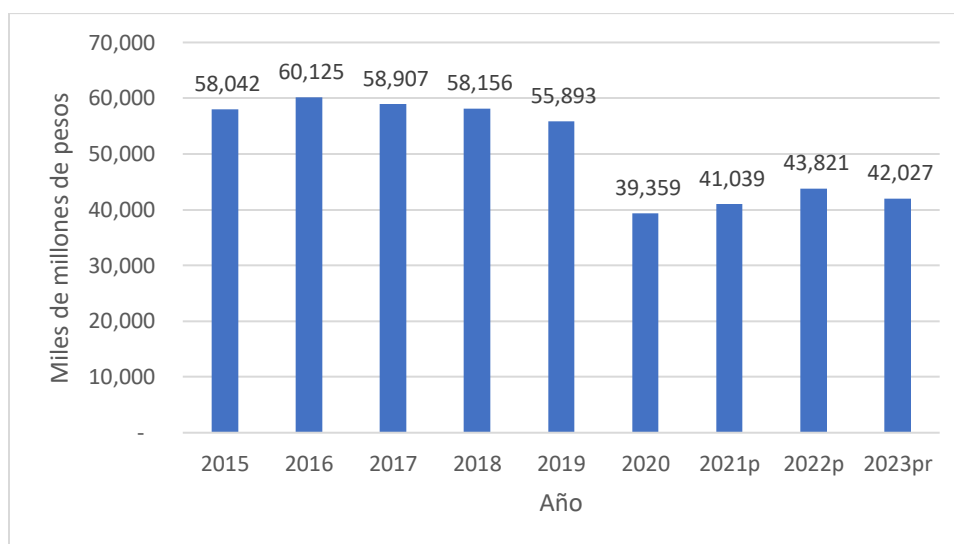
Los actores clave son el gobierno, encargado de la regulación e incentivos; los profesionales del sector, responsables de implementar cambios tecnológicos y modelos de negocio; proveedores de materiales y tecnología; clientes generando demanda; académicos investigando; y el público a través de la concientización y participación. La clave está en lograr una acción conjunta entre estos actores.

2.5. La construcción en Colombia.

En el Censo Económico de Colombia se determinó que en el país hay 2.548.896 unidades económicas, de las cuales el 55.2% son de comercio, el 40.15% servicios, 4.2% industria, 0.3% transporte y 0.22% construcción; este último correspondiente a 5.614 unidades (DANE, 2022a). Pese a esta aparente baja importancia que tienen las unidades productivas de la construcción en el país, el sector de la construcción alcanzó una producción de 42.027 miles de millones de pesos en el año 2023, que representó el 4.3% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Como se observa en la Figura 27, la producción de este sector había venido decayendo desde el año 2016 hasta el año 2019 y sufrió una caída destacada en el año 2020 a 39.359 miles de millones de pesos producto de la pandemia. En el año 2021 la producción del sector muestra una recuperación debido a la reducción de casos de contagio de Covid-19 y la reactivación de la economía. En conjunto, la producción del sector construcción en Colombia decreció en promedio un -2.21% entre el año 2015 y el 2023, lo que evidencia un estancamiento de su dinámica con perspectivas de mejora.

Figura 27

Producto Interno Bruto del sector de la construcción en Colombia, periodo 2015 – 2023, precios constantes base 2015

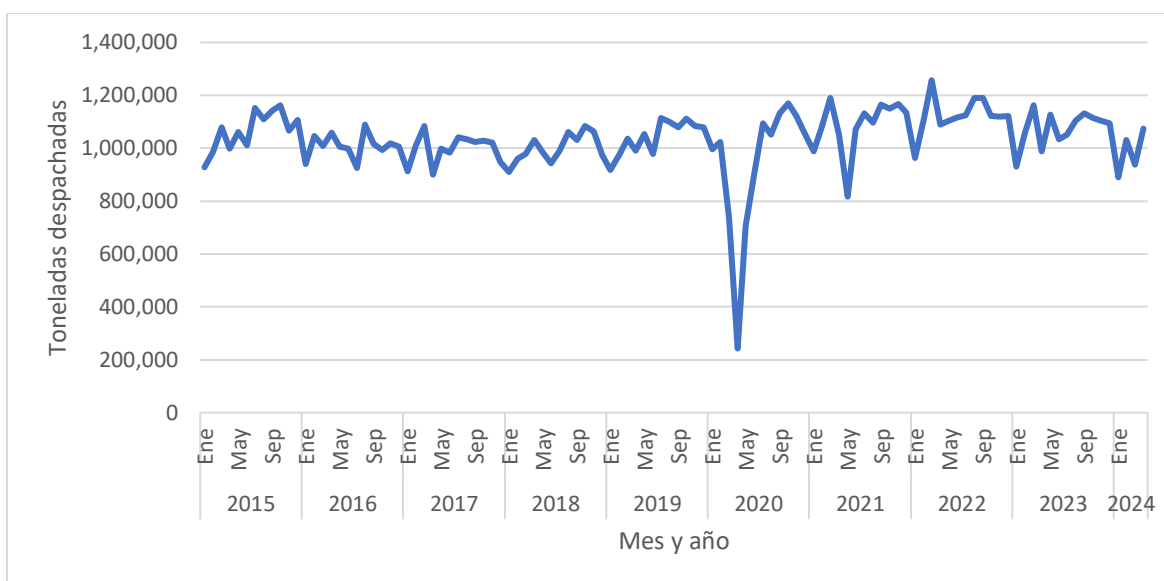


Nota. Datos tomados de "Cuentas nacionales departamentales: PIB por departamento" por DANE, 2024a, PIB por departamento (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>).

Los despachos de cemento gris son un indicador del dinamismo del sector construcción y la Figura 28 evidencia que, en Colombia, entre 2015 y 2019, los despachos nacionales venían presentando un decrecimiento sin caer por debajo del millón de toneladas (ver Figura 24). Sin embargo, en abril del año 2020 los despachos cayeron a 242.414 toneladas, una cuarta parte de los despachos que habían venido presentándose hasta 2019. En agosto del año 2020 los despachos volvieron a sobrepasar el millón de toneladas tras la reactivación del sector y se han alcanzado niveles históricos 1.257.126 toneladas en marzo de 2022, pero han decrecido hasta 1.073.128 toneladas en abril de 2024. En conjunto, los despachos nacionales de cemento gris han crecido a una tasa promedio del 3.4% entre 2015 y abril de 2024.

Figura 28

Toneladas de cemento gris despachadas en Colombia, periodo 2015 – abril de 2024

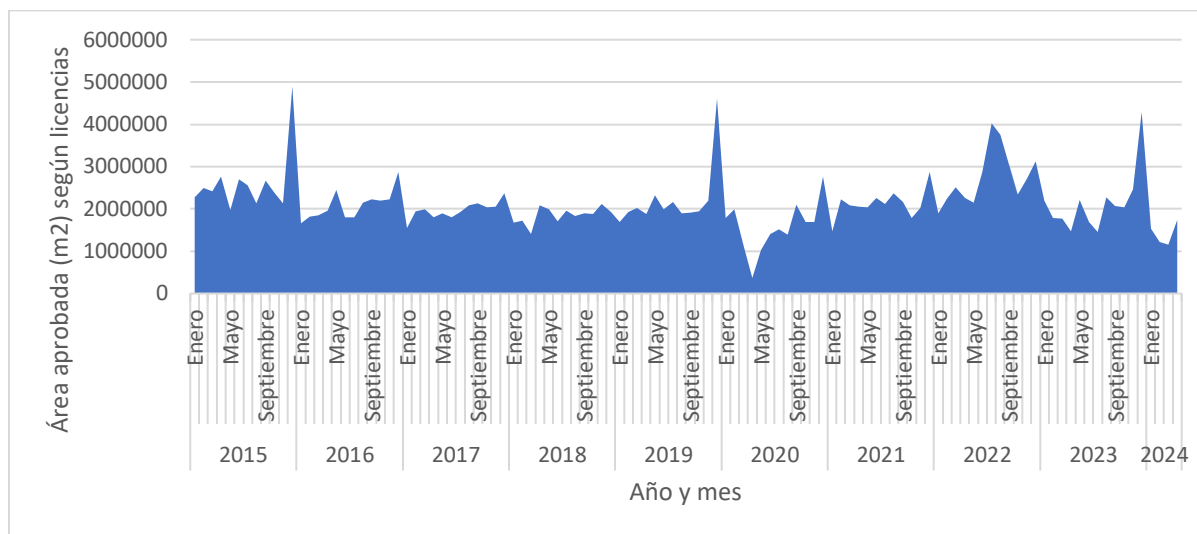


Nota. Datos tomados de "Estadísticas de Cemento Gris (ECG)" por DANE, 2024b, Estadísticas de Cemento Gris (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-cemento-gris>).

Las licencias de construcción evidencian un retroceso de la actividad constructora en Colombia, pues la Figura 29 muestra que en enero de 2015 se aprobó un área total de 2.273.265 m² y durante todo el periodo ha venido disminuyendo hasta alcanzar un total de 1.739.521 m² en abril de 2024. También es evidente que el área aprobada en licencias de construcción se ha recuperado de la caída en el año 2019 por motivos de la pandemia.

Figura 29

Actividad edificadora según licencias de construcción, periodo 2015 – 2024



Nota. Datos tomados de "Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC)" por DANE, 2024c, Licencias de construcción (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>).

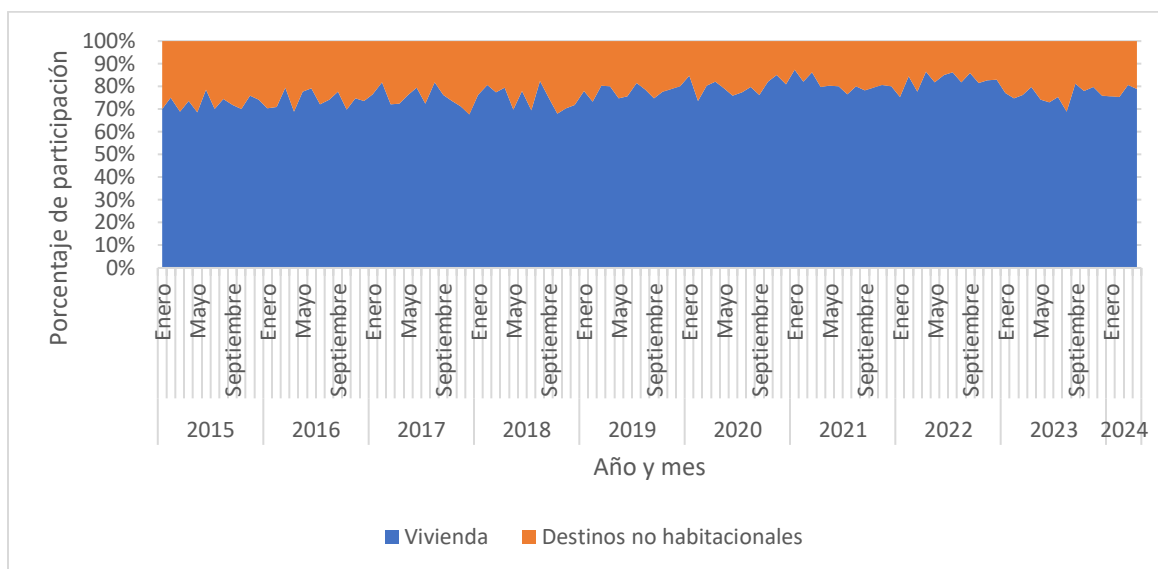
El uso de las licencias de construcción permite observar que la tendencia histórica ha sido para vivienda, con más del 70% del área aprobada. La figura 30 muestra además que la tendencia de la construcción de vivienda se ha incrementado, ya que en enero de 2015 la proporción de usos era 70% vivienda y 30% uso no habitacional, en abril de 2024 dicha proporción se modificó a favor de la vivienda con un 78.96%. En este sentido, es evidente que el enfoque del sector de la construcción en Colombia ha sido las edificaciones de uso habitacional.

En Colombia se han reconocido diferentes dificultades para la implementación de la innovación como: tradicionalismo organizacional, innovación vista individualmente como una forma de reducir costos, más que un sistema de gestión, sistemas de calidad que solo se aplican de forma documental, se asimilan las innovaciones de manera muy lenta, dependencia del avance local y nacional de las tecnologías, los diseñadores no tienen incentivos para innovar sin la aprobación de los directores de proyectos, poca colaboración entre el sector de la construcción y la universidad, las normativas para la gestión de la innovación no es reconocida por las constructoras, los costos de innovar se visualizan como gastos innecesarios, no se realiza vigilancia tecnológica, las innovaciones que se realizan en la construcción generalmente obedecen a

exigencias de los proyectos puntuales, los gerentes de proyectos son renuentes a la visión de la innovación continua y se conoce poco sobre la gestión de la innovación (Quimbay, 2019).

Figura 30

Distribución de la actividad edificadora según el uso de la construcción, periodo 2015 - 2024



Nota. Datos tomados de "Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC)" por DANE, 2024c, Licencias de construcción (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>).

2.5.1. Sector de la construcción en el Departamento de Boyacá

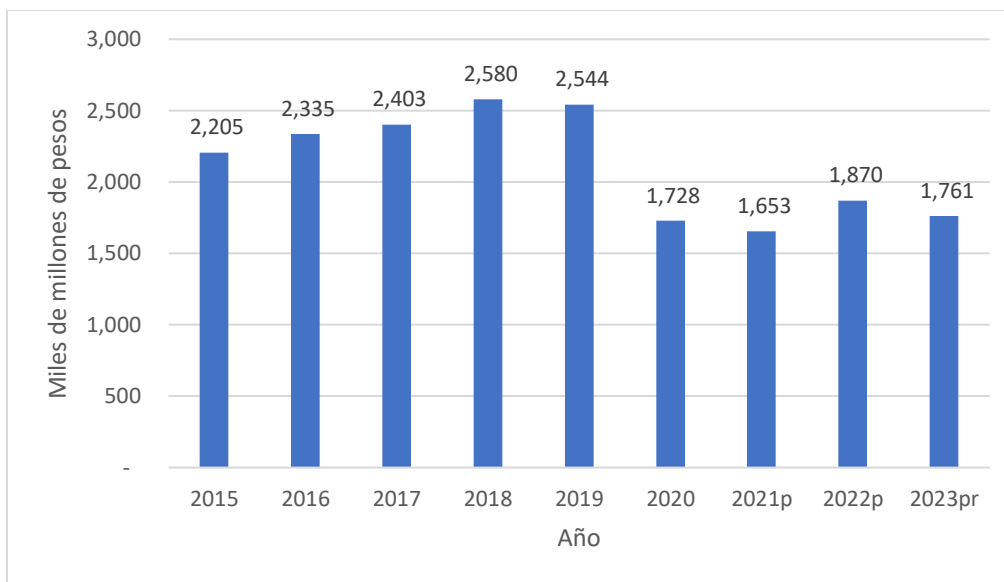
La construcción en Boyacá ha sido un sector dinamizador de la economía y fuente de empleo. Pese a que en el conteo realizado en el Censo Económico da cuenta de 195 unidades productivas en Boyacá dedicadas a la construcción (DANE, 2022a), la participación del sector en el PIB departamental fue del 7.1% en el año 2023, superior a la importancia que tiene este mismo sector en la producción nacional (DANE, 2022b). Además, el sector de la construcción en Boyacá creció en promedio un 1.33% entre el año 2015 y 2023, lo cual es favorable considerando las condiciones de la pandemia y que a nivel nacional el sector decreció.

La Figura 31 evidencia que la construcción en Boyacá, a diferencia del nivel nacional, venía creciendo entre 2015 y 2019, decayó a 1.912 miles de millones de pesos con la pandemia en el año 2020 y aún no se recuperó en el año 2023. En este sentido, mientras a nivel nacional la

producción del sector construcción se recupera, en Boyacá aun no sobrepasa los niveles alcanzados en el año 2020, ni los niveles históricos superiores a los 2.500 miles de millones de pesos.

Figura 31

Producto interno bruto del sector de la construcción en Boyacá, periodo 2015 – 2020, precios constantes base 2015

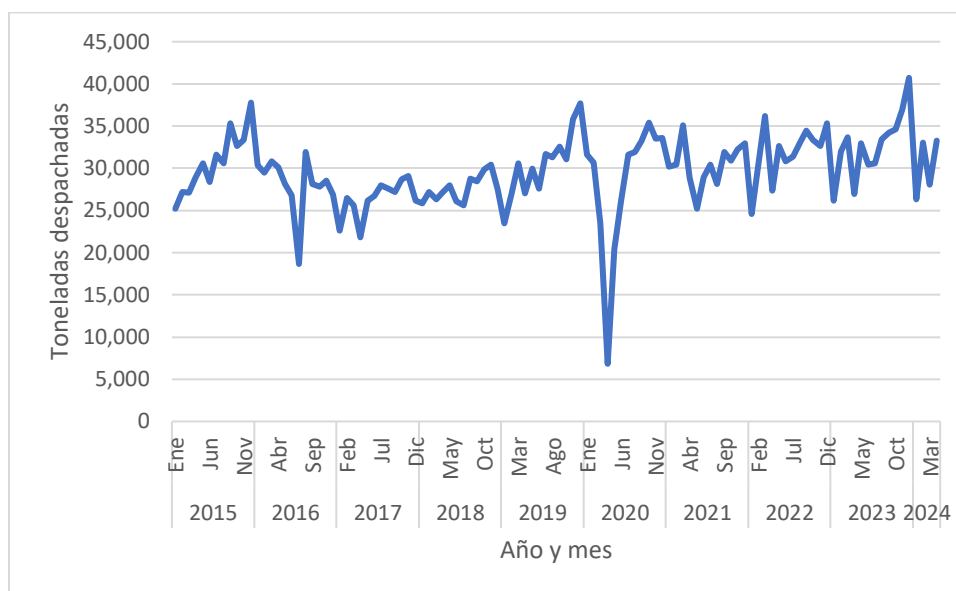


Nota. Datos tomados de "Cuentas nacionales departamentales: PIB por departamento" por DANE, 2024a, PIB por departamento (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>).

En Boyacá, las toneladas despachadas de cemento gris muestran un comportamiento creciente en todo el año 2015, un decrecimiento hasta mitad de 2016 y un crecimiento variable hasta diciembre del año 2019 (ver Figura 32). Con la declaración de la pandemia los despachos de este material de construcción decayeron y con la reactivación de la economía han tenido un comportamiento variable entre los 25.000 y 40.000 toneladas despachadas, con un nivel histórico de 40.715 toneladas en diciembre de 2023. En promedio, los despachos de cemento gris en Boyacá han crecido un 4.9% entre 2015 y 2024, lo cual evidencia la solidez del sector construcción pese a la variabilidad en la provisión de esta materia prima.

Figura 32

Toneladas de cemento gris despachadas en Boyacá, periodo 2015 – 2024



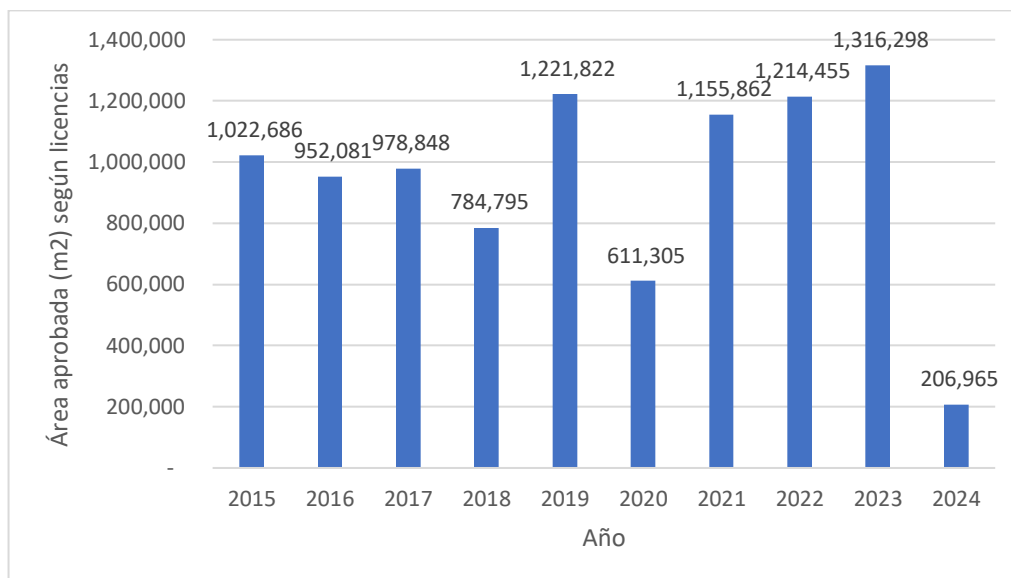
Nota. Datos tomados de "Estadísticas de Cemento Gris (ECG)" por DANE, 2024b, Estadísticas de Cemento Gris (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-cemento-gris>).

En las cifras disponibles para 21 municipios de Boyacá, el área aprobada de construcción según licencias muestra que durante todo el periodo dicha área se ha reducido, desde 1.022.686 m² en el año 2015 hasta 765.970 m² en el año 2021 (ver Figura 33). Se observa una tendencia a la recuperación del sector de construcción en Boyacá, pero aún no se recuperan niveles de área aprobada obtenidos en años anteriores.

En Boyacá se ha encontrado que el 95.83% de las empresas de construcción de edificaciones no tienen capacidades suficientes para generar utilidades operacionales, lo cual las pone en desventaja y riesgo de cumplimiento de sus objetivos empresariales o el acceso a licitaciones públicas de construcción (Hernández et al., 2022). En este sentido, para estas empresas boyacenses existe una mayor sensibilidad a los cambios del mercado dada su débil capacidad organizacional.

Figura 33

Área según licencias de construcción del departamento de Boyacá, periodo 2015 – abril de 2024



Nota. Datos tomados de "Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC)" por DANE, 2024c, Licencias de construcción (<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>).

3. Metodología de la Investigación

3.1. Línea de investigación

La línea de investigación en la que se inscribe esta tesis doctoral es Innovación para la sostenibilidad de las organizaciones, del grupo de investigación G3PYMES, categorizado en Colciencias en A1.

3.2. Diseño metodológico

La investigación es de enfoque *cuantitativo* en el cual se utiliza la medición de unidades de análisis, muestreo y recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación o probar hipótesis formuladas previamente (Ñaupas et al., 2014). En este enfoque se realiza la comprobación de hipótesis las cuales son planteadas al inicio de la investigación, con frecuencia se basa en métodos de recolección de datos numéricos y el análisis estadístico (R. Hernández et al., 2014). En este sentido, la innovación orientada a la sostenibilidad del sector de la construcción en Boyacá se aborda a partir de datos objetivos informados a través de cuestionario.

El diseño de investigación inicialmente es de tipo descriptivo, puesto que se requiere seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y la descripción detallada de las partes, categorías o clases de análisis (Hernández & Mendoza, 2018). Sin embargo, el tipo de investigación es correlacional, dado que realizaron análisis estadísticos inferenciales para determinar si hay tendencias, patrones o relaciones causales entre las variables.

Este diseño se complementa con la investigación *proyectiva*, que consiste en elaborar un modelo que permita solucionar un problema en un área particular de conocimiento, partiendo de un diagnóstico sobre las necesidades y hallando explicaciones que permitan alcanzar objetivos, en este caso, relacionados con la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción de Boyacá. En este tipo de investigación se elaboran propuestas, planes de solución, pero no necesariamente se lleva a cabo su implementación.

3.3. Muestra seleccionada

Se indagó en las tres cámaras de comercio de Boyacá, ubicadas en Tunja, Duitama y Sogamoso, las empresas de construcción clasificadas como medianas y grandes empresas, activas

y renovadas para el año 2022. Dicho filtro dio como resultado 28 organizaciones, las cuales se relacionan en la Tabla 15.

Tabla 15

Empresas participantes de la investigación

Ciudad	Razón social
Tunja	Mellado Toloza Lorenzo Anibal
	Constructora CHM S.A.S
	Construcción e ingeniería global S.A.S Bygger S.A.S.
	Pedraza ingeniería sas
	Medina peña cilda esperanza
	Feyma ingeniería SAS
	Prac obras de ingeniería S.A.S.
	Constructora país S.A.S
	Orbeing s.a.s.
	Ivan Yezid Galvis Chacon
	Robayo Casallas Rafael Antonio
	Sociedad Inge Asfaltos S.A.S
	Gilgal Internacional SAS
	CALING Limitada
Sogamoso	Medina Barón Juan Carlos
	Cristalina Casa Mármol
	Gomez Orduz Fabio Luis
	Solano Hermanos Construcciones S.A.S
Duitama	Interproyectos S.A.S
	ICM Ingeniería Construcciones y Montajes sociedad por acciones simplificada
	Procesos Energéticos Integrales Limitada
	Inversiones MUVAR S.A.S
	Arquitectura Lotus S.A.S.
	Triturados Paz de Rio S.A.S.
	Solza Proyectos y Construcciones S.A.S
	Da Vinci Diseños y Proyectos S.A.S.
	Soler Barrera Inversiones y Construcciones S.A.S.
	Interelectricas IMAC S.A.S.

Nota. Consulta realizada en cámaras de Comercio de Boyacá.

3.4. Procedimiento e instrumentos de recolección de información

La presente investigación se desarrolló siguiendo tres procedimientos principales: revisión de literatura, recolección de información primaria y diseño y validación del modelo de gestión de SOI para medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá. En la tabla 16 se puede evidenciar la coherencia de los mismos según los objetivos de la investigación, por ejemplo la información recolectada con las empresas constructoras contribuye al logro de los tres primeros

objetivos, la información documental complementa la formulación de los componentes del modelo en el tercer objetivo, y el cuestionario de evaluación de expertos a la validación del modelo en el cuarto objetivo. A continuación, se describen estos procedimientos.

Tabla 16

Procedimientos e instrumentos de recolección de información

Objetivo específico	Procedimiento	Instrumento
Caracterizar la organización de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, frente a la sostenibilidad.		
Diagnosticar las innovaciones y la gestión de innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.	Recolección y análisis de información de medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá	Instrumento de recolección de la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción
Formular los componentes y relaciones entre variables del modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.	Procedimiento para revisión de literatura	Matriz de extracción de datos
Validar el modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad propuesto para las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.	Procedimiento para la recolección de información para la validación del diseño y del modelo de gestión por medio de expertos	Cuestionario de evaluación para la validación del modelo propuesto, por parte de expertos.

Nota. Objetivos, procedimientos e instrumentos de la investigación.

3.4.1. Procedimiento para revisión de literatura.

Se realizó una búsqueda sistemática del estado del arte sobre "innovación para la sostenibilidad" (innovation for sustainability) en dos bases de datos académicas: Scopus y Web of Science. Esta búsqueda se llevó a cabo en junio de 2022. En Scopus, se identificaron 220 artículos relevantes cuyo título, palabras clave, resumen y temáticas estaban relacionados con el objeto de estudio. Se analizó la tendencia de publicación de estas investigaciones a lo largo del tiempo, así como las áreas de conocimiento desde las cuales se ha abordado el tema. En Web of Science, la búsqueda arrojó 208 publicaciones. Se examinó la evolución temporal de estas publicaciones y se identificaron las principales áreas de conocimiento que han tratado la temática. Se observó que, a diferencia de Scopus, Web of Science mostró un grupo significativo de estudios enfocados en el área de ciencias de la construcción y la edificación.

La información se recolectó en una matriz que contiene los autores, título, volumen, páginas, palabras clave y tipo de documento. Para ambas bases de datos, se realizó un análisis de las temáticas abordadas en las investigaciones utilizando el software VOSviewer. Esto permitió crear redes de conceptos comunes y visualizar la evolución de los enfoques de investigación a lo largo del tiempo. Se identificaron y analizaron en profundidad 12 investigaciones que abordaban la innovación para la sostenibilidad desde un enfoque de gestión. Estas se clasificaron por fecha de publicación y se evaluó su impacto académico basado en el número de citas.

Adicionalmente, se realizó una búsqueda específica de artículos que abordaran la innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción desde un enfoque cercano a la gestión. Se excluyeron aquellos estudios enfocados puramente en ingeniería y ciencia de los materiales. Finalmente, dado que se encontraron pocos estudios recientes sobre modelos de gestión de innovaciones para la sostenibilidad, se amplió la revisión para incluir investigaciones de los últimos 5 años que se acercaran al objeto de estudio. Esto incluyó artículos y tesis de grado sobre la gestión de innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción, así como trabajos que abordaran los temas de innovación y sostenibilidad de forma interdependiente en este sector o en otros sectores relevantes.

3.4.2. Procedimiento para recolección y análisis de información de medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

El cuestionario para la recolección de información se diseñó teniendo en cuenta escalas validadas en diferentes investigaciones sobre tipos de innovaciones orientadas a la sostenibilidad (SOI) (Inigo et al., 2020; Troise et al., 2021), gestión de SOI (Maletič et al., 2016; Rodríguez et al., 2022), competencias de SOI (Maletič et al., 2016), actividades y comportamiento SOI (Adams et al., 2016; Klewitz & Hansen, 2014), resultados de SOI (De et al., 2020; Wu, 2017) y factores que influyen en este tipo de innovación (Khurana et al., 2019, 2021).

El instrumento surtió proceso de validación con expertos en innovación, sostenibilidad y estadística, bajo criterios de claridad, coherencia, relevancia y suficiencia (ver formato en el Anexo 1). El perfil de los expertos se relaciona en la Tabla 16, quienes sugirieron realizar ajustes de redacción para lograr claridad en las preguntas, considerar si se incluía o no preguntas sobre la gestión familiar, tener en cuenta las escalas para poder realizar cálculos estadísticos y ampliar explicaciones para preguntas que el encuestado no lograría entender.

Tabla 17*Expertos que validaron el instrumento de recolección de información*

Nombre del experto	Formación Académica y/o experiencia
Miguel Orejuela Duarte	Ingeniero Civil, Master of Science; MS. Proyectos de desarrollo sostenible, Consultor en Construcción y Proyectos de Desarrollo Sostenible
John Ernesto Carrero	Ingeniero metalúrgico, Magister en planeación urbana y regional, experto en el sector de la construcción
Diego Fernando Molano	Economista, Candidato a doctor en Modelado en política y gestión pública.
Jaime Cuadros Dávila	Licenciado en matemáticas, Candidato a doctor en Educación, consultor y asesor estadístico.
Omaira Manzano Duran	Licenciada en matemáticas, Doctora en educación
Emma Sofia Corredor	Zootecnista, Candidata a doctora en Sostenibilidad

Nota. Datos recolectados de la validación del Instrumento de recolección de la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción.

El ajuste del instrumento tuvo como resultado el Anexo 2 del presente documento, con 8 secciones de medición que se muestran a continuación:

- Sección 1. Caracterización de la organización
- Sección 2. Existencia y tipos de innovaciones orientadas a la sostenibilidad
- Sección 3. Gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI)
- Sección 4. Despliegue de competencias de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI).
- Sección 5. Actividades de innovación orientadas a la sostenibilidad (SOI).
- Sección 6. Comportamiento respecto a la innovación orientadas a la sostenibilidad (SOI).
- Sección 7. Resultados en la innovación en la sostenibilidad.
- Sección 8. Factores que influyen en la innovación orientada a la sostenibilidad

El cuestionario de recolección de información se digitalizó en Google Forms y se envió a las empresas seleccionadas. Dado que algunas de ellas no respondieron a la invitación a contestar el instrumento de forma virtual, se realizó una visita presencial para acompañar el diligenciamiento y respuesta de este.

Con la información recolectada, se calculó un Alfa de Cronbach del instrumento, el cual fue fiable para cada una de las escalas y en su totalidad, dado que dicho indicador supera la base de 0.7 (ver Tabla 18).

Tabla 18*Confiabilidad de las escalas del instrumento de recolección*

Variable	Número de ítems	Alfa de Cronbach
Innovación orientada a la sostenibilidad	17	0.786
Gestión de SOI	12	0.872
Competencias de SOI	6	0.724
Actividades de SOI	5	0.929
Comportamientos de SOI	4	0.735
Resultados de sostenibilidad	15	0.873
Factores que influyen en SOI	31	0.842
Total del instrumento	90	0.943

Nota. Datos recolectados y procesados a partir del cuestionario de evaluación.

Debido a que las escalas de medición fueron dicotómicas o de cuatro y cinco opciones de respuesta en escala tipo Likert, para el análisis estadístico de la información se construyó un puntaje transformado entre 0 y 10. Estos puntajes transformados se analizaron por medio de estadística descriptiva, multivariada e inferencial. En esta última, se estimaron correlaciones entre los ítems de las variables por medio del estadístico Rho Spearman, pues los datos no son paramétricos y la muestra es pequeña.

3.4.3. Procedimiento para la recolección de información para la validación del diseño y del modelo de gestión por medio de expertos.

El modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad para empresas de construcción se diseñó teniendo en cuenta las características de las empresas que participaron de la investigación, las correlaciones encontradas entre variables y la revisión teórica y de literatura sobre este tipo de innovación en el sector de la construcción. El esquema y descripción del modelo y la descripción general de los componentes se validó por medio de expertos, a través de un cuestionario de evaluación bajo criterios de claridad, coherencia, relevancia y suficiencia del modelo planteado (ver Anexo 4). El perfil de los expertos que participaron en la validación del modelo de gestión se relaciona en la Tabla 19.

Tabla 19*Expertos que validaron el instrumento de recolección de información*

Nombre del experto	Formación académica	Experiencia
Ing. Ángel Becerra	Ingeniero sanitario y ambiental, especialista en gerencia de proyectos.	Profesional con más de 20 años de experiencia en el lector de ambiental, residente de obra, director de obra, asesor en temas ambientales en diferentes proyectos de construcción, interventor de obra; empresario del sector de la construcción por más de 20 años.
Ing. Omar Ortiz	Profesional en ingeniería y arquitectura, Ingeniero civil.	Mas de 20 años de experiencia en el sector de la construcción como residente, director, interventor de obras a lo largo del país, empresario del sector de la construcción por más de 15 años
Ing. Cristian Acosta	Ingeniero civil, especialista en estructuras	Amplia experiencia en la ejecución de obras y mega obras, residente y director de obra, actualmente se desempeña como gerente de una empresa de construcción boyacense con más de 13 años de crecimiento en el país.
Ing. Mauricio Gómez	Ingeniero civil, especialista en planeación y gestión del desarrollo territorial, especialista en estructuras, especialista en gerencia de proyectos de construcción, magister en gerencia de proyectos de construcción	Residente de obra e interventoría, secretario de planeación, obras públicas e infraestructura en diferentes municipios del departamento de Boyacá con más de 15 años de experiencia en la planeación y ejecución de proyectos de construcción.
Ing. Ferney Medina	Ingeniero civil, especialista en gestión de proyectos	Ha sido residente de obra y de interventora, actualmente se desempeña como secretario de planeación e infraestructura en un municipio del departamento de Boyacá, con más de 10 de experiencia en el sector de la construcción.

Nota. Datos recolectados y procesados a partir del cuestionario de evaluación.

Para evaluar la concordancia entre los jueces en la validación del modelo, se calculó el coeficiente de concordancia W de Kendall, siguiendo la metodología propuesta por Kendall (1948) y discutida en detalle por Siegel & Castellan Jr. (1988) y Gibbons & Chakraborti (2010). El coeficiente W de Kendall es una medida no paramétrica de acuerdo entre evaluadores que califica el mismo conjunto de elementos (Legendre, 2005; Sheskin, 2020; Zar, 2009).

4. Análisis y Discusión de resultados

En este capítulo se analizan los resultados de la investigación desde la estadística descriptiva, se validan hipótesis con estadística inferencial y se discuten los resultados a la luz del marco teórico y literatura investigativa.

4.1. Análisis de resultados

Los datos recolectados con el cuestionario aplicado se procesaron asignando un puntaje bruto correspondiente a las respuestas de las empresas participantes en cada uno de los ítems (ver Tabla 20). El puntaje bruto de cada variable correspondió a la sumatoria de los puntajes de cada uno de sus ítems.

Tabla 20

Puntajes brutos asignados a las respuestas de los cuestionarios

Respuesta	Puntaje bruto
Sí	1
No	0
Nunca	0
Pocas veces	1
Algunas veces	2
Casi siempre	3
Siempre	4
Opción 1	0
Opción 2	1
Opción 3	2
Opción 4	3
Muy bajo	0
Bajo	1
Medio	2
Alto	3
Muy alto	4

Los puntajes brutos se transformaron en un puntaje común en una escala de 1 a 10, el cual no solo es útil para realizar estadística descriptiva e inferencial, sino que permite la calificación de cada una de las variables en niveles de muy bajo a muy alto (ver Tabla 21). Los puntajes transformados para las variables de la investigación se pueden observar en el Anexo 6.

Tabla 21

Escala valorativa para los puntajes transformados de las variables de la investigación

Rango del puntaje transformado	Descripción
0 - 2	Muy bajo
3 - 4	Bajo
5 - 6	Medio
7 - 8	Alto
9 - 10	Muy alto

Los estadísticos descriptivos de los puntajes transformados de las variables de la investigación se pueden observar en la Tabla 22. Si bien las características de los hallazgos se profundizan en esta sección, alrededor de los resultados de la Tabla 22 se puede identificar que la Innovación Orientada a la Sostenibilidad (SOI) se encuentra en un nivel medio, con un puntaje de 5.71, la gestión de SOI también en un nivel medio, con 5.1, los resultados atribuidos a SOI en un nivel bajo, con 4.72, y los factores influyentes en SOI en un nivel alto con 8.02.

Tabla 22

Estadísticos descriptivos de los puntajes transformados de las variables

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Innovación de procesos	28	,00	10,00	5,9536	2,79039
Innovación organizacional	28	,00	7,50	4,4643	2,29302
Innovación de productos	28	,00	10,00	7,6214	3,25740
Innovación de servicios	28	2,50	10,00	5,8929	2,17459
Innovación en Responsabilidad Social	28	3,30	6,70	5,0000	1,73120
Innovación Orientada a la Sostenibilidad	28	2,40	8,80	5,7107	1,86475
Procesos de gestión de SOI	28	2,30	8,80	5,1214	1,71018
Competencias SOI	28	2,10	9,20	5,6786	1,72420
Actividades SOI	28	,00	8,00	3,3571	2,83541
Comportamientos SOI	28	1,30	8,10	5,9000	1,69115
Gestión de SOI	28	2,00	8,40	5,1000	1,70142
Resultados económicos	28	,00	6,90	3,6679	1,55731
Resultados ambientales	28	2,00	7,00	4,2857	1,41702
Resultados sociales	28	2,50	10,00	5,8000	1,82412
Resultados totales	28	2,00	7,70	4,7250	1,35254
Iniciativas Gubernamentales	28	5,00	10,00	8,3571	1,47834
Apoyo de la Alta Dirección	28	5,00	10,00	8,6000	1,20185
Recursos Financieros	28	6,30	10,00	8,6500	1,10303
Recursos Tecnológicos	28	3,10	10,00	6,8143	2,07520
Desarrollo de Capacidades	28	4,40	10,00	7,2821	1,65060
Tamaño de la Empresa	28	2,50	10,00	8,2357	1,70037
Capacidad de Colaboración	28	5,00	10,00	7,7750	1,52816
Innovación Abierta y Sostenible	28	4,20	10,00	8,6929	1,62411
Total Factores Influyentes en SOI	28	6,90	10,00	8,0250	,86093

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

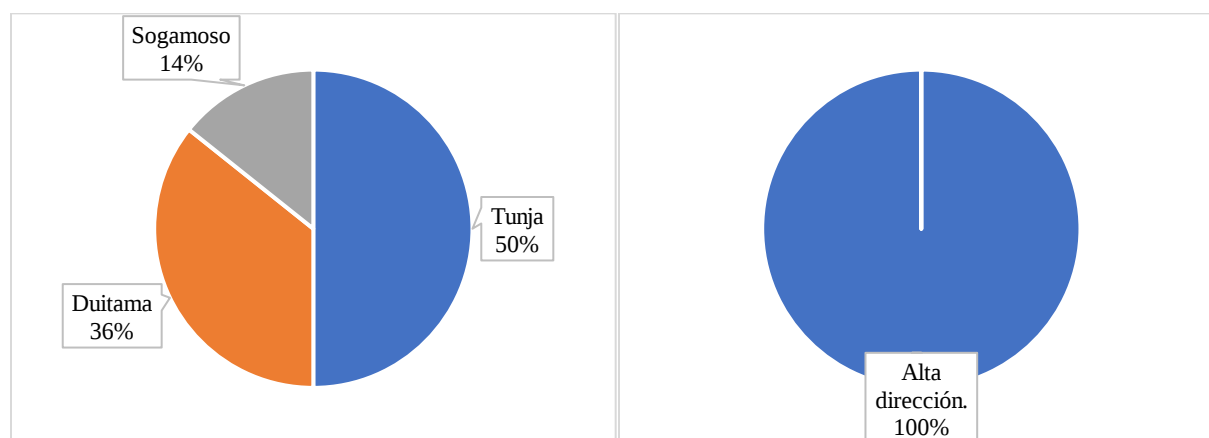
A continuación, se exponen las características generales de las empresas participantes de la investigación, para luego profundizar en las variables indagadas: innovación orientada a la sostenibilidad, gestión de SOI, resultados de SOI y factores influyentes en SOI. Estos hallazgos serán la base para la construcción de la propuesta de modelo de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá.

4.1.1. Características de las empresas medianas y grandes empresas de construcción de Boyacá

En Boyacá, la mitad de las empresas medianas y grandes de construcción se encuentran en su capital, Tunja, el 36% en Duitama y el 14% en Sogamoso (ver Figura 34). Las personas que respondieron el instrumento en su totalidad pertenecen a la alta dirección de las empresas, lo cual indica un conocimiento amplio de los ámbitos de la gestión de esta para responder el cuestionario.

Figura 34

Ciudad de ubicación de la empresa y nivel del cargo del informante del cuestionario



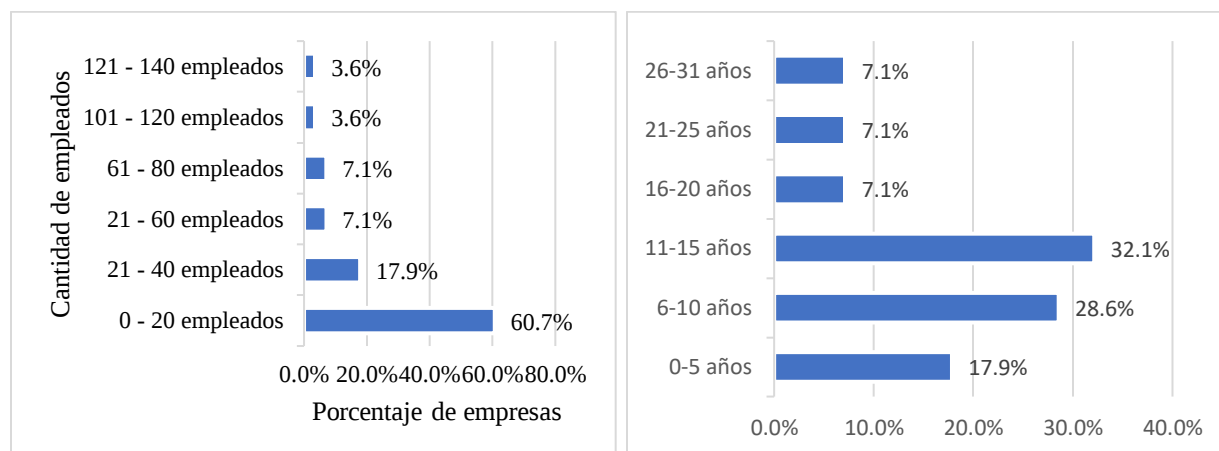
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

El 60.7% de las empresas tienen menos de 20 empleados y el 17.9% tienen entre 21 y 40 (ver Figura 35), lo cual indica que, si bien los tamaños de las empresas según sus activos son medianas y grandes, emplean poco personal de forma directa. Lo anterior obedece a que las actividades de construcción se subcontratan de forma temporal, mientras que, de forma fija, mantienen en nómina a personal administrativo y conductores. En cuanto a la antigüedad de las empresas, la Figura 35 evidencia que la mayoría lleva operando entre 11 y 15 años (32.1%) y entre 6 y 10 años (28.6%); en menor medida son nuevas el 17.9%, mientras que las demás empresas

llevan en el mercado entre 11 y 31 años. Esta antigüedad muestra una experiencia de la mayoría de las empresas del sector de menos de 15 años.

Figura 35

Número de empleados y antigüedad de la empresa en el mercado

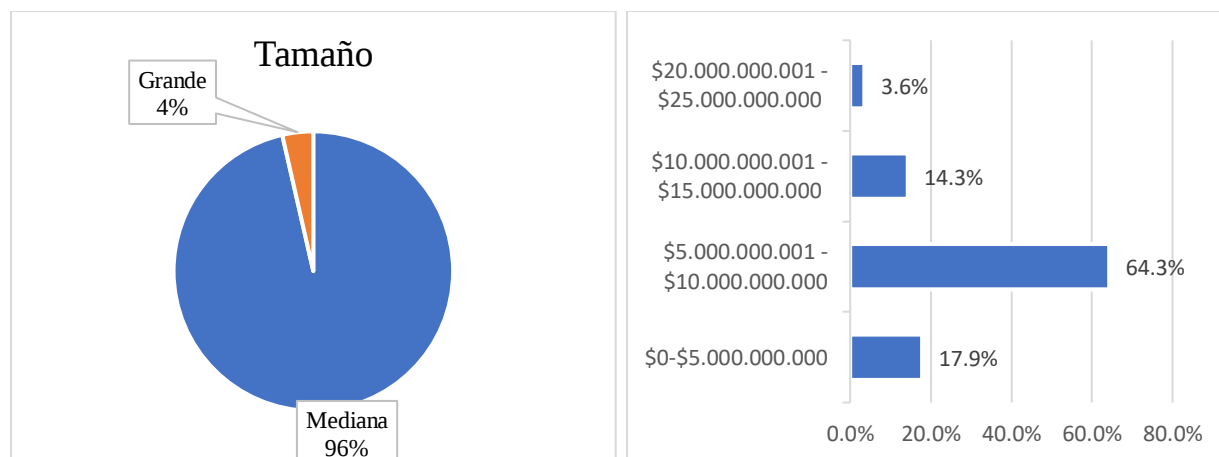


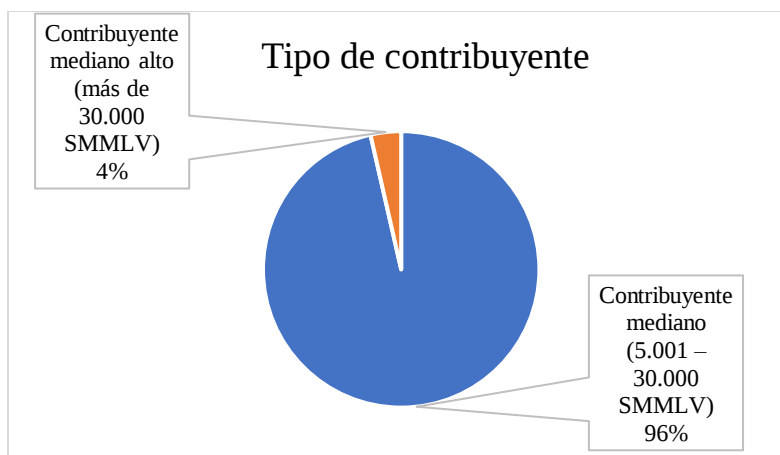
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En cuanto al tamaño de las empresas, la mayoría es mediana (96%), sus ingresos se encuentran principalmente entre los 5.000 y 10.000 millones de pesos (64.3%) seguido por las empresas que generan menos de 5.000 millones de ventas al año (17.9%) (ver Figura 36). La mayoría de las empresas son contribuyentes medianos, con patrimonios entre 5.000 y 30.000 millones de pesos (96%). Estos datos revelan que el grupo de empresas principalmente son medianas, con ventas menores a los 10.000 millones de pesos al año (ver Figura 36).

Figura 36

Tamaño de la empresa, volumen de ventas al año y tipo de contribuyente



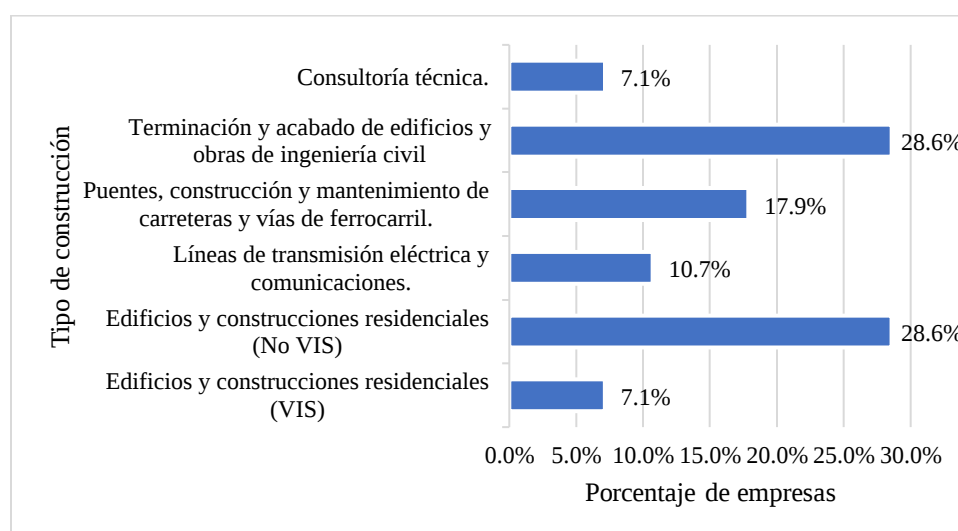


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Los sectores principales a los que se dedican las empresas constructoras son edificios y construcciones residenciales (que no son viviendas de interés social, No VIS) y terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil, con el 28.6% de participación en cada uno (ver Figura 37). En menor medida, los demás sectores de principales son la construcción y mantenimiento de puentes y carreteras (17.9%), líneas de transmisión eléctrica y comunicaciones (10.7%), consultoría técnica (7.1%) y edificios y construcciones residenciales (VIS) (7.1%). Por lo tanto, las construcciones que realizan estas empresas tienen un mercado de familias de medianos y altos ingresos, además de contratar para el estado y otras empresas.

Figura 37

Sector principal de la construcción al que se dedican las empresas

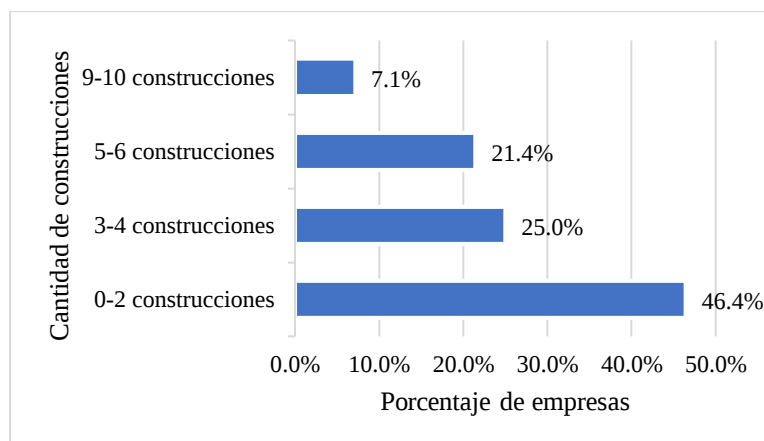


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Según el número de construcciones realizadas al año, la mayoría de las empresas se encuentra en un rango entre 0 y 2, con el 46.4%, seguidas por 3 y 4 construcciones (25%) y 5 y 6 construcciones (21.4%) (ver Figura 38). Estos datos permiten observar que el margen de maniobra y capacidad de construcción de las empresas es pequeño para la mayoría de ellas.

Figura 38

Número de construcciones realizadas al año

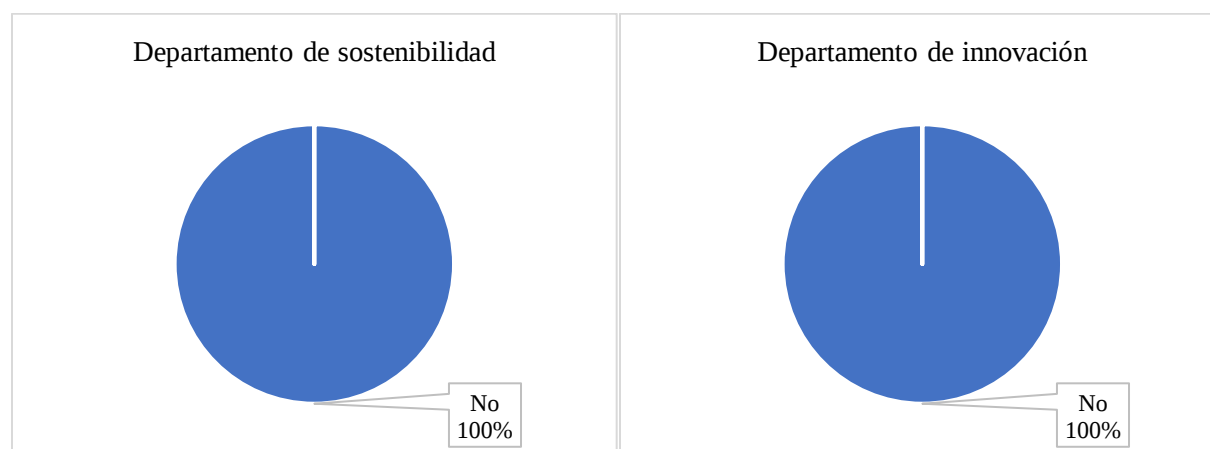


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En su estructura organizacional, ninguna de las empresas reporta tener departamento de sostenibilidad y departamento de innovación (ver Figura 39), lo que implica su baja planeación y diseño estratégico basado en la innovación orientada la sostenibilidad.

Figura 39

Existencia o no de departamentos dedicados a la innovación o la sostenibilidad

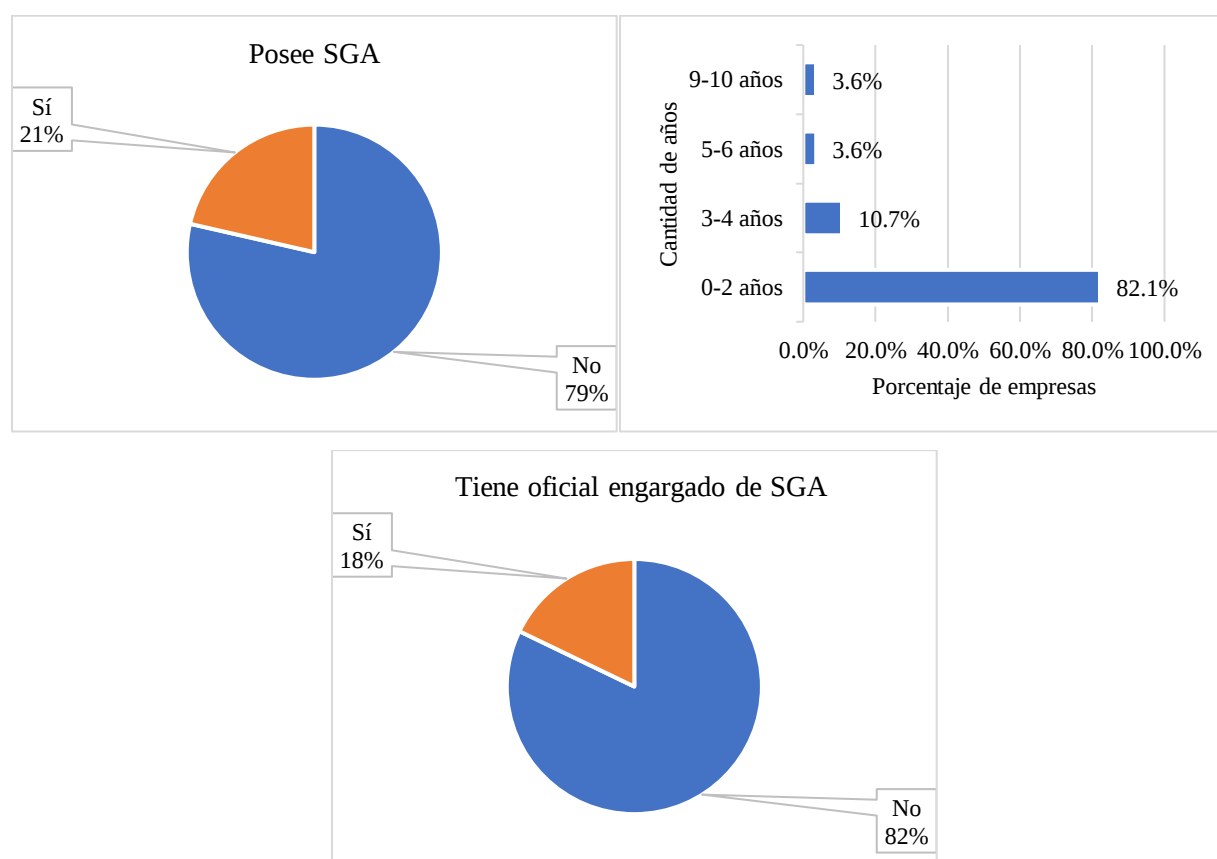


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

El 21% de las empresas constructoras tiene implementado Sistema de Gestión Ambiental (SGA), ISO 14001, y el 82.1% lo implementó hace menos de 2 años (ver Figura 40). Además, el 18% de las empresas tiene a una persona encargada de dicho sistema, a nivel operativo. Esto implica que estas organizaciones tienen procesos recientes y un proceso inicial en la curva de aprendizaje en la adopción de estos sistemas y estructuras organizativas poco formadas para su implementación.

Figura 40

Empresas que tienen implementado un Sistema de Gestión Ambiental, cantidad de años implementándolo y personal encargado del mismo

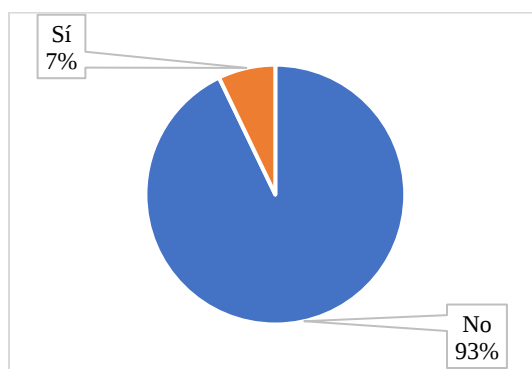


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Finalmente, solo el 7% de las empresas tienen asignado un presupuesto para investigación y desarrollo relacionado con asuntos ambientales; esto no solo evidencia que la mayoría de las organizaciones constructoras medianas y grandes de Boyacá tienen limitaciones para financiar innovaciones orientadas a la sostenibilidad, sino que no existe una visión de largo plazo en la que este tipo de innovación sea un elemento estratégico de competitividad.

Figura 41

Empresas que tienen asignado un presupuesto para investigación y desarrollo en lo relacionado a asuntos ambientales



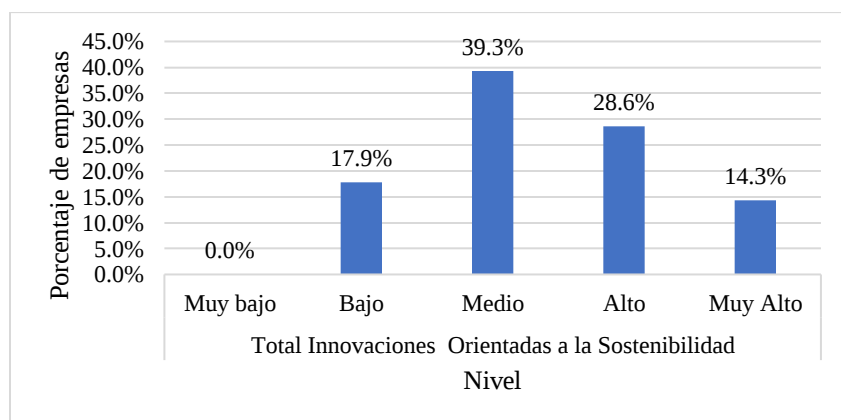
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.2. Innovación orientada a la sostenibilidad

Las empresas medianas y grandes de construcción de Boyacá informan niveles de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) principalmente en un nivel medio (39.3%) y un nivel alto (28.6%), en algunos pocos casos, menos del 28% de las organizaciones reportan un nivel bajo y muy alto. Esto significa que estas empresas han realizado algunas de las innovaciones SOI evaluadas y otras no; en esta sección se profundizan los puntajes en cada uno de los tipos de SOI y sus principales características.

Figura 42

Nivel de innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá

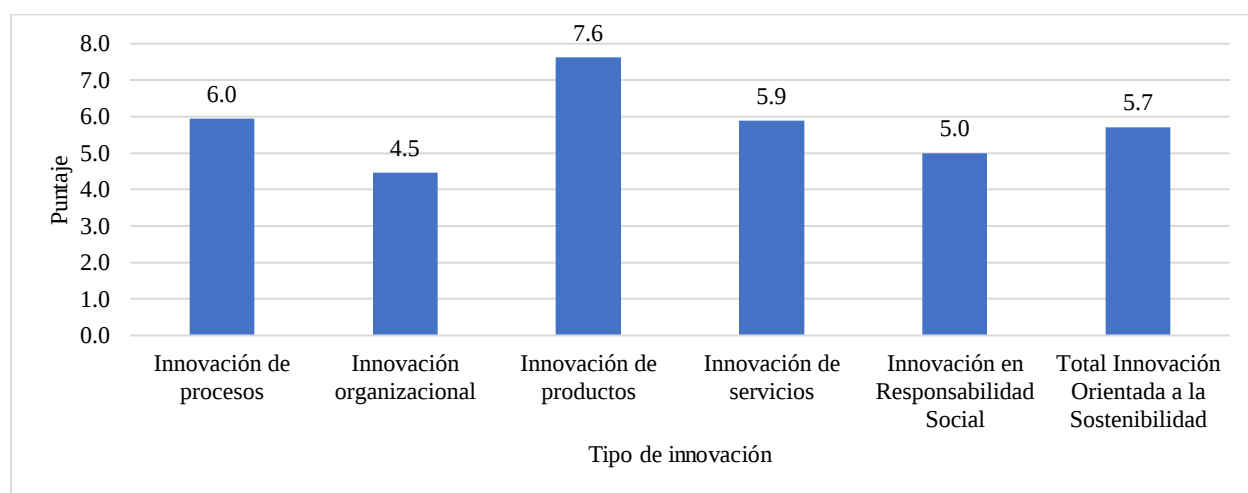


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En los cinco tipos de SOI evaluados, la innovación de productos es la que mayor puntaje tiene, con 7.6 (de 0 a 10), seguido por las innovaciones de procesos y servicios, con 6.0 y 5.9 respectivamente (ver Figura 43). A su vez, las innovaciones de tipo organizacional y orientadas a la responsabilidad social, son las que menos se presentan en las empresas constructoras evaluadas.

Figura 43

Puntaje de los tipos de innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



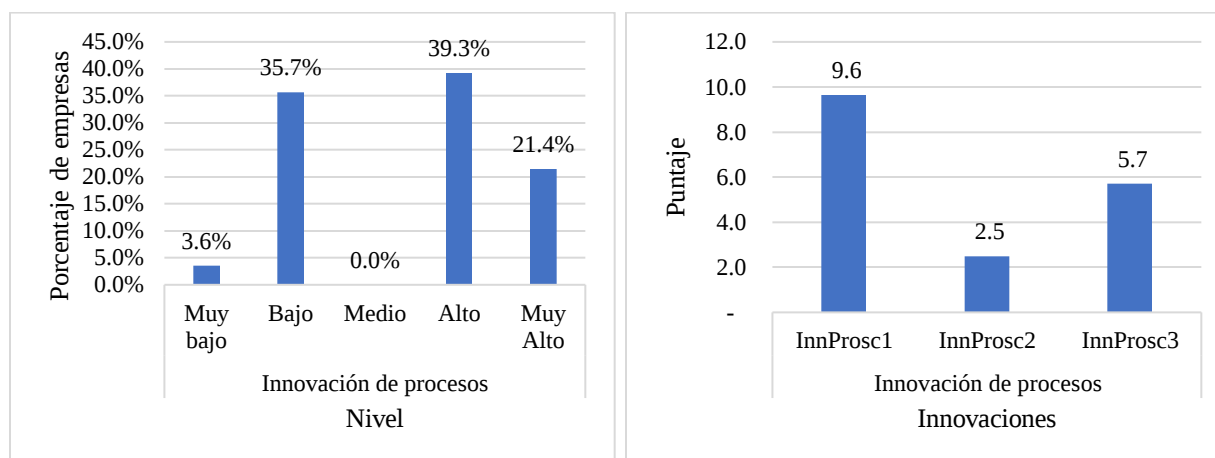
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.2.1. Innovaciones de procesos

En las innovaciones de procesos se identifica que un poco más de la mitad de las empresas tiene innovaciones en un nivel alto (39.3%) y muy alto (21.4%), es decir, realizan la mayoría de las innovaciones de procesos evaluadas; las empresas restantes tienen un nivel principalmente bajo (35.7%) (ver Figura 44). La innovación más evaluada está codificada como “InnProsc1”, la cual refiere a los métodos de fabricación o producción de bienes o servicios que mejoran el impacto ambiental o social de la empresa (ver Anexo 3), con un puntaje de 9.6 (ver Figura 44). Este tipo de innovaciones refieren a el uso de recursos amigables con el medio ambiente, optimización de recursos, reducción y almacenamiento de desechos, reciclaje, priorización de zonas verdes, entre otros. En los otros dos tipos de innovaciones los puntajes fueron bajos, lo que implica menos frecuencia de realización, algunas de ellas han sido la adopción de facturación electrónica y pagos por medios digitales, los cuales consumen menos papel.

Figura 44

Nivel y puntajes de las innovaciones de procesos de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



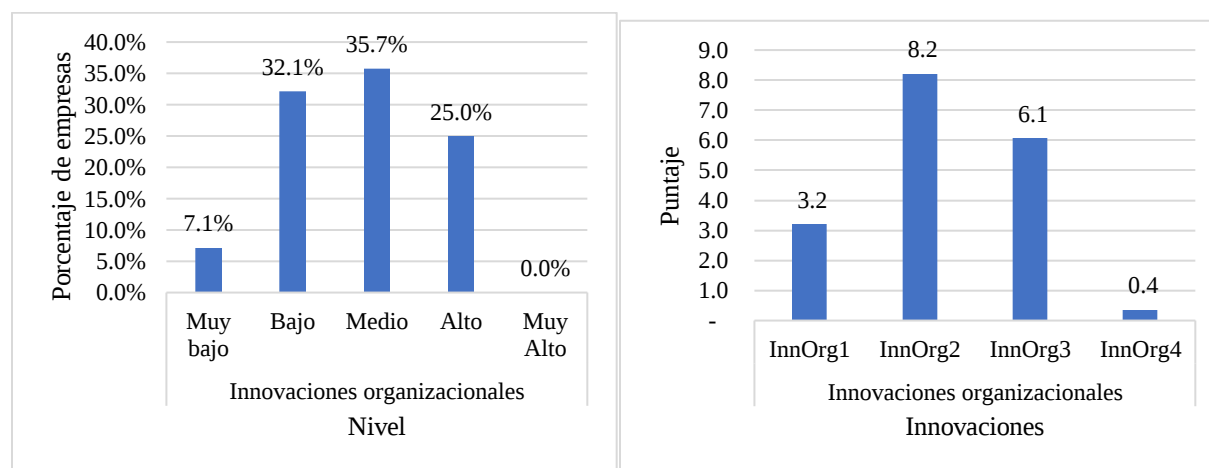
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.2.2. Innovaciones organizacionales

Las innovaciones organizacionales tienen un nivel principalmente medio (35.7%) y bajo (32.1%) y el tipo de innovación más frecuente han sido la adopción de capacitaciones o sistemas de educación sobre sostenibilidad y creación de equipos para dicho propósito (InnOrg2), con un puntaje de 8.2, y relaciones externas para fomentar la sostenibilidad (InnOrg3) (ver Figura 45).

Figura 45

Nivel y puntajes de las innovaciones organizacionales de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

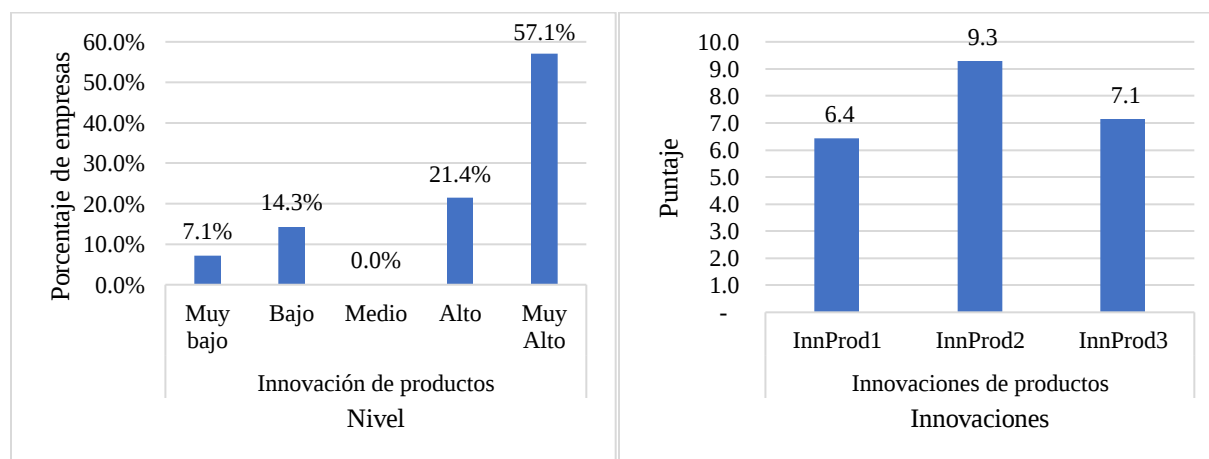
En efecto, las empresas constructoras objeto de investigación informaron haber realizado capacitaciones con relación a la sostenibilidad, alianzas con empresas de vanguardia en procesos de construcción sostenibles con enfoque tecnológico, subcontratación de procesos y reingeniería de procesos.

4.1.2.3. Innovaciones de productos

Las innovaciones de producto tienen un nivel principalmente muy alto (57.1%) y alto (21.4%) y el tipo de innovación más frecuente han sido productos de consumo que mejoran el desempeño social o ambiental (InnProd2), con un puntaje de 9.3; no obstante, hay puntajes medios en las innovaciones en productos vendidos a otras empresas que mejoran el desempeño social y ambiental (InnProd3) y tecnologías que mejoran este tipo de desempeños (InnProd1), con puntajes de 7.1 y 6.4 respectivamente (ver Figura 46). Dentro de las innovaciones informadas por las empresas en productos, se encuentran: diseños y construcción con materiales amigables con el medio ambiente, diseños adaptados para la reducción del consumo de recursos, elementos en la construcción que optimizan el consumo de recursos naturales, luces ahorradoras, sistemas de consumo de agua eficiente, entre otras.

Figura 46

Nivel y puntajes de las innovaciones de productos de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



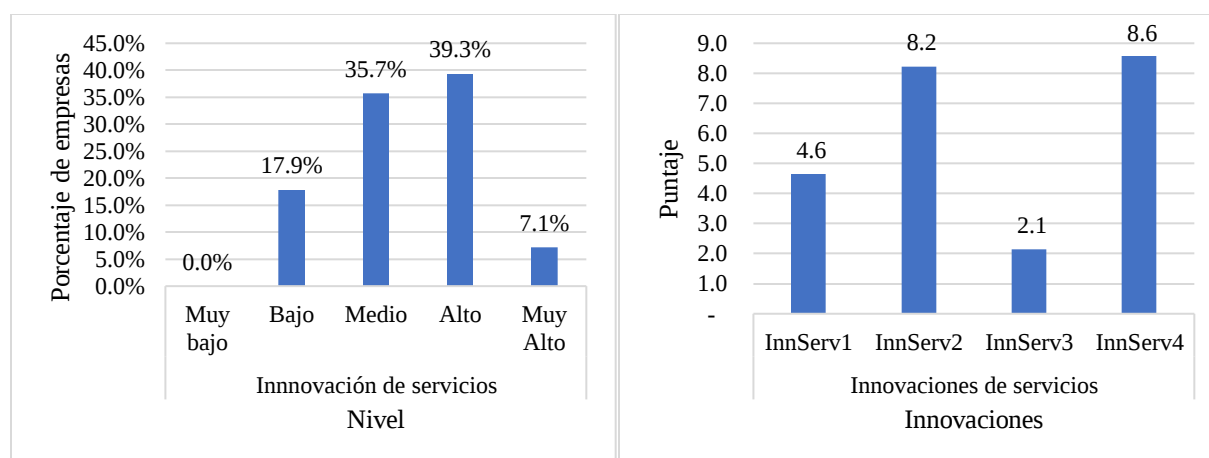
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.2.4. Innovaciones de servicios

Las innovaciones de servicios tienen un nivel principalmente alto (39.3%) y medio (35.7%) y los tipos de innovación más frecuentes han sido la educación del consumidor en temas de sostenibilidad (InnServ4), con un puntaje de 8.6, y servicios profesionales de consultoría que mejoran el desempeño ambiental y social (InnServ2), con 8.2 (ver Figura 47). Al respecto, las empresas constructoras informaron promover comportamientos sostenibles en el servicio de venta y pos venta, además de capacitar a toda la organización en sistemas de gestión ambiental.

Figura 47

Nivel y puntajes de las innovaciones de servicios de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



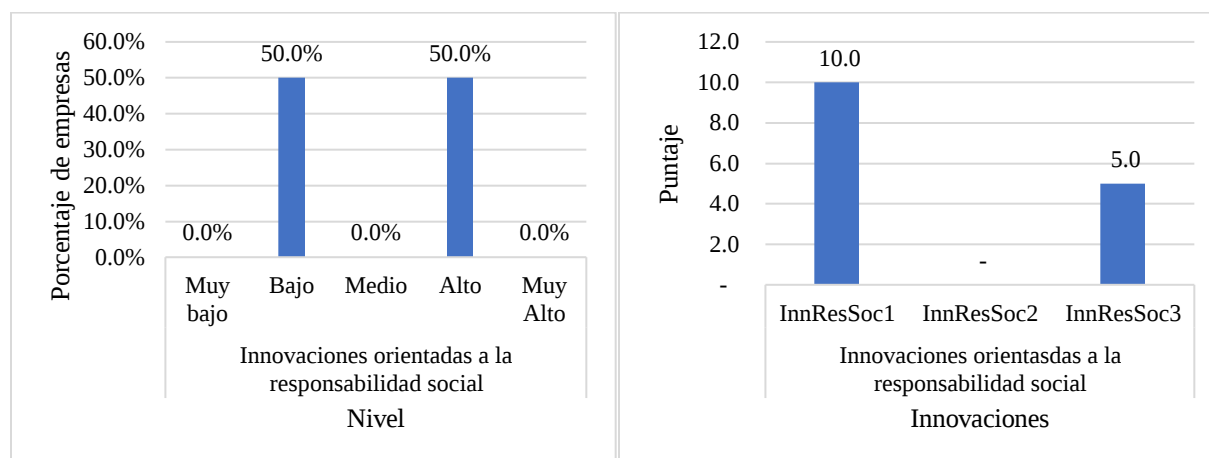
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.2.5. Innovaciones orientadas a la responsabilidad social

Las innovaciones de orientadas a la responsabilidad social tienen un nivel principalmente alto (50%) y bajo (50%) y el tipo de innovación más frecuente ha sido el apoyo a las comunidades locales con bienes/servicios producidos localmente para fortalecer la economía local, aumentar los puestos de trabajo, fomentar la prosperidad local (InnResSoc1), con un puntaje de 10.0, y en menor medida, en la ayuda a personas necesitadas (InnResSoc3), con 5.0 (ver Figura 48). Al respecto, las empresas constructoras indicaron que contratan mano de obra de la región para el desarrollo de los proyectos.

Figura 48

Nivel y puntajes de las innovaciones orientadas a la responsabilidad social de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



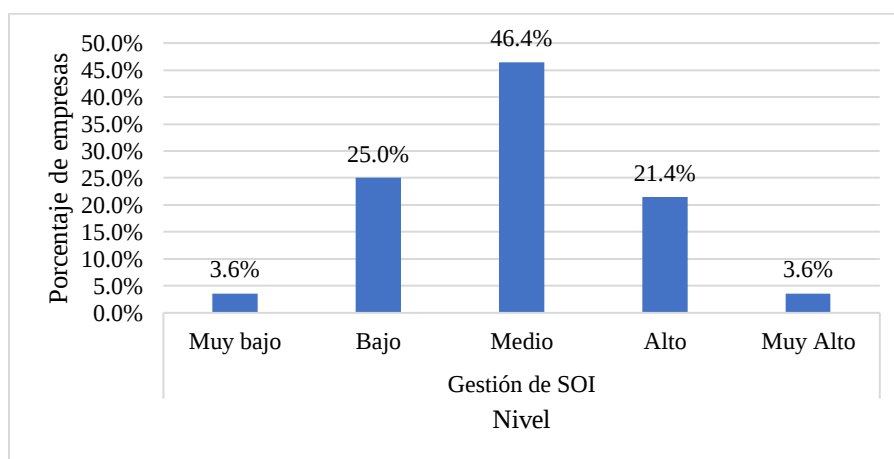
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.3. Gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad

En la gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad, las empresas constructoras tienen principalmente un nivel medio (46.4%) y bajo (25%) (ver Figura 49). Esto implica que, aunque algunas de las empresas tienen un nivel alto (21.4%), la mayoría de ellas evidencia realizar solo algunos elementos necesarios para la gestión de SOI.

Figura 49

Nivel de la gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá

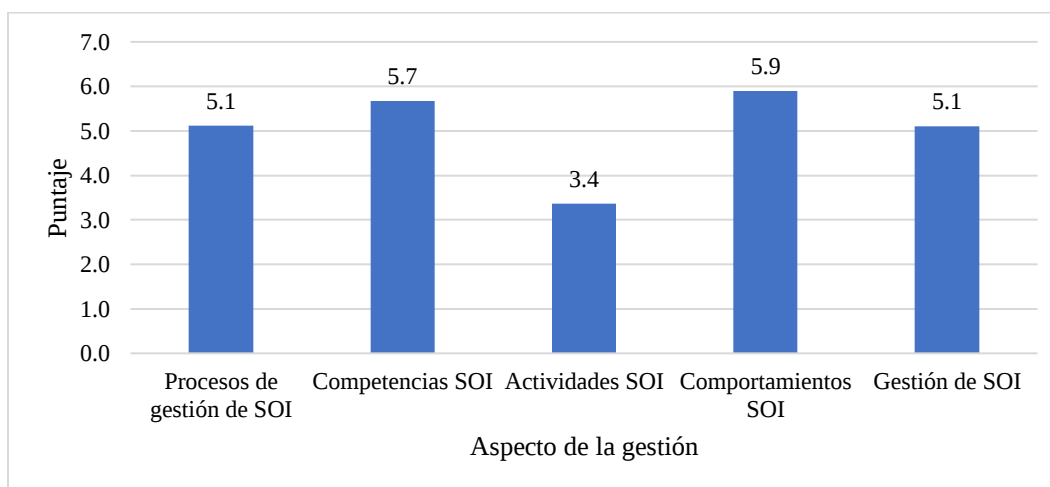


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En cuanto a los elementos de la gestión de SOI, la Figura 50 muestra que los puntajes más altos se ubican en los comportamientos de SOI y las competencias de SOI, con 5.9 y 5.7 respectivamente (ver Figura 50). Mientras tanto, son menos frecuentes las empresas que realizan actividades relacionadas con SOI, con un puntaje de 3.4. Estos elementos y sus características se profundizan en esta sección.

Figura 50

Puntaje los elementos de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



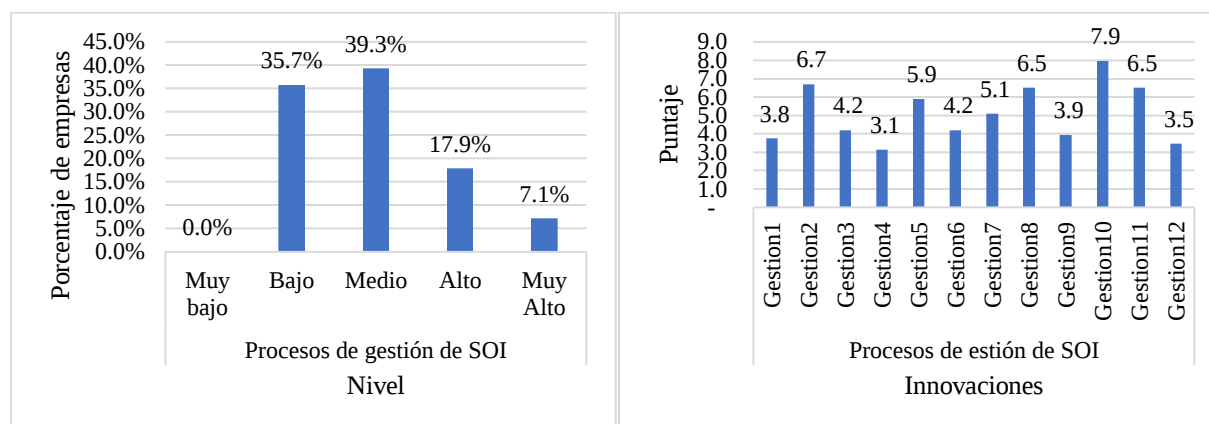
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.3.1. Procesos de gestión de SOI.

En los procesos de gestión evaluados de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, la mayoría de ellas evidencia una implementación en un nivel medio (39.3%) y bajo (35.7%), mientras el 17.9% los ha implementado en un nivel alto (ver figura 51). El puntaje más alto se evidencia en el involucramiento de partes interesadas ajenas al mercado, como las comunidades locales, público en general, gobierno u organizaciones no gubernamentales, en las etapas de diseño y desarrollo del producto (Gestion10), con 7.9 (ver Figura 51). A este proceso le siguen, en importancia, algunas actividades de gestión como el apoyo de la alta dirección a la introducción de innovaciones (Gestion2), la consideración de la sustentabilidad como una oportunidad de diferenciación de productos y servicios (Gestion8) y la adquisición de tecnologías y procesos innovadores amigables con el medio ambiente (Gestion11), con puntajes de 6.7 y 6.5).

Figura 51

Nivel y puntajes de los procesos de gestión de SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

El puntaje más bajo se encuentra en la reutilización de productos que ya han cumplido su propósito inicial, con 3.4, lo cual está relacionado con el uso de materiales nuevos en los procesos de construcción y la dificultad de mantener garantías con materiales que no tienen esta condición.

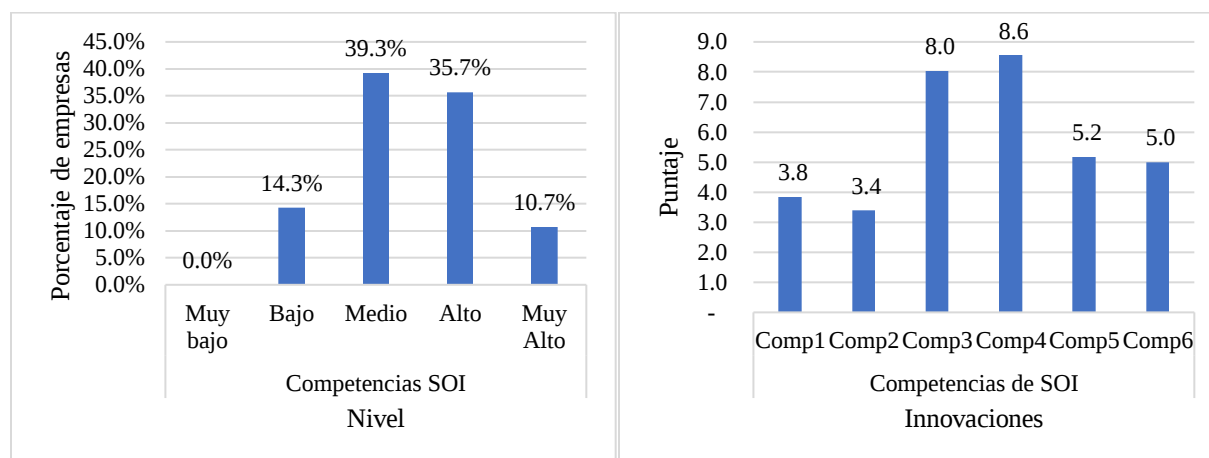
4.1.3.2. Competencias de SOI.

En las competencias de SOI, la mayoría de las empresas las implementan en un nivel medio (39.3%) y alto (35.7%) y las competencias con mayor implementación son las relacionadas con el involucramiento de partes interesadas clave del mercado en la etapa de diseño y desarrollo del producto (Comp4) y la exploración constante de nuevas y diferentes formas de comprender las expectativas y requisitos de las partes interesadas clave (Comp3), con puntajes de 8.6 y 8.0 (ver Figura 52). Frente a estas competencias, las empresas constructoras han afirmado que el involucramiento con los clientes depende del proyecto y se considera importante para conocer sus necesidades y expectativas.

Las competencias menos frecuentes en las empresas constructoras fueron aquellas relacionadas con el fortalecimiento continuo de habilidades de innovación (Comp2), con un puntaje de 3.4, y el desarrollo de nuevas competencias apoyando la innovación en la organización (Comp1), con un puntaje de 3.8 (ver Figura 52). En este sentido, estas empresas han desarrollado más competencias de indagación de las necesidades de los clientes que aquellas habilidades para innovar constantemente en la organización.

Figura 52

Nivel y puntajes de las competencias de SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



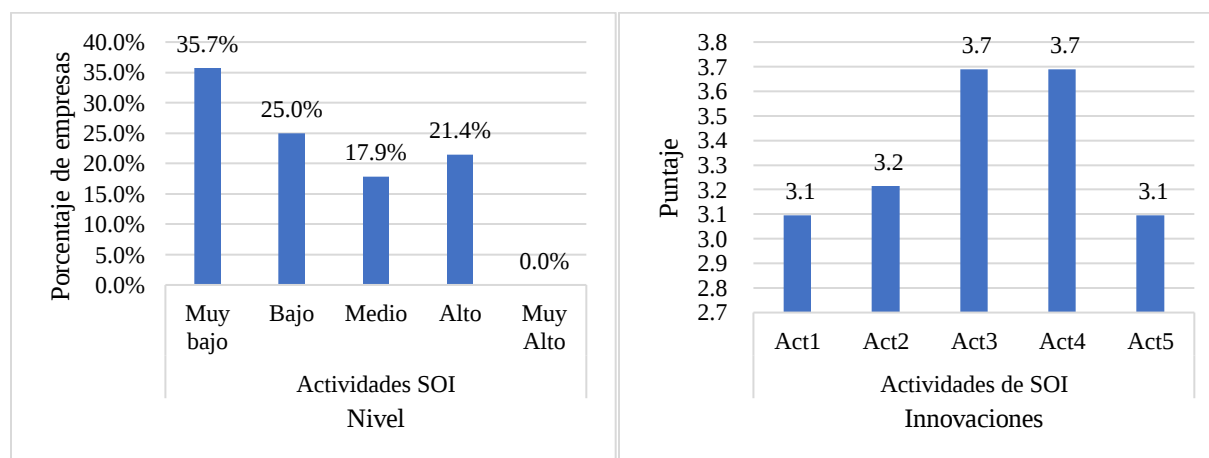
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.3.3. Actividades de SOI.

En las actividades de SOI, la mayoría de empresas está en un nivel muy bajo (35.7%) y bajo (25%) (ver Figura 53), lo cual indica que las empresas constructoras se encuentran en un nivel en el que tienen baja orientación hacia la SOI y un enfoque de optimización operativa, es decir, su motivación para innovar es el cumplimiento de normatividades y ahorrar costos.

Figura 53

Nivel y puntajes de las actividades de SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

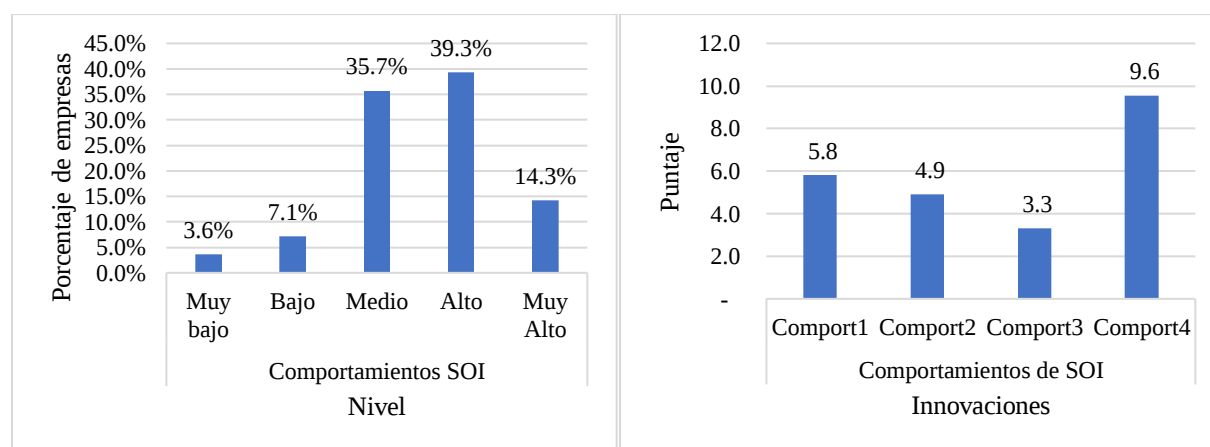
Los puntajes de cada una de las actividades están entre 3.1 y 3.7, lo que permite confirmar que algunas de las empresas no tienen estrategias, procesos, aprendizajes y vínculos para lograr innovaciones orientadas a la sostenibilidad. Mientras tanto, otras empresas tienen una orientación básica de optimización para innovar, lo que implica que: su estrategia SOI busca cumplir con las regulaciones o buscar ganancias de eficiencia, sus procesos de SOI se basan en la innovación interna y sobre productos o procesos ya existentes, facilitada por el uso de herramientas; su aprendizaje sobre SOI se basa en explotar las capacidades de gestión del conocimiento existentes para identificar y acceder al conocimiento relevante; sus vínculos externos para lograr SOI se basan en reclutar expertos y, en general, la organización busca explotar las capacidades existentes de innovación, sin incorporar la cultura SOI y nuevos paradigmas comerciales.

4.1.3.4. Comportamientos de SOI.

Frente a los comportamientos relacionados con SOI, la mayoría de las empresas está en un nivel alto (39.3%) y medio (35.7%) (ver Figura 54), con un puntaje promedio de 5.9, lo cual implica que las empresas tienden a tener comportamientos resistentes, reactivos y anticipados de la innovación orientada a la sostenibilidad. Esto significa que las empresas tienden a tener SOI movilizadas por el cumplimiento de normas ambientales y sociales, creen que cumplir con demandas ambientales y sociales eleva los costos y en algunos casos buscando anticiparse a los cambios del mercado.

Figura 54

Nivel y puntajes de los comportamientos de SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

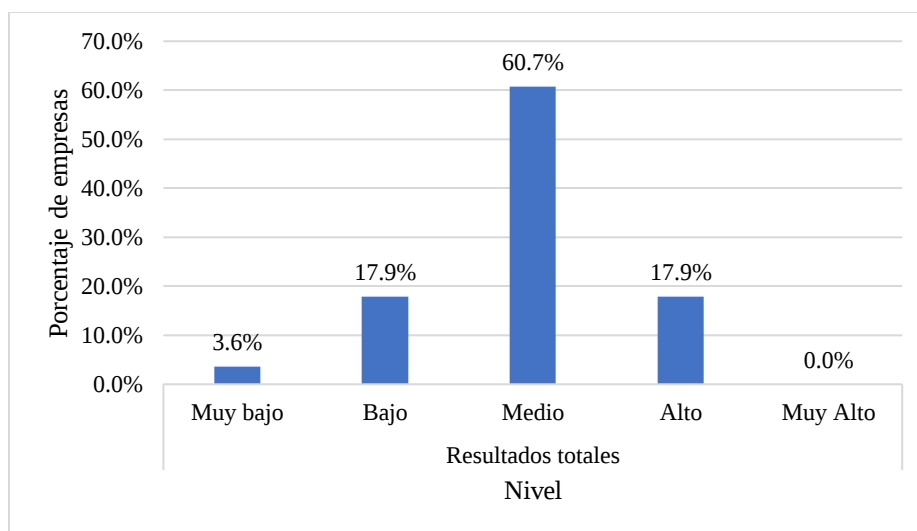
En los comportamientos evaluados se identifica que la mayor puntuación se encuentra en “Comport4”, con 9.6, lo cual significa que las empresas constructoras tienen una interacción elevada con actores externos a la asociación. Sin embargo, en los demás comportamientos los puntajes evidencian que las empresas consideran factores ambientales y sociales como estrategia para reducir costos, además de realizar SOI pensando en el cumplimiento y realizar algunas mejoras en el proceso.

4.1.4. Resultados de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad

En los resultados que las empresas atribuyen a las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, la mayoría de las empresas está en un nivel medio (60.7%) (ver Figura 55), es decir, hasta cierto punto han evidenciado mejores resultados económicos, ambientales y sociales. Algunas de estas organizaciones reportan resultados un poco más significativos y se ubican en un nivel alto (17.9%), mientras otras encuentran pocos resultados, con el 17.9% de participación.

Figura 55

Nivel de los resultados de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá

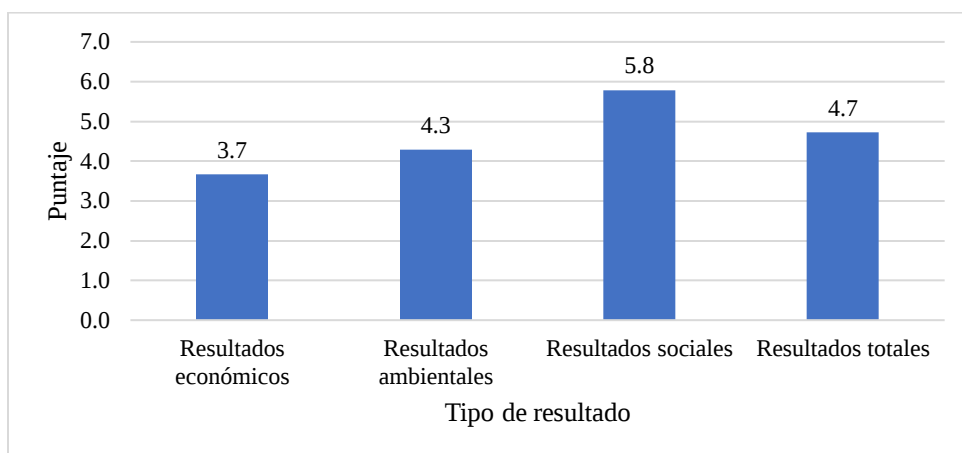


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En cada uno de los tipos de resultados se encuentra que los de mayor puntaje son los sociales, con 5.8, y los más bajos son los económicos, con 3.7 (ver Figura 56). Esto significa que las empresas no han visto suficientes resultados financieros de innovar para la sostenibilidad, pero vislumbran algunos resultados en las comunidades.

Figura 56

Puntaje los tipos de resultados de la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



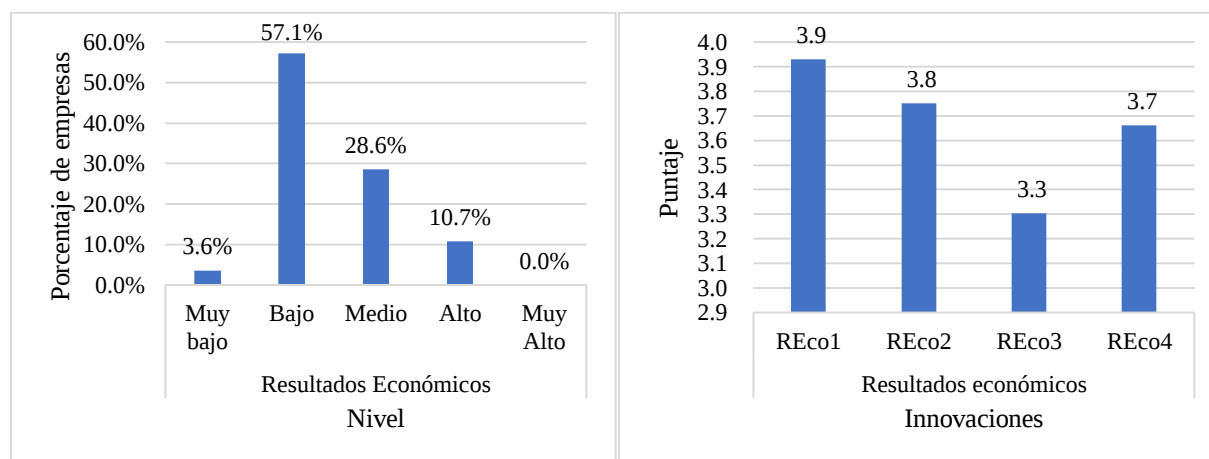
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.4.1. Resultados económicos de las SOI.

En los resultados económicos de innovar para la sostenibilidad, la mayoría de las empresas se encuentra en un nivel bajo, con el 57.1% (ver Figura 57), lo cual evidencia que son pocos los beneficios económicos que han percibido las empresas constructoras tras realizar sus innovaciones.

Figura 57

Nivel y puntajes de los resultados económicos de las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

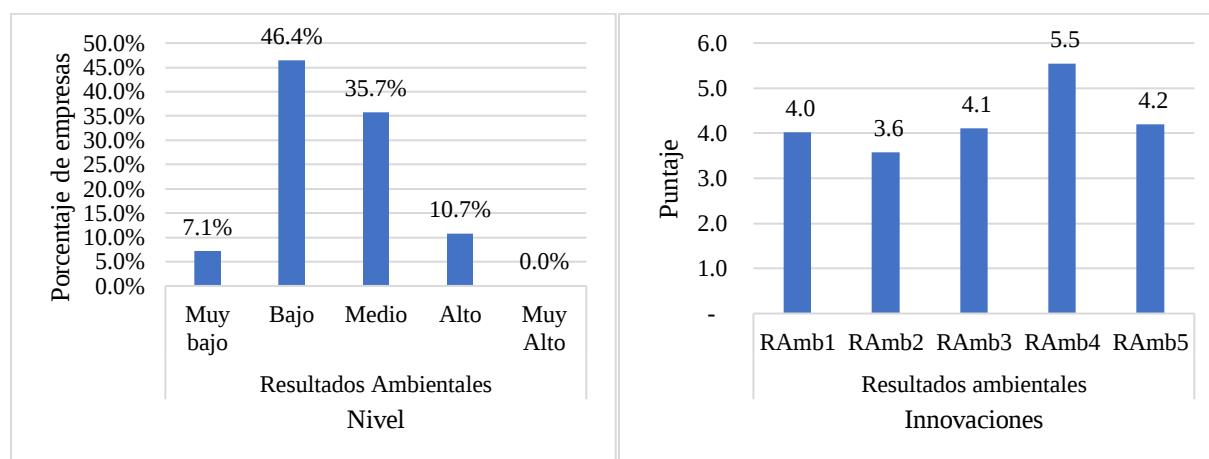
Dentro de los tipos de beneficios económicos evaluados, el más alto se refiere a la mejora de la productividad (REco1), con un puntaje de 3.9, y el más bajo ha sido la reducción del costo (REco3), con un puntaje de 3.3 (ver Figura 57). Fueron pocas las empresas que indicaron un porcentaje puntual de mejora, pero las que lo hicieron, indicaron mejoras en la productividad del 10%, aumento de la facturación del 5%, reducción del costo en 5% y crecimiento del negocio del 5%.

4.1.4.2. Resultados ambientales de las SOI.

En los resultados ambientales de innovar para la sostenibilidad, la mayoría de las empresas se encuentra en un nivel bajo, con el 46.4%, y un nivel medio, con el 35.7% (ver Figura 58), lo cual evidencia que son pocos y hasta cierto punto significativos los beneficios ambientales que han percibido las empresas constructoras tras realizar sus innovaciones.

Figura 58

Nivel y puntajes de los resultados ambientales de las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

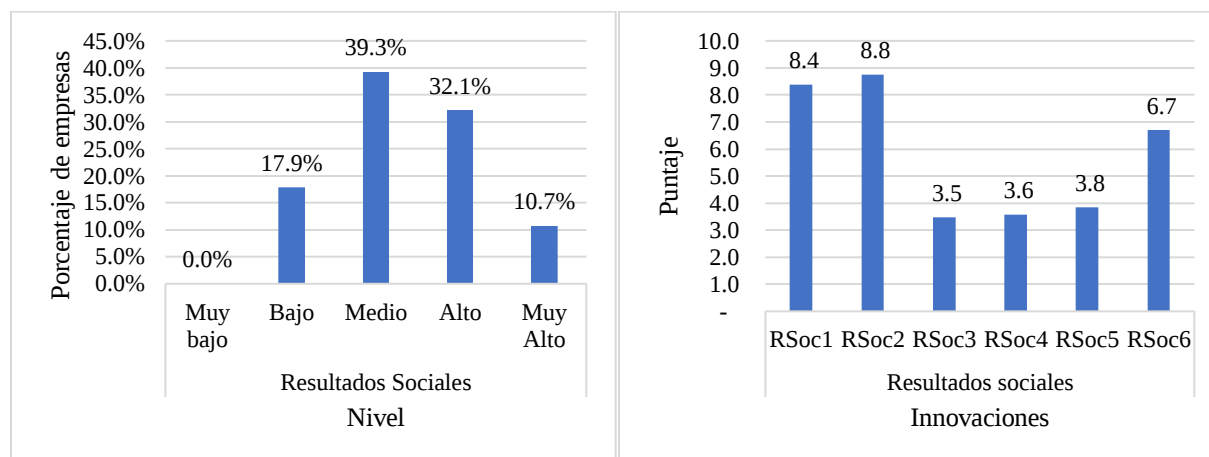
El resultado ambiental que mayor puntaje tuvo fue el cumplimiento de estándares ambientales (RAmb4), con 5.5 y el de menor puntuación fue la reducción de costos en la cadena de suministro (RAmb2), con 3.6 (ver Figura 58). Los porcentajes de mejora en el cumplimiento de normatividad fueron del 90%, la reducción del consumo de energía del 10% y reducción de costos y eficiencia del 5%.

4.1.4.3. Resultados sociales de las SOI.

En los resultados sociales de innovar para la sostenibilidad, la mayoría de las empresas se encuentra en un nivel medio, con el 39.3%, y un nivel alto, con el 32.1% (ver Figura 59), lo cual evidencia que son relativamente significativos los beneficios sociales que han percibido las empresas constructoras tras realizar sus innovaciones.

Figura 59

Nivel y puntajes de los resultados sociales de las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

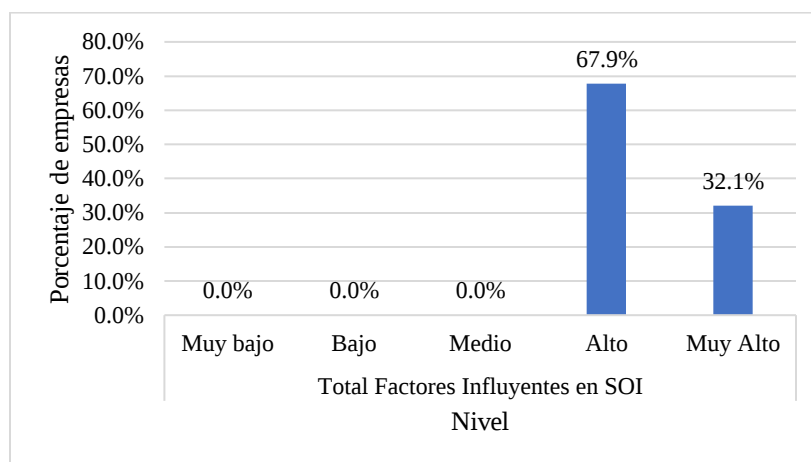
Los resultados ambientales que más fueron significativos se relacionaron con la reducción de la rotación de empleados (RSoc1) y la reducción de la siniestralidad (RSoc2), con puntajes de 8.4 y 8.8 (ver Figura 59). En la mejora relaciones con grupos de interés el puntaje fue de 6.7, mientras que los puntajes más bajos se atribuyeron a la mejora de la inversión en proyectos comunitarios, mejora de la imagen social de los productos y mejora en la reputación social. En este sentido, los beneficios sociales de las SOI se han presentado a nivel interno, en los trabajadores, y no a nivel externo, hacia las comunidades.

4.1.5. Factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad

En los factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, la mayoría de las empresas informó un nivel alto (67.9%) y muy alto (32.1%) (ver Figura 60), por lo tanto, es alta la incidencia de factores externos e internos en el desarrollo e implementación de innovaciones orientadas a la sostenibilidad.

Figura 60

Nivel de los factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá

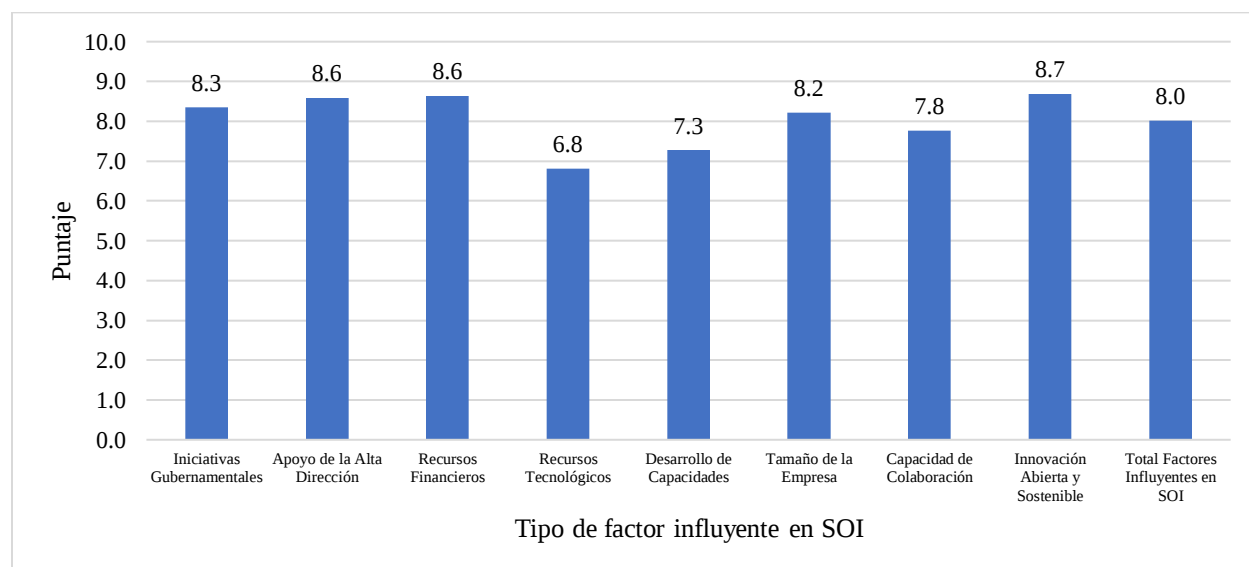


Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Dentro de los factores evaluados, la innovación abierta y sostenible es el que mayor influencia se informó, con 8.7, y el de menor influencia son los recursos tecnológicos, con un puntaje de 6.8. Cada uno de estos factores se analiza y profundiza en esta sección.

Figura 61

Puntaje los factores que influyen en la innovación orientada a la sostenibilidad de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



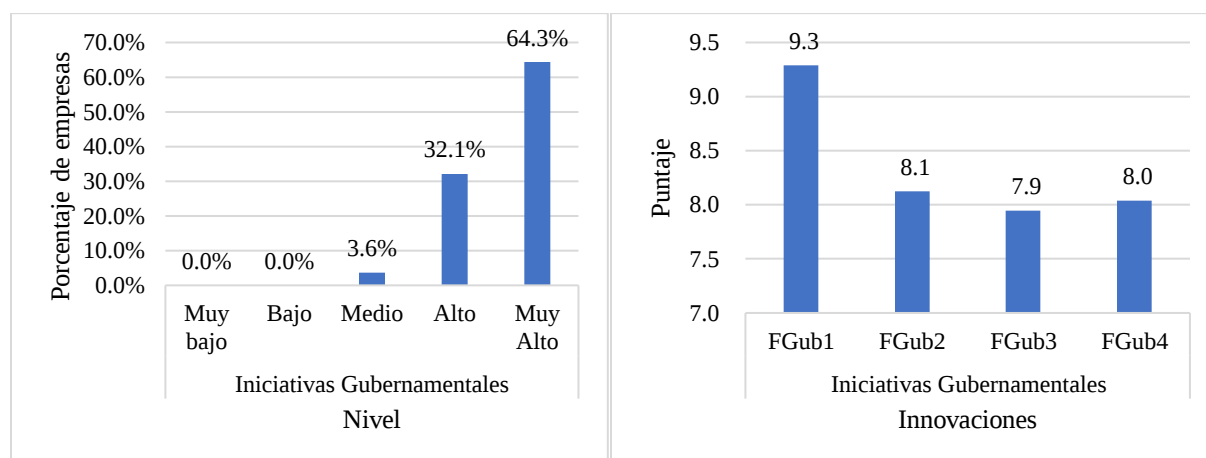
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.1. Iniciativas gubernamentales.

En las iniciativas gubernamentales, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel muy alto (64.3%) y alto (32.1%), con mayor influencia de las subvenciones e incentivos fiscales (FGub1), que tiene un puntaje de 9.3 (ver Figura 62). En menor medida, existe influencia de la oferta de crédito (FGub2), rol proactivo de las autoridades locales (FGub3) y protección otorgada a los derechos de propiedad intelectual (FGub4), con puntajes entre 7.9 y 8.1. Para las empresas constructoras innovar para la sostenibilidad depende de los beneficios tributarios o ayudas económicas que el gobierno pueda otorgar.

Figura 62

Nivel y puntajes de los factores relacionados con iniciativas gubernamentales, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



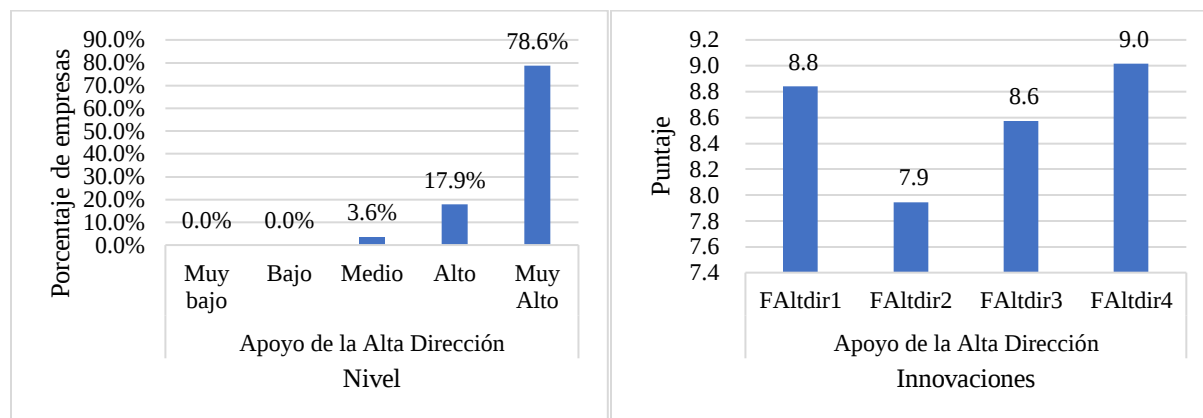
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.2. Apoyo de la alta dirección

En el apoyo de la alta dirección, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel muy alto (78.6%) y alto (17.9%), con mayor influencia la motivación de los empleados (FAltdir4) y las habilidades directivas (FAltdir1), que tienen un puntaje de 9.0 y 8.8 respectivamente (ver figura 63). En menor medida, existe influencia de la estructura de la organización (FAltdir3) y la cultura organizacional (FAltdir2), con puntajes entre de 8.6 y 7.9 respectivamente. Para las empresas constructoras innovar para la sostenibilidad depende de habilidades directivas de corto plazo (como la motivación) y menos de estructuras de largo plazo (como la cultura y estructura organizacional).

Figura 63

Nivel y puntajes de los factores relacionados con el apoyo de la alta dirección, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



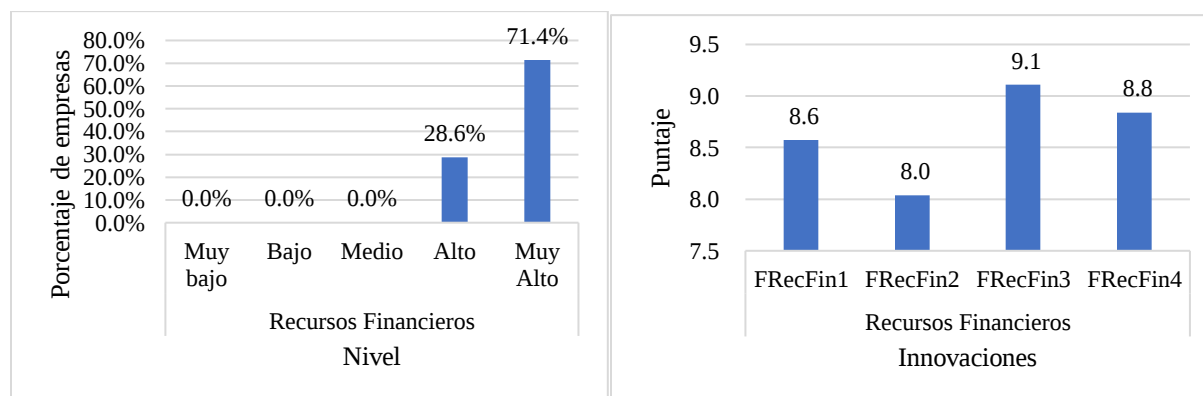
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.3. Recursos financieros.

En los recursos financieros, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel muy alto (71.4%) y alto (28.6%), con alta influencia de los ítems evaluados: liquidez (FRecFin3), con puntaje de 9.1, retorno de la inversión (FRecFin4), con 8.8, inversión inicial (FRecFin1), con 8.6 y acceso a recursos financieros (FRecFin2), con 8.0 (ver Figura 64). Para las empresas constructoras innovar para la sostenibilidad está fuertemente influenciada por los recursos financieros disponibles y las ganancias proyectadas de la inversión.

Figura 64

Nivel y puntajes de los factores relacionados con recursos financieros, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



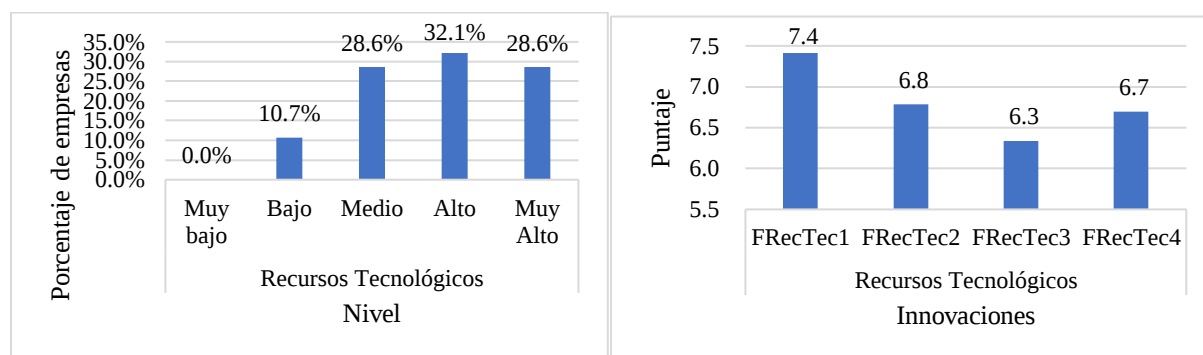
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.4. Iniciativas recursos tecnológicos.

En los recursos tecnológicos, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel medio (28.6%), alto (32.1%), y muy alto (28.6%), con mayor influencia de acceso a mano de obra calificada (FRecTec1), que tiene un puntaje de 7.4 (ver Figura 65). En menor medida, existe influencia media de la posibilidad de importar equipos (FRecTec2), rentabilidad de implementar tecnología (FRecTec4) e infraestructura TIC (FRecTec3), con puntajes entre 6.3 y 6.8. Para las empresas constructoras innovar para la sostenibilidad depende de la calidad de la mano de obra que se contrate, más que los equipos, infraestructura o rentabilidad que permitan obtener los recursos tecnológicos. Es decir, en la construcción la tecnología se incorpora por medio de los materiales que se utilizan, más que por medio de las TIC o los equipos que se utilicen.

Figura 65

Nivel y puntajes de los factores relacionados con recursos tecnológicos, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



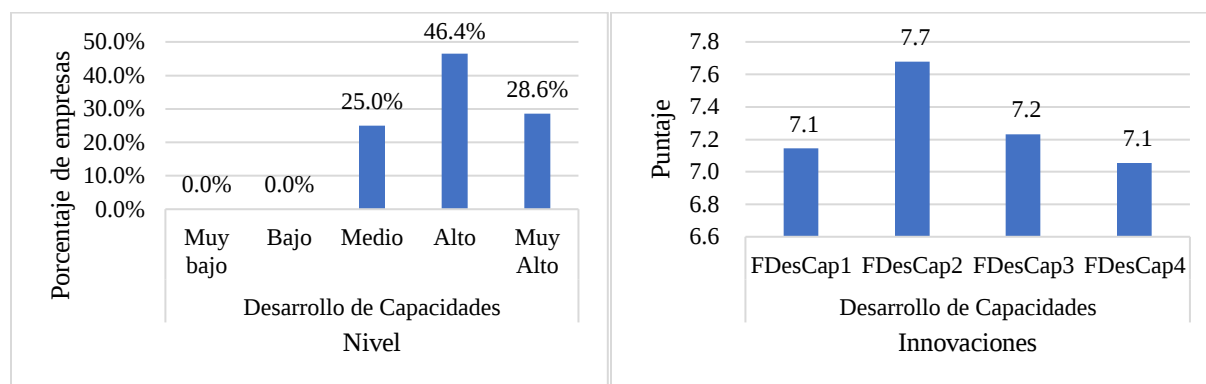
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.5. Desarrollo de capacidades.

En el desarrollo de capacidades, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel medio (25%), alto (46.4%), y muy alto (28.6%), con mayor influencia de la capacidad de absorción del personal (FDesCap2), que tiene un puntaje de 7.7 (ver Figura 66). En menor medida, existe influencia media de la adopción de TIC (FDesCap3), educación básica de los empleados (FDesCap1) y formación impartida (FDesCap4), con puntajes entre 7.1 y 7.2. Para las empresas constructoras, innovar para la sostenibilidad está más influenciado por las capacidades de los empleados de absorber información para innovar y menos con su educación o la incorporación de tecnologías.

Figura 66

Nivel y puntajes de los factores relacionados con desarrollo de capacidades, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



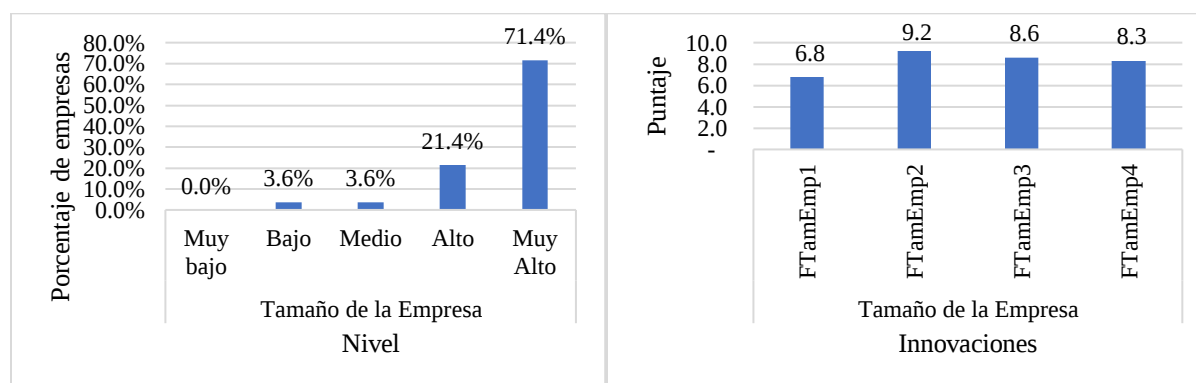
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.6. Tamaño de la empresa.

En el tamaño de la empresa, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel muy alto (71.4%) y alto (21.4%), con mayor influencia de la del gasto en I+D (FTamEmp2), que tiene un puntaje de 9.2 (ver Figura 67). En menor medida, existe influencia media del número de patentes presentadas (FTamEmp3), la mano de obra dedicada a I+D (FTamEmp4) y la productividad (FTamEmp1), con puntajes entre 6.8 y 8.6. Para las empresas constructoras, innovar para la sostenibilidad se relaciona con el tamaño por las posibilidades de invertir en I+D y la productividad.

Figura 67

Nivel y puntajes de los factores relacionados con el tamaño de la empresa, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



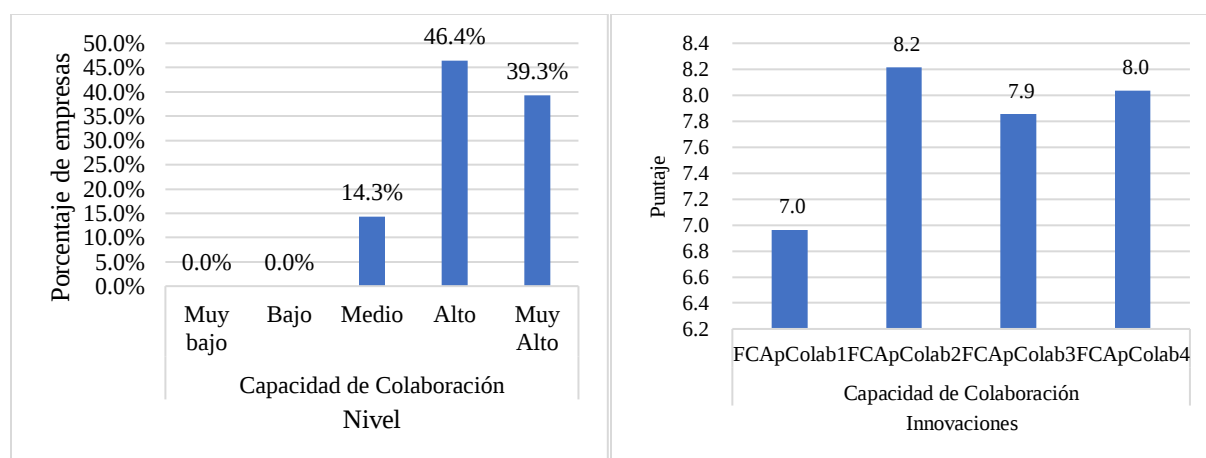
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.7. Capacidad de colaboración.

En la capacidad de colaboración, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel alto (46.4%) y muy alto (39.3%), con influencia media de los ítems evaluados: colaboración con el cliente (FCApColab2), con puntaje de 8.2, relación con proveedores (FCApColab4), con 8.0, integrando a las partes interesadas (FCApColab3), con 7.9 (ver Figura 68). Para las empresas constructoras innovar para la sostenibilidad está influenciada principalmente por la colaboración que existe con clientes, proveedores y demás partes interesadas.

Figura 68

Nivel y puntajes de los factores relacionados con la capacidad de colaboración, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



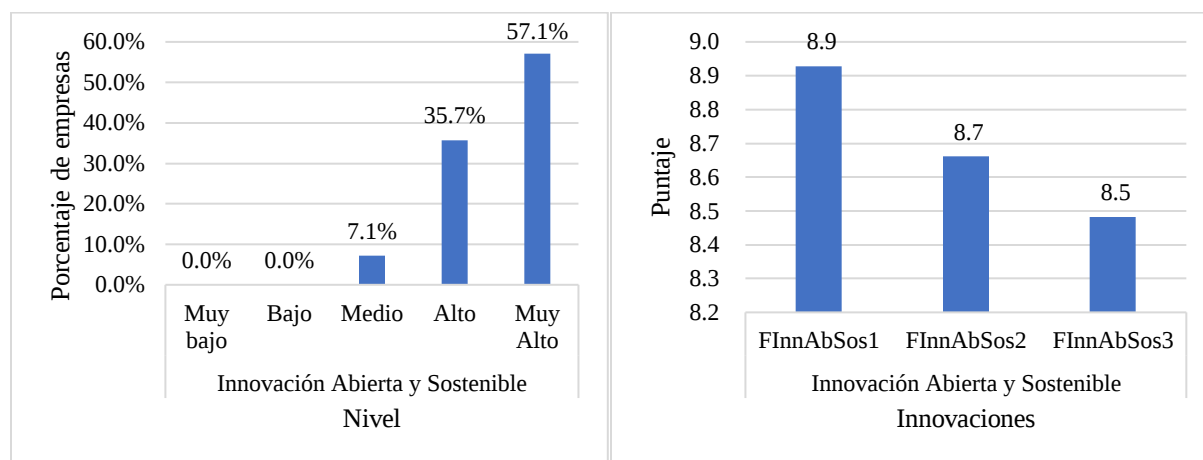
Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.5.8. Innovación abierta y sostenible.

En la innovación abierta y sostenible, la mayoría de las empresas se ubica en un nivel muy alto (57.1%) y alto (35.7%), con influencia alta de los ítems evaluados, en orden de importancia: conocimiento del mercado (FInnAbSos1), con 8.9, intercambio de información (FInnAbSos2), con 8.7 y capacidades internas (FInnAbSos3), con 8.5 (ver Figura 69). Para las empresas constructoras, innovar para la sostenibilidad está influenciada principalmente por el conocimiento que se tiene de los clientes y cómo se integra la información interna.

Figura 69

Nivel y puntajes de los factores relacionados con la innovación abierta y sostenible, que influyen en las SOI de las medianas y grandes empresas constructoras en Boyacá



Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.1.6. Análisis multivariado

El análisis multivariado de la información recolectada permite identificar algunas tendencias referentes a las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, su gestión, resultados y factores influyentes. Respecto a su nivel de ventas, se identifica que las empresas con mayores ingresos anuales tienen una mayor tendencia a realizar SOI, pues sus puntajes son crecientes en la medida que sus ventas aumentan (ver Tabla 22). Lo mismo sucede con la gestión, resultados percibidos y factores influyentes en SOI, los cuales se incrementan en la medida que las ventas anuales aumentan. En este sentido, una mayor fluidez de ingresos y tamaño está relacionado con mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 23

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según los rangos de ventas anuales de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	\$0-\$5.000.000.000	\$5.000.000.001 - \$10.000.000.000	\$10.000.000.001 - \$15.000.000.000	\$20.000.000.001 - \$25.000.000.000
Innovación de procesos	5,19	5,95	6,68	10,00
Innovación organizacional	3,89	4,46	5,00	7,50
Innovación de productos	7,03	7,39	9,18	10,00
Innovación de servicios	6,39	5,36	6,25	7,50

Innovación en Responsabilidad Social	4,06	5,24	5,85	6,70
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	5,29	5,59	6,48	8,20
Procesos de gestión de SOI	4,60	5,21	5,63	6,50
Competencias SOI	5,51	5,53	5,93	8,30
Actividades SOI	3,34	3,19	4,00	3,30
Comportamientos SOI	6,12	5,59	6,25	6,90
Gestión de SOI	4,86	5,04	5,53	6,50
Resultados económicos	3,90	3,17	5,03	3,10
Resultados ambientales	4,56	3,82	5,13	5,00
Resultados sociales	5,70	5,81	5,55	7,50
Resultados totales	4,82	4,45	5,27	5,50
Iniciativas Gubernamentales	7,92	8,63	8,75	6,90
Apoyo de la Alta Dirección	7,99	8,63	9,53	10,00
Recursos Financieros	8,20	8,94	8,45	9,40
Recursos Tecnológicos	6,82	6,74	7,50	5,00
Desarrollo de Capacidades	7,38	7,10	8,13	5,60
Tamaño de la Empresa	7,86	8,06	9,55	8,80
Capacidad de Colaboración	7,71	7,82	7,83	7,50
Innovación Abierta y Sostenible	7,50	9,35	8,75	10,00
Total Factores Influyentes en SOI	7,68	8,11	8,58	7,80

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Referente al número de empleados, se identifica que las empresas con mayor cantidad de empleados tienen una mayor tendencia a realizar SOI, pues sus puntajes son crecientes en la medida que el personal contratado aumenta (ver Tabla 24). Lo mismo sucede con la gestión, resultados percibidos y factores influyentes en SOI, los cuales se incrementan en la medida que las empresas tienen una nómina más amplia. En este sentido, mayor contratación de personal está relacionado con mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 24

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el número de empleados de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	0 - 20 empleados	21 - 40 empleados	21 - 60 empleados	61 - 80 empleados	101 - 120 empleados	121 - 140 empleados
Innovación de procesos	4,51	6,68	10,00	10,00	6,70	10,00
Innovación organizacional	3,68	4,00	7,50	7,50	5,00	7,50
Innovación de productos	7,26	5,98	10,00	10,00	10,00	10,00
Innovación de servicios	5,59	5,50	6,25	7,50	7,50	7,50
Innovación en Responsabilidad Social	4,50	4,66	6,70	6,70	6,70	6,70
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	5,05	5,30	7,90	8,20	7,10	8,20

Procesos de gestión de SOI	4,52	4,74	7,65	7,15	5,80	7,50
Competencias SOI	5,06	6,00	7,30	6,70	5,80	9,20
Actividades SOI	2,98	1,48	5,35	6,30	5,30	7,30
Comportamientos SOI	5,74	4,78	7,50	6,85	7,50	7,50
Gestión de SOI	4,59	4,54	7,15	6,90	6,00	7,90
Resultados económicos	3,21	4,14	4,05	4,70	5,00	5,00
Resultados ambientales	3,97	4,30	3,75	6,00	4,50	7,00
Resultados sociales	5,42	5,52	3,75	9,00	7,10	10,00
Resultados totales	4,34	4,74	3,85	6,85	5,70	7,70
Iniciativas Gubernamentales	8,61	7,02	8,45	9,05	10,00	7,50
Apoyo de la Alta Dirección	8,51	8,74	8,75	9,05	8,10	8,80
Recursos Financieros	8,84	8,76	7,50	8,45	7,50	8,80
Recursos Tecnológicos	6,99	5,14	7,80	9,05	5,00	7,50
Desarrollo de Capacidades	6,96	7,12	8,75	9,05	6,90	7,50
Tamaño de la Empresa	7,88	8,66	9,10	8,80	10,00	7,50
Capacidad de Colaboración	7,58	7,00	10,00	9,40	6,30	8,80
Innovación Abierta y Sostenible	8,78	8,50	8,75	8,35	7,50	10,00
Total Factores Influyentes en SOI	7,99	7,56	8,65	8,90	7,70	8,20

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

En relación con la antigüedad, se identifica que las empresas constructoras con mayor tiempo en el mercado tienen una mayor tendencia a realizar SOI, pues sus puntajes son crecientes en la medida que el número de años de antigüedad aumenta (ver Tabla 25). Lo mismo sucede con la gestión, resultados percibidos y factores influyentes en SOI, los cuales se incrementan en la medida que las empresas tienen más años en el mercado. En este sentido, una mayor experiencia formal en la actividad constructora está relacionada con una mayor innovación de SOI, mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 25

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la antigüedad de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	0-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	21-25 años	26-30 años
Innovación de procesos	4,99	5,34	7,34	5,00	10,00	8,35
Innovación organizacional	3,44	4,00	5,50	3,75	7,50	7,50
Innovación de productos	6,68	7,33	7,34	10,00	10,00	10,00
Innovación de servicios	4,06	6,25	6,00	6,25	7,50	10,00
Innovación en Responsabilidad Social	4,58	5,00	5,34	5,00	6,70	5,00
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	4,63	5,54	6,22	5,90	8,20	8,20
Procesos de gestión de SOI	4,94	4,73	5,08	4,70	7,50	7,15
Competencias SOI	4,96	5,56	5,40	6,25	9,20	7,50
Actividades SOI	2,42	3,59	2,40	2,70	7,30	7,00

Comportamientos SOI	5,70	6,02	4,88	5,95	7,50	7,80
Gestión de SOI	4,68	4,94	4,70	4,95	7,90	7,35
Resultados económicos	3,20	2,88	4,14	5,35	5,00	5,95
Resultados ambientales	3,75	4,00	4,20	5,00	7,00	6,00
Resultados sociales	5,10	5,88	5,36	5,45	10,00	7,55
Resultados totales	4,15	4,45	4,64	5,25	7,70	6,60
Iniciativas Gubernamentales	8,30	8,51	8,00	7,50	7,50	10,00
Apoyo de la Alta Dirección	8,05	8,13	9,50	10,00	8,80	9,40
Recursos Financieros	8,60	8,26	9,00	9,10	8,80	9,40
Recursos Tecnológicos	6,32	6,33	7,62	5,65	7,50	10,00
Desarrollo de Capacidades	6,43	7,07	8,62	6,55	7,50	9,05
Tamaño de la Empresa	8,60	7,66	9,64	6,60	7,50	8,15
Capacidad de Colaboración	7,04	7,44	9,00	7,20	8,80	9,40
Innovación Abierta y Sostenible	8,54	8,01	9,50	8,75	10,00	10,00
Total Factores Influyentes en SOI	7,70	7,66	8,84	7,65	8,20	9,40

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Si se tiene en cuenta el subsector de construcción, se identifica que las empresas constructoras dedicadas a las líneas de transmisión eléctrica y comunicaciones, terminación y acabados de edificaciones y obras de ingeniería civil son las que mayores innovaciones orientadas a la sostenibilidad poseen, además de poseer mejores elementos de gestión de SOI, resultados percibidos y factores influyentes en este tipo de innovación, pues sus puntajes promedio son los más altos (ver Tabla 26). Por su parte, los subsectores con menores niveles de SOI, gestión de SOI, resultados y factores influyentes son en la construcción de edificios residenciales (VIS) y la construcción y mantenimiento de puentes y carreteras. Esto permite evidenciar que las empresas que intervienen en las etapas finales de la construcción de edificios son las que tienen mayores posibilidades de realizar SOI y ver resultados positivos de las mismas. Mientras tanto, las empresas que hacen el levantamiento de las edificaciones o carreteras son las que menos tendencia tienen hacia este tipo de innovación y percibir sus resultados.

Tabla 26

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el sector de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	Edificios y construcciones residenciales (VIS)	Edificios y construcciones residenciales (No VIS)	Líneas de transmisión eléctrica y comunicaciones.	Puentes, construcción y mantenimiento de carreteras y vías de ferrocarril.	Terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil	Consultoría técnica.
Innovación de procesos	5,00	6,26	7,80	5,32	6,66	1,65
Innovación organizacional	3,75	3,75	5,83	3,50	5,63	3,75

Innovación de productos	5,00	6,66	10,00	6,00	9,18	8,35
Innovación de servicios	5,00	6,56	7,50	3,50	6,25	6,25
Innovación en Responsabilidad Social	3,30	4,58	6,70	4,66	5,43	5,00
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	4,40	5,52	7,47	4,46	6,52	5,00
Procesos de gestión de SOI	3,05	4,38	6,63	4,94	5,94	5,10
Competencias SOI	2,70	5,69	6,80	4,94	6,63	5,00
Actividades SOI	,35	2,41	5,10	2,82	4,91	2,65
Comportamientos SOI	2,20	5,80	7,30	5,50	6,79	5,35
Gestión de SOI	2,40	4,60	6,57	4,68	6,08	4,75
Resultados económicos	5,05	2,74	5,43	3,12	4,23	2,50
Resultados ambientales	4,25	3,69	5,83	3,50	5,06	3,25
Resultados sociales	4,00	5,69	7,40	4,58	6,73	5,00
Resultados totales	4,35	4,23	6,37	3,84	5,50	3,75
Iniciativas Gubernamentales	7,50	7,90	8,97	8,40	8,36	10,00
Apoyo de la Alta Dirección	8,75	9,23	9,37	8,00	8,14	8,15
Recursos Financieros	9,05	8,61	8,77	8,64	8,45	9,05
Recursos Tecnológicos	6,55	6,59	6,67	6,00	7,81	6,25
Desarrollo de Capacidades	8,75	7,50	7,50	6,26	7,20	7,50
Tamaño de la Empresa	10,00	6,83	9,20	8,64	8,45	8,80
Capacidad de Colaboración	8,75	8,13	7,10	7,38	8,06	6,25
Innovación Abierta y Sostenible	8,75	9,28	8,33	8,66	8,24	8,75
Total Factores Influyentes en SOI	8,50	7,96	8,23	7,70	8,09	8,05

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Según el número de construcciones realizadas al año, se identifica que las empresas con mayor capacidad constructiva tienen una mayor tendencia a realizar SOI, pues sus puntajes son crecientes en la medida que el número de construcciones aumenta (ver Tabla 27). Lo mismo sucede con la gestión y resultados percibidos de las mismas, los cuales se incrementan en la medida que las empresas tienen más cantidad de construcciones realizadas al año. De esta manera, una mayor capacidad para construir y demanda de la empresa constructora está relacionada con una mayor innovación de SOI, mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 27

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según el número de construcciones de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	0-2 construcciones	3-4 construcciones	5-6 construcciones	9-10 construcciones
Innovación de procesos	4,35	5,73	8,90	8,35
Innovación organizacional	3,46	3,57	7,08	6,25
Innovación de productos	6,94	6,17	10,00	10,00
Innovación de servicios	5,00	6,07	7,50	6,25

Innovación en Responsabilidad Social	4,61	4,27	6,13	6,70
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	4,79	5,14	7,82	7,35
Procesos de gestión de SOI	4,44	4,49	6,87	6,55
Competencias SOI	4,82	5,43	6,95	8,35
Actividades SOI	2,15	2,96	5,88	5,00
Comportamientos SOI	5,34	5,47	7,28	6,90
Gestión de SOI	4,32	4,61	6,80	6,80
Resultados económicos	2,89	3,49	4,90	5,65
Resultados ambientales	3,81	4,07	4,83	6,50
Resultados sociales	5,25	5,56	6,48	8,15
Resultados totales	4,14	4,50	5,52	6,95
Iniciativas Gubernamentales	8,52	7,70	9,17	7,20
Apoyo de la Alta Dirección	8,85	7,77	8,75	9,40
Recursos Financieros	9,19	8,13	8,03	8,80
Recursos Tecnológicos	6,64	6,19	8,12	6,25
Desarrollo de Capacidades	6,88	7,26	8,43	6,55
Tamaño de la Empresa	7,95	8,24	8,88	8,15
Capacidad de Colaboración	7,50	7,50	8,98	6,90
Innovación Abierta y Sostenible	9,29	7,63	8,62	8,75
Total Factores Influyentes en SOI	8,06	7,53	8,63	7,70

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Dentro de los aspectos administrativos, se identifica que las empresas constructoras con sistemas de gestión ambiental implementados tienen una mayor tendencia a realizar SOI, pues sus puntajes son más altos en comparación con las que no (ver Tabla 28). Lo mismo sucede con la gestión, resultados percibidos de las mismas y reconocimiento de factores influyentes en SOI, los cuales son más altos en las empresas que tienen implementados estos sistemas de gestión. De esta manera, la estandarización de procesos ambientales y la obligación de cumplirlos está relacionada con una mayor innovación de SOI, mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 28

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la tenencia de SGA de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	No	Sí
Innovación de procesos	5,15	8,88
Innovación organizacional	3,86	6,67
Innovación de productos	6,97	10,00
Innovación de servicios	5,57	7,08
Innovación en Responsabilidad Social	4,69	6,13
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	5,19	7,62
Procesos de gestión de SOI	4,66	6,82

Competencias SOI	5,31	7,03
Actividades SOI	2,76	5,55
Comportamientos SOI	5,61	6,97
Gestión de SOI	4,66	6,70
Resultados económicos	3,45	4,48
Resultados ambientales	4,07	5,08
Resultados sociales	5,56	6,68
Resultados totales	4,50	5,57
Iniciativas Gubernamentales	8,34	8,43
Apoyo de la Alta Dirección	8,47	9,07
Recursos Financieros	8,73	8,35
Recursos Tecnológicos	6,51	7,92
Desarrollo de Capacidades	6,97	8,43
Tamaño de la Empresa	8,31	7,95
Capacidad de Colaboración	7,30	9,50
Innovación Abierta y Sostenible	8,60	9,03
Total Factores Influyentes en SOI	7,88	8,57

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

Finalmente, en la tenencia de presupuesto para investigación y desarrollo relacionado con el medio ambiente, se identifica que las empresas constructoras que poseen este presupuesto tienen una mayor tendencia a realizar SOI, elementos de su gestión, resultados percibidos y reconocimiento de factores influyentes en SOI, los cuales son más altos en las empresas que tienen estos presupuestos (ver Tabla 29). De esta manera, la estandarización de procesos ambientales y la obligación de cumplirlos está relacionada con una mayor innovación de SOI, mejores elementos de gestión de SOI, obtención de resultados y un mayor reconocimiento de los factores que influyen en este tipo de innovaciones.

Tabla 29

Gestión, resultados y factores que influyen en SOI, según la tenencia de presupuesto para investigación y desarrollo relacionado con el medio ambiente de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variables	No	Sí
Innovación de procesos	5,64	10,00
Innovación organizacional	4,23	7,50
Innovación de productos	7,44	10,00
Innovación de servicios	5,77	7,50
Innovación en Responsabilidad Social	4,87	6,70
Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	5,52	8,20
Procesos de gestión de SOI	4,89	8,15
Competencias SOI	5,44	8,75
Actividades SOI	3,03	7,65
Comportamientos SOI	5,75	7,80
Gestión de SOI	4,87	8,15
Resultados económicos	3,57	5,00

Resultados ambientales	4,15	6,00
Resultados sociales	5,67	7,50
Resultados totales	4,60	6,35
Iniciativas Gubernamentales	8,40	7,80
Apoyo de la Alta Dirección	8,54	9,40
Recursos Financieros	8,69	8,15
Recursos Tecnológicos	6,67	8,75
Desarrollo de Capacidades	7,17	8,75
Tamaño de la Empresa	8,22	8,45
Capacidad de Colaboración	7,65	9,40
Innovación Abierta y Sostenible	8,59	10,00
Total Factores Influyentes en SOI	7,97	8,80

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.2. Validación de Hipótesis

En la investigación se planearon cuatro hipótesis que buscan corroborar relaciones entre las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, su gestión, los factores que le influyen y los resultados obtenidos gracias a la implementación de estas. A continuación, se realizan los análisis estadísticos inferenciales no paramétricos, por medio de la correlación de Rho Spearman, para comprobar o rechazar estas hipótesis.

H1: La innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá depende de factores externos (iniciativas gubernamentales, colaboración, innovación abierta) y factores internos (alta dirección, recursos, capacidades y tamaño).

Los factores influyentes en SOI que tuvieron relaciones significativas con las innovaciones orientadas en la sostenibilidad fueron la capacidad de colaboración, la cual influyó positivamente en las innovaciones de proceso, organizacionales y total; a su vez, el desarrollo de capacidades influye positivamente en las innovaciones de servicios (ver Tabla 30). En este sentido, la promoción de este tipo de innovaciones depende de los procesos que se puedan establecer para que la empresa colabore con clientes y proveedores para desarrollar nuevas ideas que tengan aplicación comercial.

Tabla 30

Correlación Rho Spearman entre los factores influyentes en SOI y las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variable y estadísticos de correlación		Innovaciones de proceso	Innovaciones organizacionales	Innovaciones de producto	Innovaciones de servicios	Innovaciones orientadas a la responsabilidad social	SOI total
Iniciativas Gubernamentales	Coeficiente de correlación	-,097	-,001	,292	,192	,362	,185
	Sig. (bilateral)	,623	,998	,132	,328	,058	,345
Apoyo de la Alta Dirección	Coeficiente de correlación	,175	,208	,176	,308	-,109	,234
	Sig. (bilateral)	,373	,288	,370	,111	,581	,231
Recursos Financieros	Coeficiente de correlación	-,331	-,129	-,046	-,183	,095	-,153
	Sig. (bilateral)	,085	,513	,816	,350	,632	,438
Recursos Tecnológicos	Coeficiente de correlación	,227	,118	,124	,329	-,148	,225
	Sig. (bilateral)	,245	,548	,530	,087	,453	,249
Desarrollo de Capacidades	Coeficiente de correlación	,295	,188	-,058	,397*	-,094	,218
	Sig. (bilateral)	,127	,337	,769	,037	,634	,265
Tamaño de la Empresa	Coeficiente de correlación	,071	,331	,072	-,137	,282	,150
	Sig. (bilateral)	,719	,085	,715	,488	,146	,447
Capacidad de Colaboración	Coeficiente de correlación	,476*	,400*	,187	,367	,150	,427*
	Sig. (bilateral)	,010	,035	,341	,055	,446	,024
Innovación Abierta y Sostenible	Coeficiente de correlación	,023	-,049	,018	,155	-,118	,031
	Sig. (bilateral)	,908	,805	,926	,432	,551	,875
Total Factores Influyentes en SOI	Coeficiente de correlación	,289	,263	,309	,417*	,022	,387*
	Sig. (bilateral)	,136	,177	,109	,027	,911	,042

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

El área sombreada en gris son correlaciones no significativas; el área sombreada en naranja son correlaciones estadísticamente significativas.

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

H2: Los factores externos (iniciativas gubernamentales, colaboración, innovación abierta) y factores internos (alta dirección, recursos, capacidades y tamaño) influyen en la gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.

En la Tabla 31 se puede identificar que ninguno de los factores influyentes en SOI no influyen en los elementos de la gestión de SOI. De esta manera, se confirma que los factores externos y/o relacionados con la organización, no tienen relaciones directas en cómo se gestiona

la innovación, pero, como se vio en la hipótesis anterior, algunos de estos factores sí se correlacionan con las innovaciones SOI al final de todo el proceso.

Tabla 31

Correlación Rho Spearman entre los factores influyentes en SOI y la gestión de SOI, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variable y estadísticos de correlación		Procesos de gestión de SOI	Competencias de SOI	Actividades de SOI	Comportamientos de SOI	Gestión Total de SOI
Iniciativas Gubernamentales	Coefficiente de correlación	,177	-,068	,227	,057	,185
	Sig. (bilateral)	,366	,731	,246	,774	,345
Apoyo de la Alta Dirección	Coefficiente de correlación	,081	,359	,099	,144	,158
	Sig. (bilateral)	,682	,061	,617	,465	,423
Recursos Financieros	Coefficiente de correlación	-,210	-,300	-,170	-,295	-,193
	Sig. (bilateral)	,283	,121	,387	,128	,325
Recursos Tecnológicos	Coefficiente de correlación	,249	,238	,174	,231	,226
	Sig. (bilateral)	,201	,222	,375	,236	,248
Desarrollo de Capacidades	Coefficiente de correlación	,061	,151	,006	,087	,061
	Sig. (bilateral)	,759	,444	,974	,659	,759
Tamaño de la Empresa	Coefficiente de correlación	,056	-,038	,072	-,049	,029
	Sig. (bilateral)	,779	,847	,716	,805	,883
Capacidad de Colaboración	Coefficiente de correlación	,178	,254	,148	,100	,196
	Sig. (bilateral)	,366	,191	,452	,614	,318
Innovación Abierta y Sostenible	Coefficiente de correlación	,051	,065	,006	-,217	,032
	Sig. (bilateral)	,795	,741	,975	,268	,870
Total Factores Influyentes en SOI	Coefficiente de correlación	,328	,314	,249	,063	,320
	Sig. (bilateral)	,089	,104	,202	,750	,097

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

El área sombreada en gris son correlaciones no significativas; el área sombreada en naranja son correlaciones estadísticamente significativas.

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

H3: La gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, está relacionada positivamente con el nivel de innovaciones implementadas de este tipo.

En la Tabla 32 se identifica que la mayoría de los elementos de la gestión de SOI influye en casi todos los tipos de innovaciones; solo las actividades y comportamientos de SOI no están

relacionados con las innovaciones orientadas a la responsabilidad social. En este sentido, se identifica el rol relevante que tiene la gestión de SOI en este tipo de innovaciones. Por lo tanto, un modelo que busque la implementación de SOI, debe considerar el desarrollo de actividades, comportamientos, competencias y procesos de gestión de SOI.

Tabla 32

Correlación Rho Spearman entre la gestión de SOI y las innovaciones orientadas a la sostenibilidad, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variable y estadísticos de correlación		Innovaciones de proceso	Innovaciones organizacionales	Innovaciones de producto	Innovaciones de servicios	Innovaciones orientadas a la responsabilidad social	SOI total
Procesos de gestión de SOI	Coefficiente de correlación	,703**	,611**	,806**	,546**	,457*	,831**
	Sig. (bilateral)	,000	,001	,000	,003	,015	,000
Competencias de SOI	Coefficiente de correlación	,701**	,687**	,674**	,703**	,276	,815**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,155	,000
Actividades de SOI	Coefficiente de correlación	,531**	,504**	,742**	,576**	,327	,714**
	Sig. (bilateral)	,004	,006	,000	,001	,089	,000
Comportamientos de SOI	Coefficiente de correlación	,476*	,508**	,617**	,546**	,321	,658**
	Sig. (bilateral)	,011	,006	,000	,003	,096	,000
Gestión total de SOI	Coefficiente de correlación	,642**	,625**	,813**	,645**	,416*	,836**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,028	,000

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

El área sombreada en gris son correlaciones no significativas; el área sombreada en naranja son correlaciones estadísticamente significativas.

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

H4: La relación entre la innovación orientada a la sostenibilidad y desempeño económico, ambiental y social en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, es positiva.

En la Tabla 33 se observa que la mayoría de los tipos de innovaciones orientadas a la sostenibilidad se relacionan positivamente con todos los tipos de resultados obtenidos de las mismas; solo las innovaciones orientadas a la responsabilidad social no se relacionan con los resultados económicos, ambientales, sociales y totales de SOI. De esta manera, se puede observar que la existencia de innovaciones orientadas a la sostenibilidad, tiene relación directa con los resultados de la sostenibilidad; por lo tanto, es una relación directa que debe mantenerse en modelo que busque implementar dichas innovaciones.

Tabla 33

Correlación Rho Spearman entre las innovaciones orientadas a la sostenibilidad y los resultados obtenidos de las mismas, de las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá

Variable y estadísticos de correlación		Resultados económicos	Resultados ambientales	Resultados sociales	Resultados Totales de SOI
Innovaciones de procesos	Coefficiente de correlación	,493**	,400*	,521**	,546**
	Sig. (bilateral)	,008	,035	,004	,003
Innovaciones organizacionales	Coefficiente de correlación	,657**	,476*	,409*	,582**
	Sig. (bilateral)	,000	,010	,031	,001
Innovaciones de productos	Coefficiente de correlación	,421*	,420*	,511**	,516**
	Sig. (bilateral)	,026	,026	,005	,005
Innovaciones de servicios	Coefficiente de correlación	,439*	,491**	,558**	,587**
	Sig. (bilateral)	,020	,008	,002	,001
Innovaciones orientadas a la responsabilidad social	Coefficiente de correlación	,106	,143	,254	,164
	Sig. (bilateral)	,593	,467	,193	,404
SOI Total	Coefficiente de correlación	,569**	,522**	,599**	,642**
	Sig. (bilateral)	,002	,004	,001	,000

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

El área sombreada en gris son correlaciones no significativas; el área sombreada en naranja son correlaciones estadísticamente significativas.

Nota. Datos procesados a partir de la información recolectada.

4.3. Propuesta de modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad para empresas constructoras validado.

A partir de la revisión teórica realizada y las características de la gestión de SOI, recursos y resultados de este tipo de innovaciones en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá, se propuso un modelo de gestión que permita a estas empresas tener mejores resultados en sostenibilidad a partir de la innovación. Dicho modelo fue validado por expertos, luego de recoger sus valoraciones individuales y analizarlas para corroborar su coincidencia. A continuación, se indican los resultados de la validación, se presenta el modelo final, actores, flujos propuestos y componentes.

4.3.1. Validación del modelo

Luego consolidar la información del cuestionario de evaluación, se consideraron las calificaciones de 5 jueces sobre 18 elementos del modelo en 4 criterios. El coeficiente W resultante

fue de 0.994, indicando una concordancia muy alta entre los jueces. Para determinar la significancia estadística de este resultado, se calculó el valor de chi-cuadrado asociado (Gwet, 2014; LeBreton & Senter, 2008, 2008), obteniéndose un valor de 84.49 con 17 grados de libertad. El valor p correspondiente fue de 0.0000000002311, mucho menor que los niveles de significancia comúnmente utilizados de 0.05 o 0.01. Por lo tanto, se puede concluir que el nivel de acuerdo entre los jueces es estadísticamente significativo, lo que respalda la validez del modelo propuesto.

Tabla 34

Validez del modelo y concordancia entre los expertos

Elementos del modelo	% de validez según criterios	W Kendall	Chi cuadrado	Valor p
Chief Innovation Officer (CIO) y	100%	1.0	20.0	0.00012
equipos de I+D+i+e	98.75%	0.975	19.5	0.00021
Stakeholders	95%	0.850	17.0	0.00091
Inputs	100%	1.0	20.0	0.00012
Outputs	100%	1.0	20.0	0.00012
Recursos económicos	100%	1.0	20.0	0.00012
Recursos ambientales	100%	1.0	20.0	0.00012
Recursos sociales	100%	1.0	20.0	0.00012
Información	100%	1.0	20.0	0.00012
Gobernanza e involucramiento de stakeholders: las raíces	100%	1.0	20.0	0.00012
Gestión de SOI en el ciclo de la construcción	100%	1.0	20.0	0.00012
Vigilancia tecnológica	95%	0.850	17.0	0.00091
Creatividad	100%	1.0	20.0	0.00012
Gestión del conocimiento y vigilancia tecnológica	100%	1.0	20.0	0.00012
Cultura SOI.	100%	1.0	20.0	0.00012
Cultura de calidad.	100%	1.0	20.0	0.00012
Planeación y ejecución de proyectos de innovación SOI.	100%	1.0	20.0	0.00012
Aprendizaje y mejora continua	100%	1.0	20.0	0.00012
Modelo completo	99.37%	0.994	84.49	0.0000000002311

Nota. Datos procesados a partir de las validaciones realizadas por los expertos.

Según los comentarios proporcionados por los expertos, el modelo propuesto para la creación, implementación y mantenimiento de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá es, en general, bien recibido. Los expertos destacan la importancia de incluir a los actores clave, como el Chief Innovation Officer (CIO) y los equipos de I+D+i+e, así como la consideración de los stakeholders y los flujos con el ecosistema. También se resalta la relevancia de los recursos económicos, ambientales, sociales y la información en el modelo. Los componentes del modelo, como la gobernanza, la gestión de la

innovación en el ciclo de la construcción, la vigilancia tecnológica, la creatividad, la gestión del conocimiento, la cultura de la innovación y la calidad, y el aprendizaje y mejora continua, son valorados positivamente por los expertos. Sin embargo, uno de los expertos sugiere aclarar el concepto de vigilancia tecnológica y otro menciona que no todas las empresas cuentan con equipos de I+D+i+e. En general, los expertos felicitan la iniciativa y consideran que el modelo propuesto contribuye a la consolidación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el sector de la construcción.

4.3.2. *Sustento y presentación*

En la Tabla 35 se destacan los principales aspectos encontrados en estas organizaciones con el instrumento aplicado y sus implicaciones para el diseño del modelo. Como es posible observar, un modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad para medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá debe tener como elementos centrales el reconocimiento del contexto y sus factores, direccionamiento estratégico y tecnológico, alianzas y consecución de recursos, colaboración con el cliente y proveedores, organización flexible para innovar (como los equipos de I+D), la influencia de los sistemas de gestión en las SOI, la necesidad de aprender y capacitarse y el reconocimiento de elementos de gestión de SOI como la gestión del conocimiento y cultura de SOI para planear y ejecutar proyectos de innovación.

Tabla 35

Principales resultados e implicaciones para el modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad en organizaciones constructoras

Aspecto encontrado	Implicaciones para el modelo
A mayor nivel de ventas, construcciones y empleados, mayor innovación, gestión y resultados	Direccionamiento estratégico para alcanzar mayor comercialización y tamaño de la empresa: alianzas y recursos.
La mayor innovación, gestión y resultados se encuentra en empresas de instalaciones eléctricas y acabados.	El modelo espera cerrar la brecha de innovación con las empresas de construcciones VIS, puentes y carreteras, que son las más rezagadas.
Tener SGA se correlaciona con mayor innovación, gestión y resultados	Considerar los beneficios en la innovación SOI que traen los sistemas de calidad, como el SGA y demás certificaciones en las construcciones.
Tener presupuesto para SOI se correlaciona con mayor innovación, gestión y resultados	Esto indica que cuando existe dirección estratégica y orientación de la organización hacia la innovación, se obtienen mejores resultados en SOI, pues se tienen presupuestos y metas respecto a SOI. También resalta la necesidad de reconocer formas de tener recursos financieros, como los beneficios tributarios o financiación.

Las empresas no tienen departamento de innovación o sostenibilidad	Establecimiento de estructuras organizativas que permitan el desarrollo de SOI, por ejemplo, los equipos de I+D
La capacidad de colaboración (con el cliente y proveedores) es el factor que más influye en SOI total.	Establecimiento de trabajo en red o colaborativo con el cliente y proveedores.
De manera individual los factores no son influyentes en las innovaciones, pero los factores en conjunto si influyen en el total de innovaciones	Esto indica la importancia que tiene el contexto e incluir los factores como conjunto para tener en cuenta en la innovación. La empresa debe hacer análisis de contexto y vigilancia tecnológica.
La gestión de SOI influye en casi todos los tipos de innovación. Es decir, las actividades, competencias, comportamientos y procesos de gestión de SOI son muy importantes para obtener las innovaciones.	Reconocimiento del papel central que tiene la gestión de SOI en este tipo de innovaciones. Se establecen elementos de gestión para el modelo según la teoría y revisión de literatura.
Todas las innovaciones SOI, menos la de responsabilidad social, impactan los resultados económicos, ambientales y sociales.	Establecimiento de la relación entre las innovaciones orientadas a la sostenibilidad y los resultados a nivel económico, ambiental y social.
Se llevan a cabo innovaciones por cumplimiento, con pocos enfoques de mayor conciencia de SOI	Establecimiento del papel central que tiene la dirección estratégica y tecnológica; además del aprendizaje, capacitación y cultura de SOI en la organización

Teniendo en cuenta estos elementos empíricos, se indagó en los elementos teóricos de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de construcción que permitieran soportarlos y relacionarlos dentro del esquema del modelo, el cual se puede observar con sus principales elementos en la Figura 70.

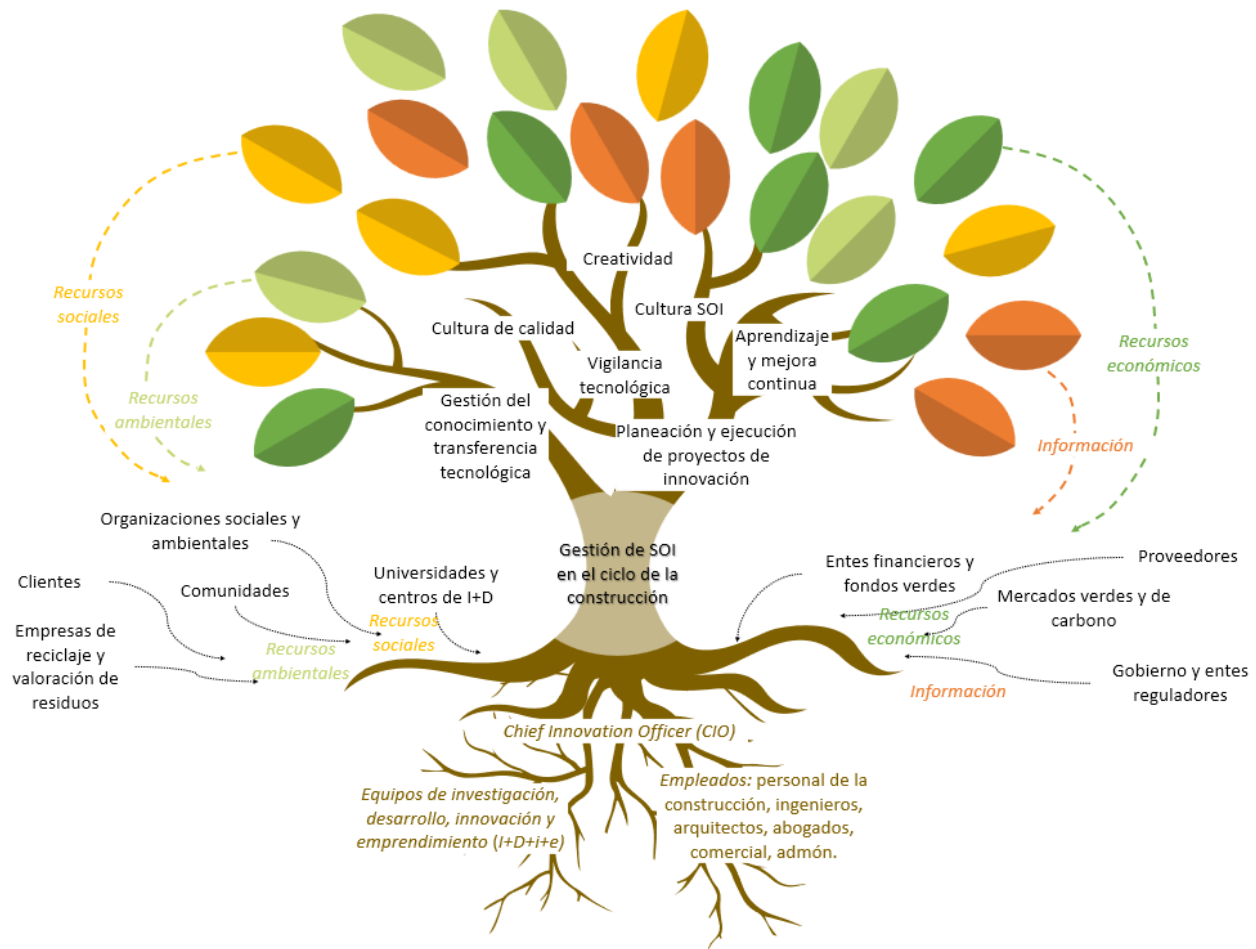
La esencia del modelo propuesto reconoce a la empresa como parte de un ecosistema empresarial, dinámico e interconectado, donde fluye información, recursos sociales, económicos y ambientales hacia dentro y hacia afuera. En otras palabras, la empresa no es un ente estático que provee servicios de construcción, sino un organismo vivo que toma elementos de su entorno y los devuelve transformados en beneficios para el ambiente y sus stakeholders a través de la innovación orientada a la sostenibilidad. Internamente, la innovación SOI se visualiza inmersa en un ciclo verde de la construcción con el propósito de incorporar innovaciones sostenibles que reduzcan los impactos ambientales en todo el ciclo de vida de un proyecto constructivo, desde el suministro inicial hasta el cierre y valorización final.

El modelo se enfoca en las personas y busca que la innovación se integre al ADN de la organización (no como una responsabilidad de un solo departamento), como lo plantearon Adams et al (2016). De esta manera, la gestión de la innovación inicia en sus raíces con el Chief Innovation Officer (CIO), los equipos de investigación desarrollo, innovación y emprendimiento (I+D+i+e) y

los empleados de la organización, quienes analizan su entorno y establecen alianzas con diferentes stakeholders, de quienes se nutren de recursos (financieros, ambientales, humanos, técnicos). De esta relación de la empresa con el contexto y plantea la visión, misión, objetivos y políticas alrededor de la innovación orientada a la sostenibilidad.

Figura 70

Modelo de gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad



Nota. Modelo propuesto tras el análisis de literatura, información primaria y validación de expertos.

La gestión de SOI se ubica en el tronco del modelo, de donde se desprenden componentes (ramas) como la vigilancia tecnológica, creatividad, gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, cultura de calidad y cultura SOI para planear y ejecutar proyectos de innovación SOI. Este proceso de gestión está interconectado con diferentes stakeholders bajo el concepto de

innovación abierta, razón por la que los flujos de información, productos, servicios y beneficios con el ecosistema (líneas punteadas) fluyen hacia las raíces del modelo. A su vez, desde el organismo empresarial constructor se generan flujos de información, productos, servicios y beneficios para el ecosistema, lo cual no solo abarca la construcción de vivienda sostenible para los clientes sino diferentes resultados sociales, ambientales y económicos para el entorno.

A continuación, se describen los componentes y relaciones propuestos en el modelo en el siguiente orden: flujos de ida y vuelta con los elementos y actores del ecosistema (inputs y outputs), actores estratégicos y componentes.

4.3.3. Actores del modelo

Los actores del modelo son internos y externos. Los actores externos o Stakeholders son aquellas personas y organizaciones del entorno con las que la empresa constructora se relaciona como proveedora de recursos y como quien los adquiere. Estos actores son: clientes, organizaciones sociales y ambientales, empresas de reciclaje y valoración de residuos, comunidades, universidades y centros de I+D, gobierno y entes reguladores, proveedores, entes financieros y fondos verdes, mercados verdes y de carbono.

A nivel interno, la estrategia general de gestión de la innovación se basa en el papel central del *Chief Innovation Officer (CIO)* y la conformación de *equipos de investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento (I+D+i+e)*, como elemento clave gestor de la innovación orientada a la sostenibilidad, bajo un enfoque Bottom Up en la organización, para lograr procesos de innovación abierta, en un modelo de innovación de enlaces de cadena. El Chief Innovation Officer (CIO) es el líder ejecutivo responsable de impulsar y orquestar los esfuerzos de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) dentro del organismo empresarial constructor; es un rol clave que articula la visión, estrategia y gobernanza de la innovación sostenible en toda la organización. Por su parte, los equipos de I+D+i+e son estructuras multidisciplinarias conformadas por profesionales de diversas áreas y competencias, cuyo propósito es catalizar y ejecutar las iniciativas de innovación orientadas a la sostenibilidad (SOI) dentro de la organización.

De esta manera, el enfoque *Bottom Up* promueve el involucramiento de los trabajadores de todos los niveles para hacer aportaciones al negocio, aprovechando sus conocimientos de construcción sostenible y sus soluciones innovadoras que surgen para solucionar problemas en el

campo de trabajo. Este enfoque coincide y es útil para llevar a cabo la innovación abierta, en la cual se promueve la colaboración con actores internos y externos de la organización para acelerar los resultados de innovación. A su vez, la innovación se considera bajo un modelo *pull*, en el que ésta surge de un análisis del mercado y de sus necesidades y bajo un modelo de enlaces de cadena, en el que las actividades de *I+D+i+e* son complejas, se relacionan unas con otras (sin una progresión lineal), con resultados complejos y retroalimentación en todas las etapas de desarrollo.

Las actividades de *I+D+i+e* se entienden como sigue: la investigación es el trabajo creativo y de indagación, que incrementa el volumen de conocimientos de la empresa. El desarrollo tecnológico es el uso de los conocimientos para desarrollar soluciones prácticas que permitan resolver problemas. La innovación es la transformación de ideas en nuevos productos y servicios comercializables. El emprendimiento es la identificación, valoración y explotación de oportunidades para colocar nuevos bienes y servicios en el mercado (Cruz & Quilpatay, 2014).

La innovación en la construcción requiere la participación de equipos multidisciplinarios (Pellicer et al., 2012). Dado que en la construcción el trabajo se realiza subcontractando etapas de la obra y cada construcción tiene especificidades propias, es importante constituir equipos de *I+D+i+e*. Para ello son relevantes los enfoques anteriormente descritos, pues dichos equipos se conforman por inter emprendedores, pioneros, personas creativas dentro de la organización, en todos sus departamentos.

Dadas las limitaciones de tiempo del gerente de la organización constructora y demás cargos directivos, la coordinación de los equipos y el manejo de la información y conocimiento relacionado con las SOI debe llevarse a cabo por el CIO. Similar a cómo las tareas obligatorias de los sistemas de gestión ambiental, laboral, riesgos, etc., tienen profesionales encargados, la importancia de las tareas de innovación requieren que se le asigne un profesional encargado de contribuir y cumplir con los objetivos estratégicos definidos respecto a la innovación, que organice los equipos, promueva la cultura SOI y la creatividad y genere los procesos de retroalimentación de la gestión.

4.3.4. Flujos con el ecosistema

El organismo empresarial constructor como parte del ecosistema en el que se encuentra, posee diferentes interrelaciones con actores y elementos del mismo, en el en el marco de un modelo

de gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) aplicado al sector de la construcción. Esta representación gráfica evidencia la naturaleza sistémica e interconectada del modelo, donde la empresa constructora mantiene un constante intercambio multidireccional de recursos, conocimientos, innovaciones, regulaciones, financiamiento y mejores prácticas con su entorno, conformando un ecosistema colaborativo e interdependiente en favor del desarrollo sostenible (ver tabla 35).

Tabla 36

Inputs y outputs del organismo empresarial constructor con su ecosistema

Tipo	Inputs	Outputs
Recursos económicos	- Recursos económicos pagados por los clientes a cambio de productos/servicios - Capital e instrumentos de inversión sostenibles recibidos de entes financieros y fondos verdes - Subvenciones y subsidios	- Impuestos pagados al gobierno y entes reguladores - Pagos hechos a proveedores de productos y servicios y empleados. - Fondos destinados a causas sociales y ambientales a través de organizaciones sociales y ambientales - Rentabilidad y crecimiento financiero
Recursos ambientales	- Recursos circulares para la construcción, suministrados por proveedores - Recursos circulares derivados de residuos valorizados provistos por empresas de reciclaje y valoración de residuos - Recursos ambientales: Agua, terrenos, espacios verdes, energías renovables.	- Proyectos, edificaciones y servicios innovadores y sostenibles ofrecidos a clientes - Residuos y materiales enviados a empresas de reciclaje para su valorización - Recursos regenerados, compensados y retorno de beneficios realizadas en recursos ambientales. - Emisiones reportadas y compensadas mediante la adquisición de créditos en mercados verdes y de carbono
Recursos sociales	- Mano de obra (especializada o no) proveniente de las comunidades. - Capital social de Stakeholders	- Mejora de la calidad de vida de los clientes - Generación de empleos y desarrollo de habilidades en las comunidades - Relaciones fortalecidas con la comunidad - Buenas prácticas de construcción e innovación social
Información	- Retroalimentación y nuevos requerimientos brindados por los clientes - Mejores prácticas de la industria - Inquietudes brindadas por organizaciones sociales y ambientales - Nuevos conocimientos, tecnologías y talento capacitado aportados por universidades y centros de I+D	- Información compartida y colaboración en programas con organizaciones sociales y ambientales - Investigaciones e innovaciones sostenibles co-creadas - Nuevos conocimientos e innovaciones en diseño y tecnología - Patentes y propiedad intelectual - Informes de sostenibilidad - Difusión de conocimientos y mejores prácticas

-
- Normas actualizadas provistas por el gobierno y entes reguladores
-

Al analizar los flujos plasmados en la tabla, se aprecia cómo el organismo constructor se nutre y retroalimenta continuamente de su interacción con actores internos como empleados y actores externos como clientes, comunidades, proveedores, entidades gubernamentales, entre otros. Esta dinámica de intercambios bidireccionales le permite acceder a insumos críticos como materiales circulares, financiamiento verde, talento capacitado y conocimientos especializados, a la vez que comparte sus propias innovaciones, mejores prácticas y aportes en materia de sostenibilidad. Asimismo, la participación en mercados verdes y de carbono le brinda mecanismos de compensación y mitigación de su huella ambiental.

Producto de las diferentes innovaciones orientadas a la sostenibilidad, la empresa obtendrá diferentes resultados en lo económico, ambiental y social. Esto se puede visualizar en términos de productividad, crecimiento, rentabilidad, inclusión social, equidad, accesibilidad, eficiencia ambiental, adaptación y mitigación del cambio climático, reducción de consumo, calidad ambiental, entre otros. Se prioriza a identificación de los resultados en sostenibilidad (económicos, ambientales, sociales) y en los criterios ESG (ambiente, social y gobierno corporativo), con el fin de desarrollar a futuro inversiones socialmente responsables (ISR).

En esencia, los flujos planteados en el modelo establecen una visión holística donde la construcción sostenible no es un esfuerzo aislado, sino el resultado de sinergias y colaboraciones multisectoriales dentro de un ecosistema mayor, impulsadas por un enfoque de gestión integral de la innovación orientada a balancear los pilares ambiental, social y económico.

4.3.5. Componentes del modelo

4.3.5.1. Gobernanza e involucramiento de stakeholders: las raíces

La organización constructora innovadora establece misión, visión, valores, principios y plan estratégico operativo alrededor de la SOI; además de incorporar estrategias tecnológicas alineadas a las estrategias del negocio y también directrices a largo plazo sobre nichos tecnológicos (Ludovico de Almeida & Campelo de Melo, 2017). Igualmente, se ha indicado que, cuando la alta

dirección participa activamente en el proceso de innovación, se obtienen mayores resultados en la misma (Pellicer et al., 2012).

La dirección estratégica y tecnológica encabezada por el CIO es un elemento decisor de todo el proceso de gestión de SOI, pues establece la visión de corto y mediano plazo, las metas y organización de I+D+i+e necesarias para desarrollar innovaciones orientadas a la sostenibilidad, además de los presupuestos y recursos disponibles para desarrollar, implementar y mantener las innovaciones. A su vez, algunas actividades estratégicas en este componente implican el análisis del contexto y la gestión de la colaboración con stakeholders y el establecimiento de alianzas.

En cuanto al análisis del contexto, es importante indicar que los impulsores de la innovación en el sector de la construcción generalmente son externos (Murphy et al., 2015; Darko et al. 2017), por lo tanto, las empresas constructoras deben realizar análisis de tendencias y escenarios prospectivos relacionados con problemas a nivel macro y meso (Ludovico de Almeida & Campelo de Melo, 2017). Se busca con esto la transformación de las influencias del entorno empresarial, necesidades de los grupos de interés y los problemas de construcción en innovaciones (Pellicer et al., 2014). Las organizaciones constructoras deben realizar análisis estratégicos con herramientas reconocidas, como DOFA, PESTEL, análisis de recursos desde la óptica del enfoque VRIO para identificar ventajas competitivas, entre otras, en las que puedan identificar las mejores estrategias para innovar sosteniblemente. Esto se logra al detectar oportunidades de innovación, los requerimientos de los clientes y el reconocimiento de los diferentes factores que influyen en la empresa.

Referente al involucramiento de stakeholders, la colaboración con partners tecnológicos, la gestión de equipos multidisciplinarios y el reconocimiento de las necesidades de los clientes son condiciones necesarias para tener innovación en las empresas constructoras (Pellicer et al., 2014). El trabajo en red es importante para la realización de innovaciones en las empresas, pues estas redes son usadas para iniciar discusiones ambientales y como fuente de conocimiento el cual pueden acceder y explotar (Khurana et al., 2019, 2021). Lo anterior se corroboró empíricamente en el contexto estudiado, donde la colaboración con proveedores y clientes se correlaciona con las innovaciones orientadas a la sostenibilidad realizadas. Para implementar esta colaboración, el departamento comercial deberá registrar y almacenar las necesidades de los clientes, recolectadas de manera informal y por medio de encuestas; lo cual pertenece al tradicional CRM. Además, se

requiere profundizar en el Social CRM, en el cual la empresa interactúa con los clientes en un entorno multicanal. En algunas ocasiones se pueden aprovechar herramientas como los grupos focales para discutir necesidades, nuevas tecnologías y oportunidades de innovación, tanto con clientes como proveedores.

En cuanto al establecimiento de alianzas, en los resultados de la investigación se identificó que la SOI se relaciona con el tamaño, ventas y número de empleados, lo que indica que, si se incrementa la capacidad productiva de la empresa, se contribuirá a este tipo de innovación. En efecto, Chaux & Orejuela (2021) han postulado la importancia de establecer alianzas estratégicas para gestionar innovaciones ambientales y Dhanda & Shrotryia (2021) han destacado la red de alianzas como herramientas para construir conocimiento, crear valor compartido, alinear las preocupaciones de la empresa con la sostenibilidad y crear sinergias que les permiten ser social y económicamente sostenibles. En el modelo propuesto, las alianzas deben buscar el crecimiento de la empresa, ya sea en el marketing de ventas con otras organizaciones, valor compartido con organizaciones que provean mano de obra o materias primas y convenios con entidades estatales en los que se puedan obtener beneficios tributarios o financiación. Además, se destaca la necesidad de plantear estrategias para incrementar los presupuestos disponibles para innovar de manera sostenible, pues es uno de los principales obstáculos identificados para realizar este tipo de innovaciones.

4.3.5.2. Gestión de SOI en el ciclo de la construcción

La sostenibilidad en el sector de la construcción sigue un ciclo que inicia en la producción de materias primas y finaliza con la gestión de residuos que surgen de la construcción, mantenimiento y deconstrucción Conama (2018). Este proceso de construcción basado en la economía circular se adapta para el modelo propuesto para identificar las fases del proceso constructivo: adquisición de materias primas, estructuración y diseño de la construcción, implementación de obras, mantenimiento de la construcción (garantía que da el constructor al cliente) y gestión de los residuos. Esto abarca el uso de materiales sostenibles y seguros para las personas y programas sociales que mejoran la competitividad (Chaux & Orejuela, 2021).

Este ciclo de construcción permite reconocer que las innovaciones orientadas a la sostenibilidad puedan surgir desde la adquisición (o producción) de materias primas, hasta la gestión de residuos finales. De allí que adquiere importancia de identificar en la cadena de valor

de la construcción, las actividades de: 1) rediseñar, 2) reducir, 3) reutilizar, 4) reparar, 5) renovar, 6) recuperar y 7) reciclar.

En los procesos de gestión de SOI se busca la planificación y ejecución de proyectos de innovación de este tipo en todo el ciclo de construcción, por medio de equipos multidisciplinarios de I+D+i, creatividad, gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, cultura SOI, cultura de calidad. En este proceso de gestión se tiene en cuenta la generación de ideas innovadoras dentro de la organización, la colaboración con stakeholders para desarrollar otras ideas y la transferencia tecnológica para aprovechar las ya existentes. Estos subcomponentes (ramas) se describen a continuación:

Vigilancia tecnológica: se ha propuesto que la organización constructora debe realizar esfuerzos organizados y sistemáticos para observar, recopilar, analizar, difundir y recuperar información veraz y relevante del sistema tecnológico en el entorno empresarial (Yepes et al., 2016). De esta manera, se propone que las organizaciones constructoras establezcan rutinas para detectar oportunidades o amenazas para anticipar cambios con el mínimo riesgo en la toma de decisiones. Esto implica la identificación de medios y fuentes, recopilación y análisis de información, decisión sobre la relevancia de la información mediante una evaluación adecuada y categorización y almacenamiento de la información en el sistema de gestión de la empresa. Además, se tiene en cuenta la inteligencia de riesgos en un entorno BANI (frágil, ansioso, no lineal, incomprensible) como respuesta proactiva en la exploración de oportunidades y amenazas tecnológicas.

Creatividad: la generación de ideas por parte de los empleados mejora las innovaciones de la organización según los lineamientos estratégicos definidos (Yepes et al., 2016). A partir del análisis de contexto, grupos de interés y empleados involucrados en las obras, puede surgir la información requerida para generar ideas. Se registran las ideas y se valoran según su viabilidad de desarrollo posterior con el equipo de I+D+i. Las ideas seleccionadas tienen la consideración de anteproyectos de innovación, también llamados briefs, que posteriormente se desarrollan por un técnico asignado. La periodicidad del proceso depende del calendario establecido por la empresa, es decir, trimestral, anual o semestral. Los proyectos de innovación que eventualmente desarrollará la empresa son seleccionados por la alta dirección.

Gestión del conocimiento y transferencia tecnológica: la gestión del conocimiento tiene un papel mediador en las innovaciones sostenibles (Chaurasia et al., 2020); Nabi et al., 2022). La transferencia de tecnología es la explotación comercial y social de la propiedad intelectual y contribuye a la innovación siempre y cuando sea factible de implementar (Yepes et al, 2016). En este componente se involucran procesos de identificación, creación, selección, organización, almacenamiento, uso y apropiación del conocimiento: tácito, explícito y externo de la organización. Estos procesos los coordina el CIO, encargado del sistema de gestión de SOI con los procedimientos que se establezcan para ello.

Cultura SOI: a nivel interno la innovación depende de factores como la creatividad, clima creativo, liderazgo, empoderamiento y otras variables organizacionales relacionadas como la cultura de innovación (Liu & Fellows, 2012). En efecto, la cultura de innovación es uno de los elementos que favorece el desarrollo de nuevas ideas (Toole et al., 2013). La cultura SOI corresponde a los valores, creencias, rutinas, costumbres que favorecen la generación de innovaciones orientadas a la sostenibilidad, la cual se puede desarrollar mediante el liderazgo de la dirección de la organización y las políticas que se establezcan para promover innovaciones. La cultura SOI se forma con el tiempo y requiere esfuerzos de capacitación y realización de rutinas constantes de innovación.

Cultura de calidad: El control de los procesos internos (principalmente de producción y gestión) constituye una fuente básica para la generación de ideas innovadoras. De esta manera, la existencia de un sistema de calidad certificado por la norma ISO 9001 facilita la implantación de un sistema de gestión de la innovación (Pellicer et al., 2012). En efecto, en el contexto de investigación se corroboró que las empresas que implementan el SGA tienen mejores procesos de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad y resultados en lo económico, social y ambiental. La cultura de la calidad abarca no solo la adopción de sistemas de gestión ambiental, laborales y riesgos, que son los que frecuentemente se implementan, sino aquellos que en la construcción contribuyen a garantizar la calidad en el proceso de producción (ISO 9001), accesibilidad a edificios e instalaciones (ISO 170001), gestión de energía de una organización (ISO 50001) y búsqueda de nuevos materiales y novedades que garanticen mayor eficiencia en el proceso productivo por medio de I+D+i (ISO 166002).

Planeación y ejecución de proyectos de innovación: las innovaciones orientadas a la sostenibilidad se desarrollan desde el diseño del proyecto, hasta la implementación en el sitio de construcción o la empresa (Yepes et al., 2016). En Murphy et al. (2015) también se reconoce que la implementación de innovaciones sigue un proceso de reconocimiento de necesidades, formulación y evaluación de ideas, solución de problemas, compromiso, preparación, desarrollo, uso y difusión de innovaciones, con su posterior evaluación. Este componente consolida y materializa las ideas innovadoras, que han sido aprobadas por los equipos de I+D+i+e y para las que la alta dirección de la organización ha destinado presupuesto. El trabajo por proyectos se propone debido a que las innovaciones se implementan en diferentes obras y se pueden consolidar carteras de proyectos que pueden adoptarse en futuras construcciones.

Dentro de la empresa existen capacidades de gestión de proyectos a nivel operativo, rutinario, del ciclo de vida de los proyectos y programas existentes, pero existen también capacidades dinámicas de gestión de proyectos que están más relacionadas con la gestión de la cartera o conjunto de proyectos. La gestión de carteras de proyectos consiste en planificar, mapear y programar un conjunto de proyectos para lograr los objetivos estratégicos a largo plazo de una empresa. De allí que, según estos autores, una cartera equilibrada de proyectos debe explotar proyectos rutinarios (capacidades de proyectos) y explorar proyectos innovadores (capacidades dinámicas) desde la ambidestreza (Davies & Brady, 2016). De esta manera, el modelo propuesto maximiza el valor de la cartera de proyectos, al incluir aquellos proyectos innovadores, de largo plazo, con el que la organización adquiere capacidades dinámicas, administrando riesgos y resultados.

El aprendizaje surge entre proyectos innovadores y de rutina porque los primeros son complejos y con variables inciertas que dificultan la planificación, por lo tanto, la exploración requiere cambios fundamentales en el diseño organizacional y una ruptura con las rutinas y capacidades del proyecto anterior (Davies & Brady, 2016). La forma como las organizaciones llevan a cabo estas rutinas duales es la ambidestreza, es decir, los directivos de las empresas deben decidir cuándo aprovechar las capacidades de proyectos rutinarios con condiciones altamente estables y predecibles, pero, al mismo tiempo, deben decidir cuándo es momento de llevar a cabo proyectos innovadores para adaptarse a un entorno cambiante y obtener ventajas competitivas (ver figura 3). Por lo tanto, la incertidumbre permite crear la capacidad de proyectos mediante la exploración, con el tiempo el dinamismo del entorno permite modificar dicha capacidad hasta

lograr explotarla en entornos más estables y predecibles en donde se mantiene la capacidad de gestión de proyectos.

Aprendizaje y mejora continua: La evaluación es una etapa propuesta en los modelos de gestión de innovación en la construcción, por autores como Murphy et al. (2015) y Ludovico de Almeida & Campelo de Melo (2017), dada la necesidad de verificar la efectividad de las estrategias de innovación implementadas, mapear convergencias y brechas y retroalimentar los ciclos de aprendizaje. En el modelo planteado, la empresa constructora evalúa los resultados obtenidos en estos tres ámbitos de la sostenibilidad por medio de indicadores, lo que permite generar los aprendizajes necesarios para mejorar. Además, se prioriza la medición de indicadores ESG, para proyectar inversiones socialmente responsables en el futuro. Los resultados de un proceso de evaluación tienen sentido si conduce a aprendizajes y mejora continua.

Debido a que la innovación efectiva requiere que el conocimiento obtenido de la experimentación con el cambio se transfiera a otros empleados, el aprendizaje organizacional y la gestión del conocimiento se consideran críticos para la innovación sostenida (Toole et al., 2013). El aprendizaje permite construir la base de conocimientos y mejorar constantemente el proceso de innovación a través de este ciclo (Tidd & Bessant, 2020). A su vez, la capacitación permite mejorar los aprendizajes por medio del conocimiento ya validado y consolidar una cultura de innovación en la organización. Desde la dirección estratégica se deben plantear planes de capacitación anuales para que los empleados fijos y los contratistas de obra sean conscientes de los procesos de innovación orientada a la sostenibilidad en la organización.

En este sentido, se establecen bucles de aprendizaje y mejora continua, es decir, ciclos iterativos y realimentados que permiten a la organización aprender de la experiencia, identificar áreas de mejora y aplicar acciones correctivas o de optimización de manera sistemática y continua. En este sentido, se establecen tres tipos de bucles: para cambiar percepciones (bucle 1), formas de pensar (bucle 2) y comportamientos (bucle 3) que permitan a la gobernanza e involucramiento con stakeholders promover innovaciones sostenibles en el proceso de construcción.

4.4. Discusión de resultados

La presente investigación se centró en el sector de la construcción, el cual, como otras industrias se debate entre el crecimiento, generación de empleo, obtención de rentabilidades y las

presiones sociales que hacen pensar en la sostenibilidad como una responsabilidad de la organización con su entorno. En efecto, el reto para el sector de la construcción es continuar aportando crecimiento para las economías nacionales, pero reducir su impacto social y ambiental (Pelli, 2021). En el departamento de Boyacá, las empresas constructoras poseen la característica de ser clasificadas como empresas medianas y grandes por sus activos declarados; sin embargo, el tamaño de la mayoría de ellas es de menos de 40 empleados, lo que las clasificaría como empresas pequeñas. Esta condición se da porque estas empresas constructoras operan de manera fija con empleados de administración, ventas e ingeniería o arquitectura, pero subcontratan diferentes partes de la obra con otras empresas (personales o jurídicas). En este sentido, esta estructura de operación trae algunas implicaciones para la innovación orientada a la sostenibilidad que se discuten a continuación.

La innovación orientada a la sostenibilidad que han realizado estas organizaciones se ha motivado por el cumplimiento de demandas normativas, no por procesos estructurados y planeados de innovación para obtener ventajas competitivas. Esto es evidente por la ausencia de presupuestos para innovación o sostenibilidad, y solo una pequeña proporción tiene implementado un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). la inexistencia de departamentos u oficiales encargados de la innovación orientada a la sostenibilidad. Estos resultados coinciden con lo observado por Mendoza & Vanga (2020) en su estudio sobre el conocimiento de expertos técnicos respecto al desarrollo sostenible en la construcción en Portoviejo, Ecuador, donde identificaron que la falta de conocimiento y los altos costos de implementación son las principales causas de la no adopción de acciones medioambientales en el sector. A su vez, Darko et al. (2017) identificaron que los impulsores externos como regulaciones gubernamentales son un factor clave para la adopción de construcciones sostenibles. Sin embargo, Dhanda & Shrotryia (2021) argumentan que la ventaja competitiva hoy en día depende de la sostenibilidad, por lo que estas empresas podrían estar perdiendo oportunidades al no buscar proactivamente innovaciones sostenibles para diferenciarse en el mercado.

La construcción de una cultura de innovación puede verse limitada por la transición de empresas o equipos contratistas de cada proyecto, cuyo personal puede traer nuevos conocimientos, pero desarticular la construcción de innovaciones de largo plazo una vez termina la obra. En efecto, la rotación de personal en las organizaciones limita los aportes que pueden hacer los empleados, lo cual se profundiza si no existe una actitud abierta por parte de la dirección

(Hjalager, 2002). Al respecto, Pellicer et al. (2014) resaltan que la colaboración con colaboradores tecnológicos y la gestión de equipos multidisciplinarios son condiciones necesarias para la innovación en empresas constructoras. Por lo tanto, se requieren mecanismos para integrar y transferir conocimientos entre los diferentes actores que intervienen en los proyectos a lo largo del tiempo.

El tamaño de la operación (empleados, ventas y cantidad de construcciones) y la experiencia en el mercado (antigüedad) se relaciona con una mayor tendencia a innovar sosteniblemente. En efecto, las empresas nacientes generalmente poseen escasos recursos de capital, poca diversificación de servicios, son relativamente innovadoras a la vez que intentan ganar aceptación en el mercado (Miller & Friesen, 1984; Wang & Singh, 2014) por lo tanto pueden estar menos inclinadas a innovar; mientras tanto, las empresas crecientes y maduras buscan la innovación incremental para mejorar sus aceptación en el mercado y enfrentar la competencia (Balkin & Montemayor, 2000; S. H. Park & Hwang, 2006). Para la presente investigación esto implica que el tamaño y el tiempo permiten que las empresas constructoras acumulen capital de financiamiento, experiencia, economías de escala, adopción paulatina de sistemas de calidad y mayores compromisos con la normatividad, comunidad y medio ambiente, los cuales finalmente la empujan a adoptar algunas innovaciones.

Lo anteriormente descrito tiene algunos matices que deben analizarse a la luz de las correlaciones entre las variables analizadas, en las cuales se hallaron cuatro tendencias: 1) los datos recolectados no mostraron una correlación estadísticamente significativa entre el tamaño de la empresa, recursos financieros, recursos tecnológicos, desarrollo de capacidades, y los procesos de gestión de innovaciones orientadas a la sostenibilidad; 2) existió correlación entre la capacidad de colaboración (con proveedores, clientes y partes interesadas) y las innovaciones orientadas a la sostenibilidad; 3) los procesos de gestión de SOI influyen en el desarrollo de la mayoría de innovaciones orientadas a la sostenibilidad y 4) las innovaciones desarrolladas (de producto, organizacionales, de procesos y servicios) se correlacionan positivamente con la obtención de resultados de sostenibilidad (económicos, ambientales y sociales). Por lo tanto, para las empresas constructoras analizadas, los procesos de gestión de SOI son fundamentales para obtener innovaciones orientadas a la sostenibilidad y resultados sostenibles, más que el tamaño, recursos financieros y tecnológico o capacidad desarrollada que posea la empresa. En otras palabras, las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá pueden desarrollar innovaciones orientadas

a la sostenibilidad si adoptan procesos de gestión de SOI y crean capacidades de colaboración con proveedores y clientes, pese a sus limitaciones financieras, de tamaño, capacidades o disponibilidad de recursos.

En relación con los factores que influyen en las innovaciones orientadas a la sostenibilidad (SOI), los resultados de esta investigación muestran que tanto factores externos (iniciativas gubernamentales, colaboración) como internos (apoyo de la alta dirección, recursos, capacidades) son relevantes. Estos hallazgos coinciden parcialmente con lo encontrado por Khurana et al. (2021), quienes identificaron que el desarrollo de capacidades organizacionales, la colaboración interna y externa, y la disponibilidad de recursos son factores críticos para la implementación de prácticas de innovación orientadas a la sostenibilidad en pequeñas y medianas empresas manufactureras.

Los resultados en sostenibilidad de las empresas objeto de investigación fueron más bajos en el ámbito económico que en lo ambiental o social, esto permite evidenciar que las innovaciones orientadas a la sostenibilidad tal como se han realizado no han reportado suficientes rendimientos económicos o reducción de costos como lo esperan las empresas. Al respecto, Khurana et al. (2019) indicó que el acceso a recursos financieros es una restricción importante, razón por la que no existen fondos para actividades respetuosas con el medioambiente. Esto ocasiona que estas empresas esperen una llegada rápida de dinero cuando invierten y estén renuentes a invertir en tecnología sostenible que se demora para obtener beneficios.

A su vez, los elevados resultados en sostenibilidad social de estas organizaciones se deben a que las empresas reportan un mayor bienestar laboral producto de una reducción de la siniestralidad y rotación laboral, lo cual se relaciona más con la implementación de sistemas de gestión de salud y seguridad en el trabajo, que con acciones planeadas de innovación orientada a la sostenibilidad. Lo mismo sucede con los resultados ambientales, los cuales se hallan principalmente en el cumplimiento de normativa ambiental, es decir, no corresponde a impactos en el mercado con nuevos productos, procesos o servicios ambientalmente sostenibles con el fin de tener ventajas competitivas. Al respecto, Van Nguyen (2023) encontró que la sostenibilidad ambiental es uno de los principales impulsores de la innovación en construcción, pero la regulación en sí misma es un impulsor menos importante debido a una implementación y control inadecuados.

Esto sugiere que se necesita ir más allá del simple cumplimiento para lograr innovaciones con impacto real.

Las empresas constructoras investigadas tienen alta dependencia del entorno empresarial, especialmente hacia proveedores y colaboradores, lo cual ya había sido reconocido por Gann (2000) y Murphy et al. (2015), quienes indicaron que en este sector la innovación depende del impulso (Push) que da la introducción de nuevas tecnologías y la atracción (Pull) que genera la demanda de construcciones sostenibles. A esto se suman los incentivos gubernamentales que pueden impulsar el desarrollo de innovaciones en la construcción (Kong & He, 2021). Frente a esto último, si bien no se halló una correlación directa entre los factores gubernamentales en la innovación orientada a la sostenibilidad, indirectamente el gobierno influye en este tipo de innovación al establecer lineamientos mínimos de construcción, obligaciones de impactos ambientales o requerimientos de adopción de sistemas de calidad. Esto se evidencia en que las empresas con sistemas de gestión ambiental implementados, presentan mejores resultados de gestión de SOI, innovaciones SOI y resultados de sostenibilidad.

En el sector de la construcción estudiado, la rotación de personal y de empresas que operan diferentes etapas de la obra limita la adopción de una cultura de innovación y el desarrollo de innovaciones orientadas a la sostenibilidad, pues ocasiona fugas de información y bajo compromiso con los objetivos de innovación de la empresa. Ante esto, la utilización de los equipos multidisciplinares propuesto por Pellicer et al. (2012) no solo tiene sentido en la confluencia de diferentes áreas de conocimiento en la construcción, sino en la necesidad de ir transfiriendo conocimiento entre quienes operan diferentes etapas del proyecto. Sin embargo, estos equipos no serían efectivos si no se articula con la gestión del conocimiento y la administración de carteras de proyectos rutinarios e innovadores (Adams et al., 2016), pues los equipos de I+D+i+e propuestos en el modelo MoGIOSC son temporales, mientras que el conocimiento bien gestionado y las capacidades dinámicas de gestión de proyectos persisten a largo plazo en la empresa.

La gestión del conocimiento en el sector constructor es relevante, pues Liu & Fellows (2012) indicaron la existencia de innovaciones ocultas, es decir, pequeños cambios que pasan desapercibidos. Sin embargo, dichos cambios deben reconocerse y sistematizarse en la organización, con el fin de gestar ideas creativas que puedan convertirse en innovaciones orientadas a la sostenibilidad. En el modelo planteado, la gestión del conocimiento hace parte de

los procesos de gestión de SOI, con el fin de aprovechar el conocimiento tácito y oculto que se desconoce en las organizaciones constructoras. A esto se suma que, la sub contratación de diferentes etapas del proyecto de construcción con otras empresas ocasiona la llegada de nuevos conocimientos que deben aprovecharse, pero genera fugas de conocimiento que es necesario retener, una vez los contratistas culminan su labor.

En este trabajo se determinó que la capacidad de colaboración (con el cliente y proveedores) es el factor que más influye en SOI total. En efecto, en la literatura se ha identificado que la construcción sostenible depende de la satisfacción de las necesidades de los clientes, tanto ambientales, sociales y económicas (van Egmond, 2012), mientras que también puede provenir del impulso tecnológico por parte de proveedores, fabricantes, contratistas (Murphy et al., 2015). De allí la importancia de colaborar con clientes y proveedores y aprovechar los efectos que tiene la demanda en la innovación y el empuje tecnológico en el desarrollo de ideas innovadoras que impacten la sostenibilidad.

La investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) ha sido un enfoque dinámico para comprender el desarrollo de productos y servicios novedosos con aplicación comercial, tanto a nivel de política pública, como a nivel interno de las organizaciones (De Lucas & Gavrilá, 2023). Sin embargo, el modelo de gestión propuesto en esta tesis doctoral involucró además el emprendimiento (I+D+i+E), el cual en la literatura se ha considerado como un componente que permite explicar el crecimiento y la transformación de la sociedad (Barzán, 2016; Callegari & Nybakk, 2022), pero en la presente investigación se toma como emprendimiento corporativo. Dicho emprendimiento “interno” abarca aquellos que asumen la responsabilidad práctica de crear innovación de cualquier tipo dentro de una organización y defenderán nuevas ideas desde el desarrollo hasta la completa realidad rentable, sin tener en cuenta los recursos que controlan actualmente (Kassa & Tsigu, 2022). Por lo tanto, la empresa constructora que busque adoptar procesos de I+D+i+e en sus procesos de gestión SOI, debe crear capacidades y ambientes para involucrar a los empleados en la obtención de resultados positivos, como la innovación, que vincula los recursos a una ventaja competitiva.

En este trabajo se propuso y validó un modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) para empresas de construcción, un objeto de estudio que en la literatura académica no se ha abordado lo suficiente, o que se ha realizado de manera aislada, como se pudo

observar en el marco teórico. Uno de los trabajos cercanos a plantear un modelo de gestión de SOI en organizaciones de gran tamaño fue Ludovico de Almeida & Campelo de Melo (2017), quienes realizaron su propuesta para el sector energético, reconociendo el contexto, dirección estratégica y tecnológica, acciones de gestión, resultados y procesos de aprendizaje de doble ciclo. Dichos autores anticiparon que su esquema podría adaptarse a otras empresas establecidas en diferentes contextos productivos, especialmente aquellas que tienen como objetivo implementar una gestión de I+D+i orientada a la sostenibilidad, considerando la naturaleza multidimensional y multinivel del análisis y teniendo en cuenta las influencias contextuales y los procesos emergentes. Este es el caso de la presente investigación, en donde, dadas las coincidencias con las dependencias del sector de la construcción a las condiciones externas dinámicas de la organización, dicho modelo se analiza y amplía para incorporar otros componentes, como el ciclo de la construcción, cultura SOI y de calidad, alianzas, recursos financieros, colaboración con el cliente y proveedores.

Uno de los modelos teóricos destacados de gestión de la innovación para la sostenibilidad en el sector de la construcción es el propuesto por Langston (2018), quien plantea que el desarrollo sostenible debe encarnar el Principio 3L de Gordon, abordando la durabilidad, adaptabilidad y sostenibilidad como igualmente importantes. Este enfoque se ve reflejado parcialmente en los resultados, donde se encontró que las empresas constructoras de Boyacá realizan innovaciones orientadas a la sostenibilidad (SOI) principalmente en productos y procesos, buscando mejorar el desempeño ambiental y social. Sin embargo, el modelo propuesto en esta investigación va más allá al incorporar aspectos de gestión, cultura organizacional y colaboración con stakeholders como elementos clave para lograr una sostenibilidad integral. En cuanto al modelo de gestión de residuos de construcción y demolición basado en la economía circular (Sánchez et al., 2020), se encuentran similitudes con el ciclo de construcción verde incorporado en el presente modelo. Ambos enfoques buscan minimizar la generación de residuos, promover la reutilización y reciclaje, y considerar alternativas de valorización. No obstante, el modelo propuesto en esta investigación aborda la sostenibilidad de manera más amplia, incluyendo aspectos sociales y económicos además de los ambientales.

Otro modelo relevante es el de construcción sostenible propuesto por van Egmond (2012), que enfatiza en la innovación como medio para satisfacer las necesidades de las personas, el medio ambiente y las ganancias de la organización. Este enfoque se alinea con los resultados obtenidos, donde se evidencia que las SOI realizadas por las empresas constructoras de Boyacá buscan

generar beneficios en las tres dimensiones de la sostenibilidad. Además, el modelo propuesto destaca la importancia de la gestión del conocimiento y la transferencia de tecnología, aspectos que van Egmond (2012) también considera fundamentales para la innovación sostenible.

En Colombia, Chaux & Orejuela (2021) se acercaron a este tipo de innovación al proponer un modelo de economía circular para la construcción, en donde reconoce la importancia de reducir, reutilizar, reciclar, reparar y usar materiales sostenibles. Sin embargo, no proponen el análisis del contexto, vigilancia tecnológica, evaluación de resultados o procesos de aprendizaje. De esta manera, la presente investigación evidencia que se puede plantear un proceso cíclico de gestión de SOI según los procesos de construcción, pero incluyendo el contexto, enfoques abiertos, centrados en las personas, proyectos de innovación procesos de aprendizaje (triple; simple y profundo) y retroalimentación tras evaluar los resultados que se obtengan en sostenibilidad.

Cada elemento propuesto en el modelo cumple un rol fundamental para la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad, por lo tanto, aislar, eliminar o resaltar unos más que otros sería un equívoco. En su lugar, es importante destacar los enfoques que sustentan la elección e interacción de sus componentes, basados en la colaboración interna y externa aprovechando los conocimientos y capacidades de todos los miembros de la organización (innovación abierta y bottom up), incertidumbre en la gestión de innovación (modelo de enlaces en cadena, contexto BANI), dependencia de las necesidades de la demanda y disponibilidad tecnológica (modelo push y pull), economía circular, equipos interdisciplinarios, manejo de proyectos rutinarios e innovadores (ambidestreza), evaluación de los resultados de sostenibilidad (indicadores ESG) y perspectiva de aprendizaje que va desde lo más sencillo a lo más profundo (Bucle triple). En conjunto, este es un enfoque ecológico de la organización en el que ésta se encuentra abierta a su responsabilidad socio ambiental, tiene flexibilidad para adaptarse y enfrenta tensiones de obtención de recursos (De La Rosa, 2021).

Por otro lado, el modelo propuesto en esta investigación destaca la importancia de la colaboración con stakeholders y la gestión del conocimiento para impulsar la innovación sostenible, aspectos que también han sido resaltados por estudios previos. Por ejemplo, Pellicer et al. (2014) señalan que la colaboración con partners tecnológicos y la gestión de equipos multidisciplinarios son condiciones necesarias para lograr innovaciones en las empresas constructoras. Además, Chaurasia et al. (2020) identificaron que la gestión del conocimiento y la

apertura organizacional son factores clave para la innovación abierta orientada a la sostenibilidad. Otro aspecto destacable es que el modelo propuesto en esta investigación considera la innovación sostenible como un proceso holístico que involucra a toda la organización y su ecosistema, lo cual se alinea con la visión de Adams et al. (2016), quienes argumentan que la innovación para la sostenibilidad debe estar integrada en el ADN de la empresa y extenderse más allá de sus límites para impulsar un cambio sistémico.

La innovación orientada a la sostenibilidad se centra en las personas, más que en la tecnología; reconoce que la organización hace parte de un ecosistema, en lugar de estar centrada en sí misma; y la innovación se extiende por toda la organización, en lugar de involucrar a un solo departamento (Adams et al, 2016). En efecto el modelo propuesto en la presente investigación retoma estos elementos para otorgar un papel relevante a los equipos de I+D+i+e (en lugar de tener un departamento de innovación), que pueden integrarse con todas las personas de la organización y se reconoce que la organización tiene mucho que aprender, qué aportar y en qué colaborar con los actores relacionados. Una posible limitante de adoptar un enfoque basado en las personas es que, en el sector de la construcción, generalmente tienen una idea simplista y superficial sobre la innovación y la falta de experiencia práctica dentro de la industria (Zakaria et al., 2017). Por ello los procesos de capacitación y el trabajo en equipos es tan crucial dentro del modelo, con el fin de transformar no solo los comportamientos innovadores sino las creencias profundas hacia la innovación orientada hacia la sostenibilidad.

Las limitaciones presupuestales que tienen las empresas objeto de estudio, no están relacionadas directamente con su tamaño, como sucede con las micro y pequeñas empresas, sino por su baja orientación a innovar sosteniblemente; razón por la que los actuales desarrollos innovadores en esta área están vinculados más a responder obligaciones normativas y del sistema de gestión ambiental. Sin embargo, este comportamiento de recursos limitados puede analizarse bajo conceptualizaciones de innovación en pequeñas y medianas empresas. Al respecto (Kurniawati et al., 2022) sugirieron que al implementar la innovación abierta, las empresas pueden aprovechar recursos externos para innovar y mejorar su desempeño en innovación. En efecto, el modelo planteado en la presente investigación adopta esta perspectiva como una de las alternativas para enfrentar sus recursos limitados. El aprovechamiento de la innovación abierta dependerá de la capacidad de identificar las competencias de partes externas que pueden ser socios en la innovación, desempeñar un papel activo en la red de innovación, explorar el conocimiento externo

y utilizar este conocimiento para crear nuevos conocimientos. Con estas capacidades, las organizaciones constructoras pueden maximizar los recursos externos para apoyar la innovación interna en la creación de productos y procesos que sean respetuosos con el medio ambiente y seguros para los empleados y comunidad.

Las implicaciones a nivel gerencial la investigación radica en que, en primer lugar, quienes dirigen estas organizaciones constructoras comprendan que lograr innovaciones orientadas a la sostenibilidad no es una meta difícil, sino que es una tarea relevante para lograr ventajas competitivas. En segundo lugar, esta investigación sugiere que los gerentes de medianas y grandes empresas constructoras pueden enfocar acciones de cooperación con proveedores y clientes para obtener información relevante para innovar, además de alianzas para gestionar recursos y asegurar un crecimiento de la empresa. En tercer lugar, la investigación revela la importancia de que los gerentes adopten posturas de liderazgo transformacional, enfoques de innovación abierta, Bottom up, innovación enlaces de cadena y emprendimiento corporativo ligado a la innovación, investigación y desarrollo (I+D+i+e). En cuarto lugar, los gerentes pueden aprovechar la existencia de indicadores ESG para adaptarlos, posicionar a la empresa hacia la inversión sostenible y conseguir recursos de financiación por medio de entes estatales y no gubernamentales que busquen resultados de sostenibilidad. En quinto lugar, el modelo planteado permite repensar el diseño organizacional para integrar y flexibilizar el papel del Chief Innovation Officer, los equipos de I+D+i+e y el aprendizaje de triple bucle, como elementos que permiten ejecutar y mejorar en las diferentes acciones de gestión de SOI.

Fomentar la innovación orientada a la sostenibilidad dentro de las empresas de construcción es un paso que no surge por iniciativa propia de las organizaciones, pues ellas dependen de impulsos externos que las “obligan” a innovar sosteniblemente. En este sentido, los formuladores de políticas podrían considerar el uso de algunas medidas para guiar a estas empresas a generar conciencia hacia el desarrollo sostenible. Un primer abordaje es revisar y profundizar los planteamientos del modelo propuesto en la presente investigación, de manera que sus componentes puedan aprenderse en diferentes módulos de formación, con sus respectivas experiencias prácticas de aplicación. Por otro lado, se pueden establecer plataformas de información para proporcionar a las empresas las últimas normas ambientales, sociales y de gobernanza, además de explicar cómo los problemas de sostenibilidad afectan las direcciones regulatorias futuras y las tendencias del mercado de consumo para vincular las SOI y las

oportunidades de ganancias. Estas acciones deberían contribuir a que las empresas constructoras construyan una visión concreta del desarrollo sostenible, mejorando así su compromiso con las SOI.

5. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación

5.1. Conclusiones

En la presente investigación se propuso un modelo de gestión de innovación para la sostenibilidad en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá. Alrededor de este objeto de estudio, se analizaron las características de las empresas, se diagnosticaron sus innovaciones orientadas a la sostenibilidad, su gestión y factores influyentes, se formularon los componentes y relaciones de modelo de gestión y se validó por medio de expertos. Al respecto se determinaron las siguientes conclusiones.

En referencia al primer objetivo específico, se concluye que las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá estudiadas se caracterizan en su mayoría por poseer menos de 40 empleados, tienen menos de 15 años en el mercado, al año terminan menos de 4 construcciones y no poseen sistemas de gestión ambiental, presupuestos y departamentos dedicado a la innovación o sostenibilidad. Los subsectores en los que se encuentran la mayoría de ellas son en la construcción de edificios residenciales No VIS, terminación y acabado de edificios, obras de ingeniería civil, y construcción de puentes y mantenimiento de carreteras y vías de ferrocarril. Estas organizaciones no tienen grandes cantidades de empleados debido a que subcontratan etapas de las obras según el proyecto que se esté ejecutando.

En cuanto al segundo objetivo específico, se concluye que las innovaciones SOI que las empresas llevan a cabo se clasifican en un nivel medio, y son en su mayoría de producto y proceso, relacionadas con la optimización de recursos, manejo de residuos, diseños adaptados para reducir consumo de energía y agua, entre otros. Los procesos de gestión de SOI se caracterizan por ser en su mayoría reactivos y con baja planeación, es decir, se innova porque la normatividad y la sociedad demanda este tipo de acciones y en algunos casos como anticipación a lo que requiere el mercado.

Los resultados de innovación se clasifican en un nivel medio y son más altos en lo social, que en lo ambiental y económico; es decir, las innovaciones SOI realizadas por las organizaciones constructoras han mejorado la retención y han reducido la siniestralidad laboral, de manera más frecuente que la obtención de mejoras en la facturación, los costos, cumplimiento de las normas ambientales o la reducción de impactos ambientales.

Los factores que influyen en las SOI fueron altamente valorados y los que se consideraron más influyentes fueron las subvenciones e incentivos fiscales, habilidades directivas, liquidez, retorno de la inversión, acceso a mano de obra calificada, capacidad de absorción del personal, gasto en I+D, colaboración con el cliente y proveedores y el conocimiento del mercado.

En general, las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá que tienen los niveles más altos de innovación orientada a la sostenibilidad, gestión de SOI y resultados en sostenibilidad son aquellas que tienen mayor nivel de ventas anuales, mayor número de empleados, más años de constitución, alto número de construcciones, que implementan SGA y que tienen presupuesto destinado a investigación, desarrollo y temas relacionados con el medio ambiente. En este sentido, el mayor tamaño de la operación, experiencia, adopción de sistemas de gestión ambiental y disponibilidad financiera, son características que se encuentran en las empresas que mejor se desempeñan en la gestión de innovación orientada a la sostenibilidad.

En el contraste de hipótesis y análisis de correlación entre las variables de la investigación, se encontró que la capacidad de colaborar con clientes y proveedores se relaciona positivamente con el desarrollo de innovaciones orientadas a la sostenibilidad y el desarrollo de capacidades influye en las innovaciones SOI de servicios. Todos los factores analizados externos (iniciativas gubernamentales, colaboración, innovación abierta) y factores internos (alta dirección, recursos, capacidades y tamaño) influyen en las innovaciones SOI como conjunto. Sin embargo, no existió correlación entre los factores influyentes en SOI en los procesos de gestión. Por su parte, los procesos, competencias, actividades y comportamientos de gestión de SOI influyen en la mayoría de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad y sus tipologías. A su vez, estas innovaciones (menos las orientadas a la responsabilidad social) impactan positivamente los resultados económicos, ambientales y sociales.

Los anteriores hallazgos permiten concluir que los procesos de gestión de SOI y la colaboración con clientes y proveedores son las variables que mejor explican las innovaciones orientadas a la sostenibilidad que se desarrollan en las medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá. Por lo tanto, son elementos que deben impulsarse y que, pese a las limitaciones de tamaño y recursos de estas organizaciones, permiten desarrollar innovaciones orientadas a la sostenibilidad y lograr resultados positivos a nivel económico, ambiental y social.

Respecto al tercer objetivo de la investigación, en este trabajo se propuso y validó un modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) para empresas constructoras. El modelo consta de actores internos clave: Chief Innovation Officer (CIO), equipos de gestión I+D+i+e y empleados de la organización; además de actores externos o Stakeholders. Se propusieron componentes relacionados con la gestión de SOI en el ciclo de construcción, como: vigilancia tecnológica, creatividad, gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, cultura SOI, cultura de calidad y planificación y ejecución de proyectos de innovación SOI y mejora continua. Además, se estableció una visión ecológica en la que la organización se relaciona con su entorno a través de flujos de recursos económicos, sociales, ambientales e información.

En el cuarto objetivo específico, este modelo fue resultado de un proceso de validación por expertos, sugirieron ajustes en cada uno de los componentes, resaltando la profundización en las relaciones entre los mismos, encargados de los procesos y diferentes metodologías que contribuirían a lograr los objetivos de innovación orientada a la sostenibilidad. Dicho modelo tiene las características para orientar a las medianas y grandes empresas constructoras a innovar para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible.

Esta tesis aporta al campo del conocimiento al proponer un modelo de gestión de innovación orientada a la sostenibilidad específicamente diseñado para las medianas y grandes empresas del sector constructoras en Boyacá. La investigación aborda un vacío identificado en la literatura, dado que la mayoría de los estudios existentes no han desarrollado modelos empíricos enfocados en la gestión de la innovación sostenible en este sector y región específica. El modelo propuesto tiene el potencial de ayudar a estas empresas a integrar prácticas sostenibles a lo largo de todo el ciclo de vida de sus proyectos, lo que les permitirá no solo cumplir con las normativas ambientales y mejorar su competitividad, sino también contribuir activamente a los objetivos de desarrollo sostenible y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo no solo responde a las necesidades locales, sino que también ofrece una herramienta metodológica replicable en otros contextos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en diferentes sectores productivos.

5.2. Limitaciones

En la aplicación del instrumento de recolección de información, las respuestas de los participantes estuvieron influenciadas en algunos casos por la visión simplista y superficial de la innovación orientada a la sostenibilidad y la posible confusión con obligaciones ambientales adquiridas en sistemas de gestión o por normatividad. Cuando estos casos ocurrían, la investigadora debía reiterar el concepto y la importancia de reconocer que dichas “innovaciones” fueran realmente novedosas para la empresa o para el mercado.

Los resultados hallados en la investigación toman como referencia el contexto Boyacense, razón por la que su aplicabilidad se encuentra limitada a estas organizaciones de mediano y gran tamaño. De manera que las interpretaciones que intenten generalizar los resultados a todo el sector constructor colombiano deberán confrontar las características y relaciones encontradas con sus propias condiciones. En efecto, habrá departamentos cuyo impulso gubernamental sea más activo o donde los empleados lleven a cabo un emprendimiento corporativo más marcado.

5.3. Futuras líneas de investigación

El modelo propuesto y validado es una estructura que brinda pautas para orientar la implementación de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en medianas y grandes empresas constructoras. Sin embargo, es necesario realizar una validación aplicada del modelo por prueba piloto y recolectar la información necesaria para someterlo a validación estadística de sus resultados y relaciones. Si bien el modelo planteado puede consolidarse como una propuesta para el sector de la construcción, en medianas y grandes empresas, su formulación consideró características propias del contexto boyacense que deben verificarse en otros contextos. Dichas características abarcan las limitaciones financieras y de tamaño que impiden adoptar enfoques orientados a la innovación sostenible, la comprobación de que la implementación de sistemas de calidad en la gestión ambiental influye en la adopción de mejores procesos de gestión de SOI y la necesidad de relacionarse con actores externos a la organización, especialmente clientes y proveedores.

Una característica de las empresas constructoras boyacenses no profundizada en la presente investigación, dados sus objetivos, es que el 96% de ellas tiene gestión familiar, es decir, una o dos familias poseen más del 50% de la propiedad de la empresa, los miembros de la familia propietaria ocupan cargos directivos en la organización y estos miembros consideran que la empresa se sucederá a las siguientes generaciones. Este tipo de empresas presentan ventajas por concentrarse en clientes y nichos de mercados, respuesta rápida al mercado, compromiso, menores costos de administración, planeación a largo plazo, entre otras (Poza, 2011), pero tienen también características que retrasan la adopción de innovaciones: percepción distorsionada y aversión al riesgo, falta de motivación, nepotismo, tendencia a la autofinanciación, temor de adoptar cambios que pongan en riesgo su estatus, conflictos familiares, entre otros (Lorenzo & Núñez, 2012). De manera que, en esta área, existe una línea de investigación abierta en la que se pueden reconocer los elementos específicos de la administración familiar que impulsan y limitan la innovación orientada a la sostenibilidad y proponer modelos de gestión que permitan impulsarla. Esto es especialmente relevante al considerar que en Colombia las organizaciones familiares abarcan el 86.5% de las empresas del país y el 80% de ellas considera que la innovación es su principal desafío en los próximos años (PwC Colombia, 2019).

En el área de la investigación de políticas públicas, se deben planear estudios en los que se busque la comprensión de la gestión de SOI por parte de las organizaciones constructoras y reducir la complejidad de llevar a cabo SOI. Se puede pensar aumentar el conocimiento de las herramientas innovadoras y simplificar los pasos de la gestión de la innovación para facilitar que las empresas participen en la innovación. En este sentido, se pueden estudiar asociaciones y alianzas con agencias gubernamentales, estrategias de I+D y difundir el conocimiento de los métodos de innovación sostenible por medio de políticas públicas.

6. Referencias

- Abson, D. J., Fischer, J., Leventon, J., Newig, J., Schomerus, T., Vilsmaier, U., von Wehrden, H., Abernethy, P., Ives, C. D., Jager, N. W., & Lang, D. J. (2017). Leverage points for sustainability transformation. *Ambio*, 46(1), 30-39. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y>
- Adams, R., Jeanrenaud, S., Bessant, J., Denyer, D., & Overy, P. (2016). Sustainability-oriented Innovation: A Systematic Review. *International Journal of Management Reviews*, 18(2), 180-205. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12068>
- Agyekum, K., Adinyira, E., Baiden, B., Ampratwum, G., & Duah, D. (2019). Barriers to the adoption of green certification of buildings: A thematic analysis of verbatim comments from built environment professionals. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17(5), 1035-1055. <https://doi.org/10.1108/JEDT-01-2019-0028>
- Ahmed, N. (2023). Utilizing plastic waste in the building and construction industry: A pathway towards the circular economy. *Construction and Building Materials*, 383, 131311. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131311>
- Akintoye, A., Goulding, J. S., & Zawdie, G. (2012). Construction Innovation and Process Improvement. En A. Akintoye, J. S. Goulding, & G. Zawdie (Eds.), *Construction Innovation and Process Improvement* (1.^a ed., pp. 1-17). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch1>
- Alder, P. S. (1989). Technology strategy: A guide to the literature. En R. S. Rosenbloom & R. A. Burgelman (Eds.), *Research on technological innovation, management and policy* (Vol. 4, pp. 25-151). JAI Press.
- Al-Kodmany, K. (2018). The Sustainability of Tall Building Developments: A Conceptual Framework. *Buildings*, 8(1), 7. <https://doi.org/10.3390/buildings8010007>
- Anderson, A. (2018). *Priming Resilience with Intra-Household Change: Addressing gender norms*. Mercy Corps.
- Ayarkwa, J., Joe Opoku, D.-G., Antwi-Afari, P., & Li, R. Y. M. (2022). Sustainable building processes' challenges and strategies: The relative important index approach. *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100455. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100455>

- Bakalár, T., Pavolová, H., Hajduová, Z., Lacko, R., & Kyšľa, K. (2021). Metal recovery from municipal solid waste incineration fly ash as a tool of circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 302, 126977. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126977>
- Balkin, D. B., & Montemayor, E. F. (2000). Explaining Team-Based Pay: A Contingency Perspective Based on the Organizational Life Cycle, Team Design, and Organizational Learning Literatures. *Human Resource Management Review*, 10(3), 249-269. [https://doi.org/10.1016/S1053-4822\(00\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S1053-4822(00)00028-0)
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. de, Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. de. (2010). Inovação e sustentabilidade: Novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 146-154. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>
- Barrios, F. J. (2020). *Modelo de gestión de innovación para las empresas colombianas: Aplicación piloto en los departamentos de Boyacá y Santander (Colombia) con base en un instrumento de diagnóstico y recomendación de estrategias empresariales* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB]. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/13290>
- Barzán, H. (2016). Investigación, desarrollo, innovación y emprendimiento. *Revista Perspectiva*, 17(4), Article 4.
- Baxter, D., & Chipulu, M. (2023). Developing a new scale for measuring sustainability-oriented innovation. *Journal of Cleaner Production*, 139590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139590>
- Beech, D. (2013). *Quadruple Bottom Line for Sustainable Prosperity*. Cambridge Leadership Development. <https://cambridgeleadershipdevelopment.com/quadruple-bottom-line-for-sustainable-prosperity/>
- Bertozzi, C. (2022). How is the construction sector perceiving and integrating the circular economy paradigm? Insights from the Brussels experience. *City, Culture and Society*, 29, 100446. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2022.100446>
- Binder, G. (2008). Understanding Innovation for Sustainability within the Australian Building Industry: An Evolutionary Social Learning Model. *Journal of Green Building*, 3(3), 119-132. <https://doi.org/10.3992/jgb.3.3.119>

- Boton, C., Rivest, L., Ghnaya, O., & Chouchen, M. (2021). What is at the Root of Construction 4.0: A Systematic Review of the Recent Research Effort. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28(4), 2331-2350. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09457-7>
- Brix-Asala, C., Seuring, S., Sauer, P. C., Zehendner, A., & Schilling, L. (2021). Resolving the base of the pyramid inclusion paradox through supplier development. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3208-3227. <https://doi.org/10.1002/bse.2798>
- Brooks, H. (1996). The problem of attention management in innovation for sustainability. *Technological Forecasting and Social Change*, 53(1), 21-26. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(96\)00054-6](https://doi.org/10.1016/0040-1625(96)00054-6)
- Brown, Z., Cole, R., O'Shea, M., & Robinson, J. (2009, enero 1). New Expectations in Delivering Sustainable Buildings. *PLEA2009*. 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Québec City, Québec, Canada. https://www.academia.edu/24950746/New_Expectations_in_Delivering_Sustainable_Buildings
- Burbano, O. (2023). Innovación en tiempos de incertidumbre: Visión y direccionalidad en sistemas de innovación. *Suma de Negocios*, 14(30), 78-94. <https://doi.org/10.14349/sumneg/2023.V14.N30.A8>
- Butkouskaya, V., Llonch-Andreu, J., & Alarcón-Del-Amo, M.-D.-C. (2021). Strategic antecedents and organisational consequences of IMC in different economy types. *Journal of Marketing Communications*, 27(2), 115-136. <https://doi.org/10.1080/13527266.2019.1633551>
- Callegari, B., & Nybakk, E. (2022). Schumpeterian theory and research on forestry innovation and entrepreneurship: The state of the art, issues and an agenda. *Forest Policy and Economics*, 138, 102720. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102720>
- Chaurasia, S. S., Kaul, N., Yadav, B., & Shukla, D. (2020). Open innovation for sustainability through creating shared value-role of knowledge management system, openness and organizational structure. *Journal of Knowledge Management*, 24(10), 2491-2511. <https://doi.org/10.1108/JKM-04-2020-0319>
- Chaux, M. A., & Orejuela, M. Á. (2021). *Monografía - EAN Legacy: Economía circular en construcción* [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/11541>

- Chouteau, M., Forest, J., & Nguyen, C. (2020). *Innovation for Society: The P.S.I. Approach* (1.^a ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119777366>
- Chuster, W., & Lopes, D. M. (2024). Certificações ambientais na construção civil. *Projectus*, 8(4), 15-39. <https://doi.org/10.15202/25254146.2023v8n4p15>
- Clark, W., & Harley, A. (2019). *Sustainability Science: Towards a Synthesis*. Sustainability Science Program. <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/42574531/SSP2019-01v1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Intersectorial de Cambio Climático. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. Gobierno de Colombia.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2022). *Hoja de Ruta Nacional de Edificaciones Neto Cero Carbono*. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.
- Cortés, J. D., Guix, M., & Carbonell, K. B. (2021). Innovation for sustainability in the Global South: Bibliometric findings from management & business and STEM (science, technology, engineering and mathematics) fields in developing countries. *Heliyon*, 7(8), e07809. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07809>
- Cortez, L. (2021). Innovación para la sostenibilidad, un imperativo en el contexto global. *Inquietud Empresarial*, 21(2), I-IV. <https://doi.org/10.19053/01211048.13789>
- Cruz, A., & Quilpatay, M. (2014). *Análisis de las actividades de investigación + desarrollo + innovación + emprendimiento en universidades de Iberoamérica*. Netbiblo.
- Cumming, G. S., & Peterson, G. D. (2017). Unifying Research on Social–Ecological Resilience and Collapse. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(9), 695-713. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.06.014>
- Cunha, F. A. F. D. S., Meira, E., & Orsato, R. J. (2021). Sustainable finance and investment: Review and research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3821-3838. <https://doi.org/10.1002/bse.2842>
- Dainty, A. R. J., Bryman, A., Price, A. D. F., Greasley, K., Soetanto, R., & King, N. (2005). Project affinity: The role of emotional attachment in construction projects. *Construction Management and Economics*, 23(3), 241-244. <https://doi.org/10.1080/01446190500040596>
- DANE. (2022a). *Conteo de Unidades Económicas 2021*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por->

tema/comercio-interno/censo-economico-de-colombia/conteo-de-unidades-economicas-2021

- DANE. (2022b). *Cuentas nacionales departamentales: PIB por departamento*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- Darko, A. (2019). *Adoption of green building technologies in Ghana: Development of a model of green building technologies and issues influencing their adoption* [Tesis Doctoral, The Hong Kong Polytechnic University]. <https://theses.lib.polyu.edu.hk/handle/200/9924>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Yang, Y., Shan, M., He, B.-J., & Gou, Z. (2018). Influences of barriers, drivers, and promotion strategies on green building technologies adoption in developing countries: The Ghanaian case. *Journal of Cleaner Production*, 200, 687-703. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.318>
- Darko, A., Zhang, C., & Chan, A. P. C. (2017). Drivers for green building: A review of empirical studies. *Habitat International*, 60, 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.12.007>
- Davies, A., & Brady, T. (2016). Explicating the dynamics of project capabilities. *International Journal of Project Management*, 34(2), 314-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.04.006>
- De, D., Chowdhury, S., Dey, P. K., & Ghosh, S. K. (2020). Impact of Lean and Sustainability Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium Sized Enterprises: A Data Envelopment Analysis-based framework. *International Journal of Production Economics*, 219, 416-430. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.07.003>
- De La Rosa, M. E. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 6(17 mayo-agosto), 87-102. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>
- De Lucas, A., & Gavrilă, S. (2023). The Impact of Research and Development on Entrepreneurship, Innovation, Digitization and Digital transformation. *Journal of Business Research*, 157, 113566. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113566>
- Dey, P. K., Malesios, C., De, D., Chowdhury, S., & Abdelaziz, F. B. (2020). The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability

- Performance of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK. *British Journal of Management*, 31(1), 141-161. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12388>
- Dhanda, U., & Shrotryia, V. K. (2021). Corporate sustainability: The new organizational reality. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 16(3/4), 464-487. <https://doi.org/10.1108/QROM-01-2020-1886>
- Díaz, N. P. (2013). Responsabilidad social empresarial como expresión de avance del conocimiento del hombre desde la cultura organizacional. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 9(16), 121-131. <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v9i16.1252>
- DNP. (2018). *CONPES 3919. Política Nacional de Edificaciones Sostenibles*. Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3919.pdf>
- Douglas, M. A., Mollenkopf, D. A., Castillo, V. E., Bell, J. E., & Dickey, E. C. (2022). Journeys, Not Destinations: Theorizing a Process View of Supply Chain Integrity. *Journal of Business Ethics*, 181(1), 195-220. <https://doi.org/10.1007/s10551-021-04906-0>
- Dwaikat, L. N., & Ali, K. N. (2016). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. *Energy and Buildings*, 110, 396-403. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.021>
- Ebolor, A., Agarwal, N., & Brem, A. (2022). Sustainable development in the construction industry: The role of frugal innovation. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134922. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134922>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks. The Triple Bottom line of 21st century business*. HEC París. <http://www.trentglobal.edu.sg/wp-content/uploads/2017/01/Triple-Bottom-Line.pdf>
- Elkington, J. (2004). Enter the triple bottom line. En H. Henriques & J. Richardson (Eds.), *The Triple Bottom Line: Does it All Add up?* (pp. 1-16). Earthscan.
- Elkington, J., & Rowlands, I. H. (1999). Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. En *Alternatives Journal* (Vol. 25, Número 4, pp. 42-43). Alternatives Media, Inc. <http://www.proquest.com/docview/218750101/abstract/A69B3CFDF1E945E6PQ/1>
- Engert, S., Rauter, R., & Baumgartner, R. J. (2016). Exploring the integration of corporate sustainability into strategic management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2833-2850. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.031>

- Errasti, N., Zabaleta, N., & Oyarbide, A. (2011). A review and conceptualisation of innovation models from the past three decades. *International Journal of Technology Management*, 55(3/4), 190. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2011.041946>
- Ershadi, M., & Goodarzi, F. (2021). Core capabilities for achieving sustainable construction project management. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1396-1410. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.08.020>
- Escobar, J., & Cuervo, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Etzion, D. (2018). Management for sustainability. *Nature Sustainability*, 1(12), 744-749. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0184-z>
- Fayomi, O. S. I., Okokpujie, I. P., & Fayomi, G. U. (2019). An Innovation Concept towards Bridging the Gaps Between Teaching and Research. *Procedia Manufacturing*, 35, 775-781. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.022>
- Fernández, R. (2009). *Teoría ecológica organizacional*. Universidad Nacional de Quilme.
- Ferrari, A. M., Volpi, L., Settembre-Blundo, D., & García-Muiña, F. E. (2021). Dynamic life cycle assessment (LCA) integrating life cycle inventory (LCI) and Enterprise resource planning (ERP) in an industry 4.0 environment. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125314>
- Ferraro, F., Etzion, D., & Gehman, J. (2015). Tackling Grand Challenges Pragmatically: Robust Action Revisited. *Organization Studies*, 36(3), 363-390. <https://doi.org/10.1177/0170840614563742>
- Fleith De Medeiros, J., Bisognin Garlet, T., Duarte Ribeiro, J. L., & Nogueira Cortimiglia, M. (2022). Success factors for environmentally sustainable product innovation: An updated review. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131039. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131039>
- Füller, J., Hutter, K., Wahl, J., Bilgram, V., & Tekic, Z. (2022). How AI revolutionizes innovation management – Perceptions and implementation preferences of AI-based innovators. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121598. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121598>
- Gann, D. M. (2000). *Building Innovation: Complex Constructs in a Changing World*. Thomas Telford Publishing. <https://doi.org/10.1680/bicciacw.25967>

- Geels, F. W. (2007). Feelings of Discontent and the Promise of Middle Range Theory for STS: Examples from Technology Dynamics. *Science, Technology, & Human Values*, 32(6), 627-651. <https://doi.org/10.1177/0162243907303597>
- Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2010). *Nonparametric Statistical Inference* (5.^a ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781439896129>
- Goffner, D., Sinare, H., & Gordon, L. J. (2019). The Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative as an opportunity to enhance resilience in Sahelian landscapes and livelihoods. *Regional Environmental Change*, 19(5), 1417-1428. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01481-z>
- Gordon, A. (1972). Designing for survival: The President introduces his long life/ loose fit/low energy study. *Royal Institute of British Architects Journal*, 79(9), 374-376.
- Graeber, D. (2015). *The Utopia of Rules: On Technology, Stupidity, and the Secret Joys of Bureaucracy*. Melville House.
- Grunwald, G., & Fischer, K. (2022). Corporate sustainability crisis: Theoretical framework and stakeholder-oriented typology. *Business and Society Review*, 127(1), 23-48. <https://doi.org/10.1111/basr.12250>
- Gutiérrez, J. (2013). *Modelos financieros con Excel herramientas para mejorar la toma de decisiones empresariales*. Ecoe Ediciones.
- Gutiérrez, Ó., Sánchez, N., & Barreto, P. (2018). *Gestión del conocimiento y la innovación para el desarrollo local: Experiencias y resultados en 7 municipios de Boyacá*. Editorial UPTC. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3938>
- Gwet, K. L. (2014). *Handbook of Inter-Rater Reliability, 4th Edition: The Definitive Guide to Measuring The Extent of Agreement Among Raters*. Advanced Analytics, LLC.
- Häkkinen, T., & Belloni, K. (2011). Barriers and drivers for sustainable building. *Building Research & Information*, 39(3), 239-255. <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.561948>
- Hall, J., Matos, S., Gold, S., & Severino, L. S. (2018). The paradox of sustainable innovation: The ‘Eroom’ effect (Moore’s law backwards). *Journal of Cleaner Production*, 172, 3487-3497. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.162>
- Hansen, E. G., Grosse-Dunker, F., & Reichwald, R. (2009). Sustainability innovation cube. A framework to evaluate sustainability-oriented innovations. *International Journal of Innovation Management*, 13(04), 683-713. <https://doi.org/10.1142/S1363919609002479>

- Hartmann, T., van Meerveld, H., Vossebeld, N., & Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, 605-613. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>
- Hernández, A. M., Olaya, E. S., Castro, H. F., & Escobar, D. R. (2020). Metodología para el desarrollo de capacidades tecnológicas y de innovación para la puesta en marcha de una planta de tratamiento de agua residual doméstica municipal. Caso Tibasosa, Boyacá. *Revista Boletín Redipe*, 9(10), Article 10. <https://doi.org/10.36260/rbr.v9i10.1089>
- Hernández, C. G., Quinchaneque, A. H., & Sarmiento-, J. A. (2022). Análisis del desempeño empresarial del sector de la construcción de edificaciones para la contratación estatal en Boyacá-Colombia. *Revista EIA*, 19(38). <https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1561>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). Mc Graw Hill.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Higginson, N., & Vredenburg, H. (2011). Creating a Learning Community for Carbon Capture and Storage: Complex Adaptive Systems Theory and Canada's Oil Sands. En C. M. Stracke (Ed.), *Competence modelling for vocational education and training: Innovations for learning and development ; WACOM, Water Competences Model Transfer* (pp. 51-67). Shaker.
- Hjalager, A.-M. (2002). Repairing innovation defectiveness in tourism. *Tourism Management*, 23(5), 465-474. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(02\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(02)00013-4)
- Hu, M., & Skibniewski, M. (2021). Green Building Construction Cost Surcharge: An Overview. *Journal of Architectural Engineering*, 27(4), 04021034. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000506](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000506)
- Huang, M.-C., Kang, M.-P., & Chiang, J.-K. (2020). Can a supplier benefit from investing in transaction-specific investments? A multilevel model of the value co-creation ecosystem perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(6), 773-787. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2019-0347>

- Inigo, E. A., Ritala, P., & Albareda, L. (2020). Networking for sustainability: Alliance capabilities and sustainability-oriented innovation. *Industrial Marketing Management*, 89, 550-565. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.06.010>
- Jensen, J. O., & Elle, M. (2007). Exploring the Use of Tools for Urban Sustainability in European Cities. *Indoor and Built Environment*, 16(3), 235-247. <https://doi.org/10.1177/1420326X07079341>
- Johannessen, J., Olsen, B., & Lumpkin, G. T. (2001). Innovation as newness: What is new, how new, and new to whom? *European Journal of Innovation Management*, 4(1), 20-31. <https://doi.org/10.1108/14601060110365547>
- Julio, P. (2021). Importancia del modelo de gestión empresarial para las organizaciones modernas. *Revista Enfoques*, 4(16), 272-283. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v4i16.99>
- Kassa, A. G., & Tsigu, G. T. (2022). Corporate entrepreneurship, employee engagement and innovation: A resource-based view and a social exchange theory perspective. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(6), 1694-1711. <https://doi.org/10.1108/IJOA-05-2020-2172>
- Kendall, M. G. (1948). *Rank correlation methods*. Griffin.
- Ketprapakorn, N., & Kantabutra, S. (2022). Toward an organizational theory of sustainability culture. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 638-654. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.05.020>
- Khurana, S., Haleem, A., Luthra, S., & Mannan, B. (2021). Evaluating critical factors to implement sustainable oriented innovation practices: An analysis of micro, small, and medium manufacturing enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125377. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125377>
- Khurana, S., Haleem, A., & Mannan, B. (2019). Determinants for integration of sustainability with innovation for Indian manufacturing enterprises: Empirical evidence in MSMEs. *Journal of Cleaner Production*, 229, 374-386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.022>
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. John Wiley & Sons.
- Kirby, R. C. L. de S., Inácio, L. da S., & Delai, I. (2023). Factors affecting green building consumer behaviour: Evidence from Brazil. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 30(2), 164-178. <https://doi.org/10.1080/13504509.2022.2127033>

- Klewitz, J., & Hansen, E. G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 65(15), 57-75. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.017>
- Kong, F., & He, L. (2021). Impacts of supply-sided and demand-sided policies on innovation in green building technologies: A case study of China. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126279>
- Koolwijk, J. S. J., van Oel, C. J., Wamelink, J. W. F., & Vrijhoef, R. (2018). Collaboration and Integration in Project-Based Supply Chains in the Construction Industry. *Journal of Management in Engineering*, 34(3), 04018001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000592](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000592)
- Koskela, L., & Vrijhoef, R. (2001). Is the current theory of construction a hindrance to innovation? *Building Research & Information*, 29(3), 197-207. <https://doi.org/10.1080/09613210110039266>
- Küçükgül, E., Cerin, P., & Liu, Y. (2022). Enhancing the value of corporate sustainability: An approach for aligning multiple SDGs guides on reporting. *Journal of Cleaner Production*, 333, 130005. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130005>
- Kurniawati, A., Sunaryo, I., Wiratmadja, I. I., & Irianto, D. (2022). Sustainability-Oriented Open Innovation: A Small and Medium-Sized Enterprises Perspective. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 69. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020069>
- Kuzma, E., Padilha, L. S., Sehnem, S., Julkovski, D. J., & Roman, D. J. (2020). The relationship between innovation and sustainability: A meta-analytic study. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120745. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120745>
- Langston, C. (2013). The role of coordinate-based decision-making in the evaluation of sustainable built environments. *Construction Management and Economics*, 31(1), 62-77. <https://doi.org/10.1080/01446193.2012.738920>
- Langston, C. (2018). Sustainable Design and Building Conversion. En S. J. Wilkinson & H. Remøy (Eds.), *Building Urban Resilience through Change of Use* (pp. 83-104). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119231455.ch5>

- LeBreton, J. M., & Senter, J. L. (2008). Answers to 20 Questions About Interrater Reliability and Interrater Agreement. *Organizational Research Methods*, 11(4), 815-852. <https://doi.org/10.1177/1094428106296642>
- Legendre, P. (2005). Species associations: The Kendall coefficient of concordance revisited. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 10(2), 226-245. <https://doi.org/10.1198/108571105X46642>
- Levy, S. (2016, mayo 11). *Low Carbon, High Performance- How buildings can make a major contribution to Australia's emissions and productivity goals*. Australian Sustainable Built Environment Council. <https://policycommons.net/artifacts/1533807/low-carbon-high-performance/2223618/>
- Li, X., Liu, X., Huang, Y., Li, J., & He, J. (2023). Theoretical framework for assessing construction enterprise green innovation efficiency and influencing factors: Evidence from China. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103293. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103293>
- Liu, A., & Fellows, R. (2012). Culture and Innovation. En A. Akintoye, J. S. Goulding, & G. Zawdie (Eds.), *Construction Innovation and Process Improvement* (1.^a ed., pp. 63-94). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch4>
- Lorenzo, J., & Núñez, P. (2012). Inercia e innovación en la empresa familiar: Una primera aproximación. *Revista de Empresa Familiar*, 2(2), 23-40. <https://doi.org/10.24310/ejfbefb.v2i2.4027>
- Ludovico de Almeida, M. F., & Campelo de Melo, M. A. (2017). Sociotechnical regimes, technological innovation and corporate sustainability: From principles to action. *Technology Analysis & Strategic Management*, 29(4), 395-413. <https://doi.org/10.1080/09537325.2016.1215419>
- Luederitz, C., Caniglia, G., Colbert, B., & Burch, S. (2021). How do small businesses pursue sustainability? The role of collective agency for integrating planned and emergent strategy making. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3376-3393. <https://doi.org/10.1002/bse.2808>
- Mahpour, A. (2018). Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.026>

- Maletič, M., Maletič, D., Dahlgaard, J. J., Dahlgaard-Park, S. M., & Gomišček, B. (2016). Effect of sustainability-oriented innovation practices on the overall organisational performance: An empirical examination. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(9-10), 1171-1190. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1064767>
- Malt, B. C., & Majid, A. (2023). Conceptual Foundations of Sustainability. *Topics in Cognitive Science*, 15(3), 334-356. <https://doi.org/10.1111/tops.12678>
- Martin, L., & Perry, F. (2019). Sustainable Construction Technology Adoption. En V. Tam & K. Le (Eds.), *Sustainable Construction Technologies* (pp. 299-316). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811749-1.00009-2>
- Mead, T., Jeanrenaud, S., & Bessant, J. (2022). Sustainability oriented innovation narratives: Learning from nature inspired innovation. *Journal of Cleaner Production*, 344, 130980. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130980>
- Mendoza, J. G., & Vanga, M. G. (2020). Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador. *Revista San Gregorio*, 43, 197-209. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1116>
- Merma, M., Castillo, M., & Correa, D. (2022). Evolución de casos positivos y fallecidos por Covid-19 en el Perú, y el factor f a través de un modelo físico. *Revista de Investigación de Física*, 25(2), 7-12. <https://doi.org/10.15381/rif.v25i2.22678>
- Mero, I. C., Herrera, M. V., & Herrera, E. (2018). Influencia de la sostenibilidad en el sector de la construcción en Ecuador sobre el producto interno bruto PIB periodo 2010-2016. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 245, 1-15.
- Meyfroidt, P., & Lambin, E. F. (2011). Global Forest Transition: Prospects for an End to Deforestation. *Annual Review of Environment and Resources*, 36(1), 343-371. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-090710-143732>
- Michelino, F., Cammarano, A., Celone, A., & Caputo, M. (2019). The Linkage between Sustainability and Innovation Performance in IT Hardware Sector. *Sustainability*, 11(16), 4275. <https://doi.org/10.3390/su11164275>
- Miller, D., & Friesen, P. H. (1984). A Longitudinal Study of the Corporate Life Cycle. *Management Science*, 30(10), 1161-1183. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.10.1161>
- Moghayedi, A., Awuzie, B., Omotayo, T., Le Jeune, K., & Massyn, M. (2022). Appraising the nexus between influencers and sustainability-oriented innovation adoption in affordable

- housing projects. *Sustainable Development*, 30(5), 1117-1134. <https://doi.org/10.1002/sd.2306>
- Moghayedi, A., Awuzie, B., Omotayo, T., Le Jeune, K., Massyn, M., Ekpo, C. O., Braune, M., & Byron, P. (2021). A Critical Success Factor Framework for Implementing Sustainable Innovative and Affordable Housing: A Systematic Review and Bibliometric Analysis. *Buildings*, 11(8), 317. <https://doi.org/10.3390/buildings11080317>
- Monaghan, A. (2009). Conceptual niche management of grassroots innovation for sustainability: The case of body disposal practices in the UK. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(8), 1026-1043. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.04.003>
- Moore, M.-L., Tjornbo, O., Enfors, E., Knapp, C., Hodbod, J., Baggio, J. A., Norström, A., Olsson, P., & Biggs, D. (2014). Studying the complexity of change: Toward an analytical framework for understanding deliberate social-ecological transformations. *Ecology and Society*, 19(4). <https://www.jstor.org/stable/26269689>
- Munaro, M. R., & Tavares, S. F. (2023). A review on barriers, drivers, and stakeholders towards the circular economy: The construction sector perspective. *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100107>
- Murphy, M. E., Perera, S., & Heaney, G. (2015). Innovation management model: A tool for sustained implementation of product innovation into construction projects. *Construction Management and Economics*, 33(3), 209-232. <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1031684>
- Murray, G. (2011). Stirling Prize analysis: Long life, loose fit, low energy. *e-Architect Newsletter*, 125. <http://www.e-architect.co.uk/articles/persistence-of-theabsurb>
- Mwangi, G. M., Despoudi, S., Espindola, O. R., Spanaki, K., & Papadopoulos, T. (2021). A planetary boundaries perspective on the sustainability: Resilience relationship in the Kenyan tea supply chain. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04096-y>
- Nabi, Md. N., Zhiqiang, L., & Akter, M. (2022). Transformational leadership and radical innovation for sustainability: Mediating role of knowledge management capability and moderating role of competitive intensity. *Innovation & Management Review*. <https://doi.org/10.1108/INMR-05-2021-0075>

- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Asamblea General de las Naciones Unidas. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- Nassos, G., & Avlonas, N. (2020). *Practical Sustainability Strategies: How to Gain a Competitive Advantage* (1.^a ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119561132>
- Nguyen, H. L., & Kanbach, D. K. (2023). Toward a view of integrating corporate sustainability into strategy: A systematic literature review. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, *csr.2611*. <https://doi.org/10.1002/csr.2611>
- Nordli, A. J., & Rønningen, M. (2021). Tracking hidden innovations in tourism. *Creativity and Innovation Management*, *30*(2), 303-319. <https://doi.org/10.1111/caim.12440>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>
- OCDE. (2006). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación : la medida de las actividades científicas y tecnológicas*. Grupo Tragsa.
- OECD & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2018). A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, *183*, 231-250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.162>
- ONU Programa para el medio ambiente. (2020, diciembre 16). *Emisiones del sector de los edificios alcanzaron nivel récord en 2019: Informe de la ONU*. UN Environment. <http://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/emisiones-del-sector-de-los-edificios-alcanzaron-nivel>
- Opoku, D.-G. J., Ayarkwa, J., & Agyekum, K. (2019). Barriers to environmental sustainability of construction projects. *Smart and Sustainable Built Environment*, *8*(4), 292-306. <https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2018-0040>
- Orstavik, F. (2015). Incentives for Innovation in Construction. En F. Orstavik, A. Dainty, & C. Abbott (Eds.), *Construction Innovation* (pp. 13-28). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118655689.ch2>

- Ostermann, C. M., Nascimento, L. da S., Lopes, C. M. C. F., Camboim, G. F., & Zawislak, P. A. (2021). Innovation capabilities for sustainability: A comparison between Green and Gray companies. *European Journal of Innovation Management*. <https://doi.org/10.1108/EJIM-01-2021-0005>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Park, S. H., & Hwang, Y.-S. (2006). The evolution of alliance formation in biotech firms: An organisational life cycle framework. *Management Dynamics*, 15(4), 40-53.
- Park, W. (2022). *How companies blame you for climate change*. BBC. <https://www.bbc.com/future/article/20220504-why-the-wrong-people-are-blamed-for-climate-change>
- Patel, R. G., & Padhya, H. J. (2021). Challenges and Prospects of Sustainable & Affordable Housing. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 9(1). <https://www.semanticscholar.org/paper/Challenges-and-Prospects-of-Sustainable-%26-Housing-Patel-Padhya/6972195f299e10f9343691c1b1efde67016a9af5>
- Pavko Čuden, A. (2023). Knitting towards sustainability, circular economy and Industry 4.0. *Applied Research*, e202200087. <https://doi.org/10.1002/appl.202200087>
- Pelli, P. (2021). Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects. *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100061>
- Pellicer, E., Correa, C. L., Yepes, V., & Alarcón, L. F. (2012). Organizational Improvement Through Standardization of the Innovation Process in Construction Firms. *Engineering Management Journal*, 24(2), 40-53. <https://doi.org/10.1080/10429247.2012.11431935>
- Pellicer, E., Yepes, V., Correa, C. L., & Alarcón, L. F. (2014). Model for Systematic Innovation in Construction Companies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(4), B4014001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000700](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000700)
- PNUD. (2022). *Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Poza, E. J. (2011). *Empresas familiares* (Tercera edición). Cengage Learning.
- PwC Colombia. (2019). *Empresas familiares en Colombia: Un legado que trasciende*. PricewaterhouseCoopers.

- Quimbay, R. (2019, junio 29). *Innovación en el sector de la construcción y potencial de aplicación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54495>
- Radosavljevic, S., Haider, L. J., Lade, S. J., & Schlüter, M. (2021). Implications of poverty traps across levels. *World Development*, 144, 105437. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105437>
- Rafiei, M. H., & Adeli, H. (2016). Sustainability in highrise building design and construction: Sustainability in Highrise Building Design and Construction. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 25(13), 643-658. <https://doi.org/10.1002/tal.1276>
- Ramírez, L. A., Calderón, J. V., & Matsumoto, Y. (2023). La percepción de los profesionales de la construcción sobre temas de edificación sustentable en México y Chile. *Revista de Arquitectura*, 25(2), 92-99. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.4244>
- Regúlez, B., Faria, D. M. V., Todisco, L., Fernández, M., & Corres, H. (2023). Sustainability in construction: The urgent need for a new ethics. *Structural Concrete*, 24(2), 1893-1913. <https://doi.org/10.1002/suco.202200406>
- Reihlen, M., Schlapfner, J., Seeger, M., & Trittin-Ulbrich, H. (2022). Strategic Venturing as Legitimacy Creation: The Case of Sustainability. *Journal of Management Studies*, 59(2), 417-459. <https://doi.org/10.1111/joms.12745>
- Reyers, B., Nel, J. L., O'Farrell, P. J., Sitas, N., & Nel, D. C. (2015). Navigating complexity through knowledge coproduction: Mainstreaming ecosystem services into disaster risk reduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7362-7368. <https://doi.org/10.1073/pnas.1414374112>
- Ribot, J. C., & Peluso, N. L. (2009). A Theory of Access*. *Rural Sociology*, 68(2), 153-181. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.2003.tb00133.x>
- Rodríguez, M., & Vélez, M. A. (2018). *Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible*. Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes.
- Rodríguez, O., Cuevas, A., Chowdhury, S., Díaz, N., Albores, P., Despoudi, S., Malesios, C., & Dey, P. (2022). The role of circular economy principles and sustainable-oriented innovation to enhance social, economic and environmental performance: Evidence from Mexican SMEs. *International Journal of Production Economics*, 248, 108495. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108495>

- Rodríguez, V., Gaspart, F., Kastner, T., & Meyfroidt, P. (2020). Agricultural intensification and land use change: Assessing country-level induced intensification, land sparing and rebound effect. *Environmental Research Letters*, 15(8), 085007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8b14>
- Rout, P. R., Verma, A. K., Bhunia, P., Surampalli, R. Y., Zhang, T. C., Tyagi, R. D., Brar, S. K., & Goyal, M. K. (2020). Introduction to Sustainability and Sustainable Development. En R. Surampalli, T. Zhang, M. K. Goyal, S. Brar, & R. Tyagi (Eds.), *Sustainability* (1.^a ed., pp. 1-19). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119434016.ch1>
- Roy, P. K., & Shaw, K. (2022). Developing a multi-criteria sustainable credit score system using fuzzy BWM and fuzzy TOPSIS. *Environment, Development and Sustainability*, 24(4), 5368-5399. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01662-z>
- Rutkowska, M., Bartoszczuk, P., & Singh, U. S. (2021). Management of Green Consumer Values in Renewable Energy Sources and Eco Innovation in India. *Energies*, 14(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/en14217061>
- Sadiq, S., Amjad, M. S., Rafique, M. Z., Hussain, S., Yasmeen, U., & Khan, M. A. (2021). An integrated framework for lean manufacturing in relation with blue ocean manufacturing—A case study. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123790. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123790>
- Saidi, T., Thune, T. M., & Bugge, M. (2021). Making ‘hidden innovation’ visible? A case study of an innovation management system in health care. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(7), 729-741. <https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1841156>
- Sánchez, E., Pacheco, C. A., & Páez, C. (2020). Una visión de Ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición (Rcd) caso De estudio: Barranquilla. *Tecnura*, 24(63), 68-83. <https://doi.org/10.14483/22487638.15359>
- Sanchez-Planelles, J., Segarra-Oña, M., & Peiro-Signes, A. (2020). Building a Theoretical Framework for Corporate Sustainability. *Sustainability*, 13(1), 273. <https://doi.org/10.3390/su13010273>
- Sanchez-Planelles, J., Segarra-Oña, M., & Peiro-Signes, A. (2022). Identifying different sustainable practices to help companies to contribute to the sustainable development: Holistic sustainability, sustainable business and operations models. *Corporate Social*

- Responsibility and Environmental Management*, 29(4), 904-917.
<https://doi.org/10.1002/csr.2243>
- Sawhney, A., Riley, M., & Irizarry, J. (Eds.). (2020). *Construction 4.0: An innovation platform for the built environment*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Schlüter, M., Caniglia, G., Orach, K., Bodin, Ö., Magliocca, N., Meyfroidt, P., & Reyers, B. (2022). Why care about theories? Innovative ways of theorizing in sustainability science. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 54, 101154.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101154>
- Schöggel, J.-P., Baumgartner, R. J., & Hofer, D. (2017). Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1602-1617.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.195>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
- Seebode, D., Jeanrenaud, S., & Bessant, J. (2012). Managing innovation for sustainability: Managing innovation for sustainability. *R&D Management*, 42(3), 195-206.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2012.00678.x>
- Sexton, M. G., & Lu, S. (2012). Construction Innovation: Theory and Practice. En A. Akintoye, J. S. Goulding, & G. Zawdie (Eds.), *Construction Innovation and Process Improvement* (1.^a ed., pp. 45-62). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch3>
- Sheskin, D. J. (2020). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures, Fifth Edition* (5.^a ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429186196>
- Sieber, I. M., Biesbroek, R., & de Block, D. (2018). Mechanism-based explanations of impasses in the governance of ecosystem-based adaptation. *Regional Environmental Change*, 18(8), 2379-2390. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1347-1>
- Siegel, S., & Castellan Jr., N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, 2nd ed (pp. xxiii, 399). Mcgraw-Hill Book Company.
- Sietz, D., Frey, U., Roggero, M., Gong, Y., Magliocca, N., Tan, R., Janssen, P., & Václavík, T. (2019). Archetype analysis in sustainability research: Methodological portfolio and analytical frontiers. *Ecology and Society*, 24(3). <https://www.jstor.org/stable/26796999>
- Silvius, G., Schipper, R., Planko, J., & Brink, J. van den. (2012). *Sustainability in Project Management*. Gower Publishing, Ltd.

- Siqueira, R. P., & Pitassi, C. (2016). Sustainability-oriented innovations: Can mindfulness make a difference? *Journal of Cleaner Production*, 139, 1181-1190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.056>
- Song, H. (2021). Buddhist approach to corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3040-3052. <https://doi.org/10.1002/bse.2787>
- Soto-Paz, J., Arroyo, O., Torres-Guevara, L. E., Parra-Orobio, B. A., & Casallas-Ojeda, M. (2023). The circular economy in the construction and demolition waste management: A comparative analysis in emerging and developed countries. *Journal of Building Engineering*, 78, 107724. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107724>
- Su, Y., Zou, Z., Ma, X., & Ji, J. (2022). Understanding the relationships between the development of the construction sector, carbon emissions, and economic growth in China: Supply-chain level analysis based on the structural production layer difference approach. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 730-743. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.018>
- Supran, G., & Oreskes, N. (2021). Rhetoric and frame analysis of ExxonMobil's climate change communications. *One Earth*, 4(5), 696-719. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.014>
- Tidd, J., & Bessant, J. R. (2020). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change* (Seventh Edition). Wiley.
- Timm, J. F. G., Maciel, V. G., & Passuello, A. (2023). Towards Sustainable Construction: A Systematic Review of Circular Economy Strategies and Ecodesign in the Built Environment. *Buildings*, 13(8), 2059. <https://doi.org/10.3390/buildings13082059>
- Toole, T. M., Hallowell, M., & Chinowsky, P. (2013). A tool for enhancing innovation in construction organizations. *Engineering Project Organization Journal*, 3(1), 32-50. <https://doi.org/10.1080/21573727.2012.717531>
- Torres, E. J. (2019). *Modelo de desarrollo de capacidades en innovación para la sostenibilidad en empresas de sabana occidente a través del pensamiento de diseño* [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/9697>
- Troise, C., Tani, M., Dinsmore, J., & Schiuma, G. (2021). Understanding the implications of equity crowdfunding on sustainability-oriented innovation and changes in agri-food systems: Insights into an open innovation approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120959. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120959>

- Udokporo, C., Anosike, A., & Lim, M. (2021). A decision-support framework for Lean, Agile and Green practices in product life cycle stages. *Production Planning & Control*, 32(10), 789-810. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1764124>
- UN Environment. (2018a). *2018 Global Status Report Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. International Energy Agency (IEA) Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global_Status_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UN Environment. (2018b). *The Weight of cities. Resource Requirements of future urbanization*. United Nations Environment Programme. <https://stg-wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/31623>
- Uniandes & Hill. (2022). *Proyecto edificaciones neto cero-carbono. Línea base de emisiones GEI de las edificaciones en Colombia*. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.
- van Egmond, E. (2012). Innovation, Technology and Knowledge Transfer for Sustainable Construction. En A. Akintoye, J. S. Goulding, & G. Zawdie (Eds.), *Construction Innovation and Process Improvement* (1.^a ed., pp. 95-123). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118280294.ch5>
- van Kleef, J. A. G., & Roome, N. J. (2007). Developing capabilities and competence for sustainable business management as innovation: A research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 15(1), 38-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.06.002>
- Van Nguyen, M. (2023). Drivers of innovation towards sustainable construction: A study in a developing country. *Journal of Building Engineering*, 80, 107970. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107970>
- Velázquez, J., & Flores, A. (2017). Gestión de la innovación para la sustentabilidad en turismo: Una revisión teórica para el sector hotelero. *Revista Espacios*, 38(59), 11.
- Verdecho, M.-J., Alarcón-Valero, F., Pérez-Perales, D., Alfaro-Saiz, J.-J., & Rodríguez-Rodríguez, R. (2021). A methodology to select suppliers to increase sustainability within supply chains. *Central European Journal of Operations Research*, 29(4), 1231-1251. <https://doi.org/10.1007/s10100-019-00668-3>
- Verdinez, D. (2024). *The Top 10 Countries for LEED in 2023 demonstrate that the green building movement is truly global*. U.S. Green Building Council.

<https://www.usgbc.org/articles/top-10-countries-leed-2023-demonstrate-green-building-movement-truly-global?status=redirect&url=https%3A%2F%2Fplatform-api.usgbc.org%2FOAuthClient%2Fprocess%2FWVBtWXhXZTBNK3lURTVCYktjZnJlZEdblkzN0V0Z1BwR1FxTlBzYWLZclZsT1hNMVdQSUFmNkxFeEJwRnZkcNBmbVQ5ZVdsL0RVVmdMMHJTYVVyTTRLNmK0eHBzR3c0WmticVdsSEpBVW5RQlkwZjNpelRhenppZXROYWJDVWYwY3dLam1wTnkwMC9CM29HVjVZUFR1ZlV5V0dSNS9uZ0R6YS9KT0JmeFNvZHZTRUNJa3NkTkRBai9wUDdUUzdwUndOZ3FyVkRLaVQ2NTNJYnpZall2UEU4TGVTbUxLdjMwVGF1UUFab1FMSUVUZZjNNUxBQ3FZdHNad280ZWZQc3ZzbE5OT0VjSkE1Z0xuSTE0YldlUjJhNHdOb0xBK083TmhQVlJsYm1ScnlDanIrWTFheDM0WjdOenIrUFBDMHVISHB1eDMxeDFGSjZ0OWZrdEcyTk1qZWZma005Z1Z0NlZkckpBc0c0OEhmQVpnZVJHSmc2VEtuU2ptcnV6a2dZdXc5Z2k0cVMwMFdYc0hhRGZmc1gyQkFIVmRhZzJLV0dESmU5a3FRdmtOYTJlR3QzTkdwdnNURUgrTDd4SVl3ZkoxT0RHYYXU3Q0g2R0x4RHEzTkVueEZHT3Fabk9NbnJhck5UlBmME1FZEduaXlYWUVCC0ZYsFRnUXhEZ3lBajMkRFRNR2p0RXF2ZnJueDlaU3R4cHhIU09&deviceId=UUI1aVYyN1g4ckVOZEM1RGptYmZNc0RHRGJnK25MUU5aeWdzTUdETkZydz0kMjNPeGtxZzZ2UXR6eG9zM3BWMUQzZz09>

- Vyas, S., Ahmed, S., & Parashar, A. (2014). BEE (Bureau of energy efficiency) and GREEN BUILDINGS. *International Journal of Research (IJR)*, 1(3), 23-32.
- Wagner, M., & Llerena, P. (2008). *Drivers for Sustainability-Related Innovation: A Qualitative Analysis of Renewable Resources, Industrial Products and Travel Services*. Working paper.
- Walker, D., & Lloyd, B. (2011). *Profiling professional excellence in alliance management: Volume one—Findings and results—RMIT University*. Alliancing Association of Australasia Limited. <https://researchrepository.rmit.edu.au/esploro/outputs/report/Profiling-professional-excellence-in-alliance-management-Volume-one---findings-and-results/9921859154201341>
- Wang, C., Tang, Y., Mo, Y., Huang, M. M., & Abdul-Rahman, H. (2023). Structured mathematical modelling on innovation management in project-oriented small construction firms. *Heliyon*, 9(2), e13386. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13386>

- Wang, G., & Singh, P. (2014). The evolution of CEO compensation over the organizational life cycle: A contingency explanation. *Human Resource Management Review*, 24(2), 144-159. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2013.11.001>
- Wang, N., Chang, Y.-C., & Nunn, C. (2010). Lifecycle assessment for sustainable design options of a commercial building in Shanghai. *Building and Environment*, 45(6), 1415-1421. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.12.004>
- Wang, N., Xu, Z., & Liu, Z. (2023). Innovation in the construction sector: Bibliometric analysis and research agenda. *Journal of Engineering and Technology Management*, 68, 101747. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2023.101747>
- Wang, W. (2021). The concept of sustainable construction project management in international practice. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16358-16380. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01333-z>
- Werutsky, V. D. G., Vaz, C., Viegas, C., & Selig, P. (2013). A bibliometric assessment on the relationships between sustainability and innovation management. *22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013*.
- Whyte, J., & Sexton, M. (2011). Motivations for innovation in the built environment: New directions for research. *Building Research & Information*, 39(5), 473-482. <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.592268>
- Widjojo, H., Fontana, A., Gayatri, G., & Soehadi, A. W. (2020). Value co-creation platform in indonesian sme community: Sdl perspective. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 25(02), 2050009. <https://doi.org/10.1142/S1084946720500090>
- Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G. (2017). Systems thinking: A review of sustainability management research. *Journal of Cleaner Production*, 148, 866-881. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.002>
- Wolff, S., Brönnner, M., Held, M., & Lienkamp, M. (2020). Transforming automotive companies into sustainability leaders: A concept for managing current challenges. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124179>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations. <http://www.ask-force.org/web/Sustainability/Brundtland-Our-Common-Future-1987-2008.pdf>

- Wu, G.-C. (2017). Effects of Socially Responsible Supplier Development and Sustainability-Oriented Innovation on Sustainable Development: Empirical Evidence from SMEs: Effects of SRSD and SOIs on Sustainability Development. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 24(6), 661-675. <https://doi.org/10.1002/csr.1435>
- Wu, Jiang, Cai, Wang, & Li. (2019). What Hinders the Development of Green Building? An Investigation of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3140. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173140>
- WWF. (2021). ¿Qué significa que Colombia quiera ser carbono neutral para 2050? <https://www.wwf.org.co/?367514/Que-significa-que-Colombia-quiera-ser-carbono-neutral-para-2050>
- Xavier, A. F., Naveiro, R. M., Aoussat, A., & Reyes, T. (2017). Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research. *Journal of Cleaner Production*, 149, 1278-1302. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.145>
- Yadav, N., & Yadav, V. (2017). Higher Education and Sustainable Development: An Exploratory Study of Indian Management Institutions. En W. Leal Filho, U. M. Azeiteiro, F. Alves, & P. Molthan-Hill (Eds.), *Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education* (pp. 389-404). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47877-7_26
- Yang, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2017). Creating and Capturing Value Through Sustainability: The Sustainable Value Analysis Tool A new tool helps companies discover opportunities to create and capture value through sustainability. *Research-Technology Management*, 60(3), 30-39. <https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1301001>
- Yepes, V., Pellicer, E., Alarcón, L. F., & Correa, C. L. (2016). Creative Innovation in Spanish Construction Firms. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(1), 04015006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000251](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000251)
- Zakaria, S. A. S., Sadullah, A. F. M., Majid, T. A., & Ghazali, F. E. M. (2017). *Identification of patent in incentivizing innovation for sustainability in the construction industry*. 090010. <https://doi.org/10.1063/1.4993411>
- Zar, J. H. (2009). *Biostatistical Analysis*.

- Zhang, X., Platten, A., & Shen, L. (2011). Green property development practice in China: Costs and barriers. *Building and Environment*, 46(11), 2153-2160. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.031>
- Zhang, X., Shen, L., & Wu, Y. (2011). Green strategy for gaining competitive advantage in housing development: A China study. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.005>
- Zubizarreta, M., Cuadrado, J., Iradi, J., García, H., & Orbe, A. (2017). Innovation evaluation model for macro-construction sector companies: A study in Spain. *Evaluation and Program Planning*, 61, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2016.10.014>

7. Anexos

Anexo 1. Formato de validación del instrumento de recolección de información por expertos.

Instrucciones: Las categorías a evaluar son claridad, coherencia, relevancia y suficiencia, las cuales se encuentran definidas en el cuadro que aparece a continuación. Teniendo en cuenta lo anterior, y de acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.
	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.
SUFICIENCIA Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la	1. No cumple con el criterio	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión.
	2. Bajo Nivel	Los ítems miden algún aspecto de la dimensión pero no corresponden con la dimensión total.
	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente.
	4. Alto nivel	Los ítems son suficientes.

medición de ésta.		
-------------------	--	--

Nota. criterios de validación adaptados de Escobar & Cuervo (2008).

ANEXO 4. FORMATO PARA EMITIR JUICIO DE EXPERTO

Sección 1: Caracterización de la organización.

Dimensión	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Características de la organización	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
Gestión familiar	7					
	8					
	9					
Estructura para la innovación y la sostenibilidad	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					

Sección 2. Existencia y tipos de innovaciones orientadas a la sostenibilidad

Dimensión	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Innovaciones de procesos	1					
	2					
	3					
Innovaciones organizacionales	4					
	5					
	6					
	7					
Innovaciones de productos	8					
	9					
	10					
Innovaciones de servicios	11					
	12					
	13					
	14					
Innovaciones orientadas a la responsabilidad social	15					
	16					
	17					

Sección 3. Gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI)

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Gestión de la SOI	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					

Sección 4. Despliegue de competencias de innovación orientada a la sostenibilidad (SOI).

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Competencias de SOI	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

Sección 5. Actividades de innovación orientadas a la sostenibilidad (SOI).

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Actividades SOI	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Sección 6. Comportamiento respecto a la innovación orientadas a la sostenibilidad (SOI).

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Comportamiento frente a SOI	1					
	2					
	3					
	4					

Sección 7. Resultados en la innovación en la sostenibilidad

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Desempeño económico	1					
	2					
	3					
	4					
Desempeño ambiental	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
Desempeño social	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					

Sección 8. Factores que influyen en la innovación orientada a la sostenibilidad

Dimensión	ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
Iniciativas gubernamentales	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
Apoyo de la alta dirección	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Recursos financieros	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
Recursos tecnológicos	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
Desarrollo de capacidades	21					
	22					
	23					
	24					
	25					

Tamaño de la empresa	26					
	27					
	28					
	29					
	30					
Capacidad de colaboración	31					
	32					
	33					
	34					
	35					
Innovación abierta sostenible	36					
	37					
	38					
	39					
	40					

Observaciones generales y comentarios:

Firma

Anexo 2. Instrumento de recolección de la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción

Instrumento de recolección de la gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad en el sector de la construcción

Nombre del encuestado: _____

Sección 1: Caracterización de la organización.

1. *Nivel del cargo del encuestado:*

- Director de innovación y/o sostenibilidad
- Alta dirección.
- Gerencia intermedia.
- Director de proyecto.

2. *Número de empleados de la organización:*

3. *Antigüedad de la empresa:*

4. *Volumen de ventas anuales*

5. *Seleccione el sector principal de la construcción al cual se dedica:*

- Edificios y construcciones residenciales (VIS)
- Edificios y construcciones residenciales (No VIS)
- Parques, instalaciones deportivas o de esparcimiento.
- Plantas de tratamiento de aguas, alcantarillado e infraestructura sanitaria.
- Líneas de transmisión eléctrica y comunicaciones.
- Infraestructura de suministro público
- Puentes, construcción y mantenimiento de carreteras y vías de ferrocarril.
- Instalaciones eléctricas, de fontanería y relacionadas
- Terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil
- Obras subterráneas
- Limpieza de exteriores
- Alquiler de maquinaria
- Instalación de estructuras metálicas
- Obras industriales
- Consultoría técnica.
- Otro: _____

6. Indique el número de construcciones realizadas al año:

Tipo de construcción	Unidades

7. ¿Una o dos familias poseen más del 50% de la propiedad de la empresa?

- Si
- No

8. ¿Existen miembros de la familia propietaria que ocupan cargos directivos o ejecutivos en la empresa?

- Si
- No

9. ¿Los miembros de la familia propietaria consideran que la empresa va a ser transferida a las siguientes generaciones?

- Si
- No

10. ¿La empresa cuenta con un departamento específico para la sostenibilidad?

- Si
- No
- Está adscrito a otra área ¿Cuál? _____

11. ¿La empresa cuenta con un departamento específico de innovación?

- Si
- No

12. ¿La empresa tiene implementado un sistema de gestión ambiental (SGA)?

- Si ¿Cuál? _____
- No
- Está adscrito a otra área ¿Cuál? _____

13. Si su respuesta es sí, ¿Ha tenido que designar a un oficial ambiental para implementar el SGA?

- Si ¿en qué nivel o cargo? _____
- No

14. Si su respuesta es sí, indique el número de años que lleva adoptando el sistema de gestión ambiental.

15. ¿Tiene un presupuesto para Investigación y Desarrollo específicamente relacionado con asuntos ambientales?

- Si
- No

Sección 2. Existencia y tipos de innovaciones orientadas a la sostenibilidad

En los últimos 3 años ¿la empresa introdujo alguno de los siguientes productos, servicios, procesos e innovaciones enfocadas a obtener beneficios ambientales, sociales y económicos? Si su respuesta es Sí, especifique la innovación realizada:

Tipo	Innovación	Si	No	Si su respuesta es sí, indique cuál fue la innovación
Innovaciones de procesos	Métodos de fabricación o producción de bienes o servicios que mejoran el impacto ambiental o social de la empresa.			
	Métodos de logística, entrega o distribución de insumos, bienes o servicios que mejoren el impacto ambiental o social de la empresa.			
	Actividades de apoyo a procesos que mejoren el impacto ambiental o social de la empresa, como sistemas de mantenimiento u operaciones de compras, contabilidad o informática.			
Innovaciones organizacionales	Prácticas comerciales para organizar procedimientos de manera sostenible (es decir, gestión sostenible de la cadena de suministro, reingeniería empresarial, producción ajustada, sistemas de gestión medioambiental, etc.)			
	Métodos para organizar las responsabilidades laborales y la toma de decisiones para mejorar el impacto ambiental y social (es decir, sistemas de educación / capacitación en sostenibilidad, creación de grupos de trabajo sobre sostenibilidad, etc.)			
	Métodos para organizar las relaciones externas con otras empresas o instituciones públicas para fomentar la sostenibilidad (es decir, primer uso de alianzas, asociaciones, subcontratación o subcontratación, etc.)			
	Definir nuevos modelos de negocio sostenibles (reenfoque del BMI existente)			
Innovaciones de productos	Tecnologías que mejoran el desempeño social o ambiental			
	Productos de consumo que mejoran el desempeño social o ambiental			
	Productos vendidos a otras empresas que mejoran el desempeño social o ambiental			
Innovaciones de servicios	Servicios de mantenimiento o postventa que mejoran el desempeño social o ambiental			

	Servicios profesionales (consultoría, asesoría...) que mejoran el desempeño social o ambiental			
	Servicios básicos, que mejoran el desempeño social o ambiental (es decir, limpieza de desechos, distribución eficiente de electricidad, etc.)			
	Educación para la sostenibilidad (soluciones de productos y servicios que promuevan comportamientos sostenibles)			
Innovaciones orientadas a la responsabilidad social	Apoyar a las comunidades locales (bienes/servicios producidos localmente para fortalecer la economía local, aumentar los puestos de trabajo, fomentar la prosperidad local, etc.; se enfatizan principalmente los beneficios sociales).			
	Apoyar a las comunidades de los países en desarrollo-comercio justo (productos obtenidos mediante alianzas comerciales basadas en el diálogo, la transparencia, el respeto, que buscan una mayor equidad en el comercio internacional)			
	Ayudar a las personas necesitadas (iniciativas relacionadas con la alimentación destinadas a involucrar en la sociedad a personas con diversos problemas, desde personas sin hogar hasta autistas y alcohólicos)			

Nota. adaptado de (Inigo et al., 2020; Troise et al., 2021).

Sección 3. Gestión de la innovación orientada a la sostenibilidad

Frente a los siguientes ítems, seleccione la frecuencia en que las acciones descritas se asemejan al comportamiento de la organización y amplíe su respuesta.

Ítem	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	Casi siempre	Siempre	Si su respuesta es diferente a nunca...
En promedio, cada año nuestra empresa presenta más productos/servicios nuevos que nuestros principales competidores						...explique cuáles: _____
La alta dirección apoya la introducción de prácticas/productos/servicios innovadores						...explique cómo: _____
En nuestra empresa consideramos el potencial del reciclaje en la etapa de diseño de nuestros productos/servicios						...explique cómo: _____

Durante la etapa de diseño, nuestra empresa considera la posibilidad de reutilizar los productos después de que hayan cumplido su propósito inicial.						...explique cómo: _____
La organización realiza mejoras para reducir radicalmente los impactos ambientales de los ciclos de vida de los productos y servicios.						...explique cuáles: _____
Se realizan evaluaciones de mercado preliminares para obtener la opinión de los clientes sobre las ideas de productos ecológicos.						...explique cómo: _____
Múltiples departamentos (como marketing, fabricación y compras) están trabajando juntos en iniciativas relacionadas con la sostenibilidad.						...explique cómo: _____
Consideramos la sustentabilidad como una oportunidad de diferenciación producto/servicio						...explique por qué: _____
La organización lleva a cabo regularmente reingeniería de procesos comerciales con un enfoque en perspectivas verdes.						...explique cómo: _____
La organización involucra los asuntos clave de las partes interesadas ajenas al mercado (como las comunidades locales, el público en general, los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales) al principio de la etapa de diseño y desarrollo del producto/servicio.						...explique cómo: _____
Adquirimos tecnologías y procesos innovadores amigables con el medio ambiente						...explique cuáles: _____
Buscamos fuentes externas (por ejemplo, socios, clientes e instituciones de investigación) de conocimiento en nuestra búsqueda de ideas innovadoras relacionadas con la sostenibilidad						...explique cómo: _____

Nota. adaptado de (Maletič et al., 2016; O. Rodríguez et al., 2022).

Sección 4. Despliegue de competencias de innovación orientada a la sostenibilidad

Frente a los siguientes ítems, seleccione la frecuencia en que las acciones descritas se asemejan al comportamiento de la organización y amplíe su respuesta.

Ítem	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	Casi siempre	Siempre	Si su respuesta es diferente a nunca...
Desarrollamos nuevas competencias apoyando la innovación en la organización						...explique cómo: _____
Continuamente tratamos de fortalecer las habilidades de innovación en áreas clave donde no tenemos experiencias previas.						...explique cómo: _____
La organización está constantemente explorando formas nuevas/diferentes de comprender las expectativas y los requisitos de las partes interesadas clave.						...explique cómo: _____
La organización involucra a las partes interesadas clave del mercado (clientes y proveedores) al principio de la etapa de diseño y desarrollo del producto/servicio.						...explique cómo: _____
Los procesos comerciales son flexibles, lo que nos permite lograr altos niveles de capacidad de respuesta hacia las necesidades y demandas de las partes interesadas clave.						...explique cómo: _____
La organización se caracteriza por una cultura de aprendizaje que estimula la innovación para la sostenibilidad						...explique cómo: _____

Nota. adaptado de (Maletić et al., 2016).

Sección 5. Actividades de innovación orientadas a la sostenibilidad.

Frente a los siguientes ítems, seleccione la condición que más se asemeja al comportamiento de la organización:

Ítem	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
La estrategia de innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...	Cumplir con las regulaciones o buscar ganancias de eficiencia	Integrar la sostenibilidad como una norma cultural y estratégica en una lógica de configuración que va más allá de la ecologización.	Lógica de amplias colaboraciones e inversión en soluciones de sistemas para derivar nuevas propuestas de valor co-creadas	No existe una estrategia de innovación orientada a la sostenibilidad
El proceso de innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...	Priorizar la innovación interna y sobre productos o procesos ya existentes,	Adoptar nuevos valores y plataformas (por ejemplo, innovación inversa) y nuevas prácticas	Adoptar nuevas plataformas de procesos colaborativos con diversas partes interesadas	No se llevan a cabo procesos de innovación orientada a la sostenibilidad.

	facilitada por el uso de herramientas	de ideación (por ejemplo, biomimetismo)		
El aprendizaje en la innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...	Explotar las capacidades de gestión del conocimiento existentes para identificar y acceder al conocimiento relevante.	Interactuar con las partes interesadas clave de la empresa, internas y externas.	Desarrollar habilidades ambidiestras que permitan el 'seguimiento de sombras' y el aprendizaje de la experimentación con múltiples enfoques nuevos.	No se llevan a cabo procesos de aprendizaje para innovar sosteniblemente.
Los vínculos externos para lograr innovaciones orientadas a la sostenibilidad se basan en...	Reclutar expertos en dominios externos para obtener nuevos conocimientos	Cambiar el enfoque de los vínculos dentro de la empresa a las colaboraciones con las partes interesadas inmediatas (cadena de suministro u otras organizaciones)	Obtener todo el sistema en la sala para diagnosticar problemas, comprender la complejidad del sistema, generar confianza e identificar palancas para el cambio	No existen vínculos externos para innovar.
Nosotros como organización, respecto a las innovaciones orientadas a la sostenibilidad...	Explotamos las capacidades de innovación existentes	Incorporamos la cultura SOI a través de la organización	Adoptamos nuevos paradigmas comerciales (por ejemplo, B - Corps)	No tenemos un enfoque hacia la innovación orientada a la sostenibilidad.

Nota. adaptado de (Adams et al., 2016)

Sección 6. Comportamiento respecto a la innovación orientadas a la sostenibilidad.

Frente a los siguientes ítems, seleccione la condición que más se asemeja al comportamiento de la organización:

Ítem	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
Frente al beneficio que se puede obtener de los factores ambientales y sociales se piensa que...	Se desconocen los factores sociales y ambientales.	Los factores ambientales y sociales causan costos	La consideración de factores ambientales y sociales puede reducir los costos.	La consideración de factores ambientales y sociales contribuye al éxito del mercado.	La integración de los aspectos económicos, ambientales y sociales definen el negocio principal
Cuando se llevan a cabo innovaciones orientadas a la sostenibilidad se piensa en...	Cumplimiento	Cumplimiento con algunas mejoras	Más allá del cumplimiento y reducciones de costos tangibles.	Diferenciación	Transformación del mercado.

En general, la innovación orientada a la sostenibilidad que se lleva a cabo es...	Ninguna	Mejoras en el proceso	Innovaciones organizativas y de procesos que ya existían	Innovaciones sobre productos, organizativas y procesos existentes (incrementales)	Innovaciones radicales de productos, procesos y organizaciones (innovación en el modelo de negocio).
La interacción y relaciones con actores externos a la asociación es...	Nula	Muy baja	Baja	Medio	Elevada

Nota. basado en (Klewitz & Hansen, 2014)

Sección 7. Resultados en la innovación en la sostenibilidad

Indique en qué medida percibe que su organización ha logrado cada uno de los siguientes resultados durante el último año; a continuación, responda en cuánto porcentaje ha experimentado dichos resultados.

Tipo	Ítem	Nada en absoluto	Un poco	Hasta cierto punto	Relativamente significativo	Significativa-mente	¿Cuánto? (%)
Desempeño económico	Nuestra productividad ha mejorado						
	Nuestra facturación ha aumentado						
	Nuestro costo se ha reducido						
	Nuestro negocio experimenta crecimiento						
Desempeño ambiental	Hemos reducido el consumo de energía						
	Hemos reducido los residuos en toda la cadena de suministro						
	Hemos logrado la eficiencia de los recursos en toda la cadena de suministro						
	Hemos logrado el cumplimiento de estándares ambientales						
	Hemos reducido el consumo de						

	materiales nocivos, peligrosos o tóxicos.						
Desempeño social	Nuestra rotación de empleados se ha reducido						
	Hemos reducido la siniestralidad						
	Hemos mejorado nuestra inversión en proyectos comunitarios						
	Mejora en la imagen social de los productos						
	Mejora en la reputación social						
	Mejora en las relaciones con grupos de interés						

Nota. adaptado de (Dey et al., 2020; Wu, 2017).

Sección 8. Factores que influyen en la innovación orientada a la sostenibilidad

Califique el impacto o influencia de los siguientes aspectos externos e internos de la organización en la innovación orientada a la sostenibilidad

Tipo	Ítem	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Iniciativas gubernamentales	Subvenciones e incentivos fiscales					
	Oferta de crédito					
	Rol proactivo de las autoridades locales					
	Protección otorgada a los derechos de propiedad intelectual					
	Otro/s factor/es relacionado/s con las iniciativas gubernamentales con la innovación orientada a la sostenibilidad: _____					
Apoyo de la alta dirección	Habilidades directivas					
	Cultura organizacional					
	Estructura de la organización					
	Motivación de empleados					
	Otro/s factor/es relacionado/s con el apoyo de la alta dirección a la innovación orientada a la sostenibilidad: _____					
Recursos financieros	La inversión inicial					
	El acceso de la empresa a los recursos financieros.					
	Liquidez					

	Retorno de la inversión					
	Otro/s factor/es relacionado/s con los recursos financieros y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					
Recursos tecnológicos	Acceso a mano de obra calificada					
	Posibilidad de importar equipos.					
	Infraestructura TIC					
	Rentabilidad					
	Otro/s factor/es relacionado/s con los recursos tecnológicos y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					
Desarrollo de capacidades	Educación básica de los empleados					
	Capacidad de absorción del personal					
	Adopción de TIC					
	Formación impartida					
	Si considera algún otro factor/es relacionado/s con los Recursos Humanos y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					
Tamaño de la empresa	Productividad					
	Gasto en I+D					
	Número de patentes presentadas					
	Mano de obra dedicada a I+D					
	Otro/s factor/es relacionado/s con el tamaño de la empresa y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					
Capacidad de colaboración	Redes MIPYME					
	Colaboración con el cliente					
	Integrando a las partes interesadas					
	Relación con proveedores					
	Otro/s factor/es relacionado/s con la capacidad de vinculación con la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					
Innovación abierta sostenible	Conocimiento del mercado					
	Intercambio de información					
	Capacidades internas					
	Costos operativos reducidos					
	Otro/s factor/es relacionado/s con la innovación abierta o la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____					

Nota. (Khurana et al., 2019).

Anexo 3. Codificación de variables

Innovación orientada a la sostenibilidad

Tipo	Cód.	Innovación
Innovaciones de procesos	InnProsc1	Métodos de fabricación o producción de bienes o servicios que mejoran el impacto ambiental o social de la empresa.
	InnProsc2	Métodos de logística, entrega o distribución de insumos, bienes o servicios que mejoren el impacto ambiental o social de la empresa.
	InnProsc3	Actividades de apoyo a procesos que mejoren el impacto ambiental o social de la empresa, como sistemas de mantenimiento u operaciones de compras, contabilidad o informática.
Innovaciones organizacionales	InnOrg1	Prácticas comerciales para organizar procedimientos de manera sostenible (es decir, gestión sostenible de la cadena de suministro, reingeniería empresarial, producción ajustada, sistemas de gestión medioambiental, etc.)
	InnOrg2	Métodos para organizar las responsabilidades laborales y la toma de decisiones para mejorar el impacto ambiental y social (es decir, sistemas de educación / capacitación en sostenibilidad, creación de grupos de trabajo sobre sostenibilidad, etc.)
	InnOrg3	Métodos para organizar las relaciones externas con otras empresas o instituciones públicas para fomentar la sostenibilidad (es decir, primer uso de alianzas, asociaciones, subcontratación o subcontratación, etc.)
	InnOrg4	Definir nuevos modelos de negocio sostenibles (reenfoque del BMI existente)
Innovaciones de productos	InnProd1	Tecnologías que mejoran el desempeño social o ambiental
	InnProd2	Productos de consumo que mejoran el desempeño social o ambiental
	InnProd3	Productos vendidos a otras empresas que mejoran el desempeño social o ambiental
Innovaciones de servicios	InnServ1	Servicios de mantenimiento o postventa que mejoran el desempeño social o ambiental
	InnServ2	Servicios profesionales (consultoría, asesoría...) que mejoran el desempeño social o ambiental
	InnServ3	Servicios básicos, que mejoran el desempeño social o ambiental (es decir, limpieza de desechos, distribución eficiente de electricidad, etc.)
	InnServ4	Educación para la sostenibilidad (soluciones de productos y servicios que promuevan comportamientos sostenibles)
Innovaciones orientadas a la	InnResSoc1	Apoyar a las comunidades locales (bienes/servicios producidos localmente para fortalecer la economía local, aumentar los puestos de

responsabilidad social		trabajo, fomentar la prosperidad local, etc.; se enfatizan principalmente los beneficios sociales).
	InnResSoc 2	Apoyar a las comunidades de los países en desarrollo-comercio justo (productos obtenidos mediante alianzas comerciales basadas en el diálogo, la transparencia, el respeto, que buscan una mayor equidad en el comercio internacional)
	InnResSoc 3	Ayudar a las personas necesitadas (iniciativas relacionadas con la alimentación destinadas a involucrar en la sociedad a personas con diversos problemas, desde personas sin hogar hasta autistas y alcohólicos)

Procesos de gestión de SOI

Cód.	Ítem
Gestion1	En promedio, cada año nuestra empresa presenta más productos/servicios nuevos que nuestros principales competidores
Gestion2	La alta dirección apoya la introducción de prácticas/productos/servicios innovadores
Gestion3	En nuestra empresa consideramos el potencial del reciclaje en la etapa de diseño de nuestros productos/servicios
Gestion4	Durante la etapa de diseño, nuestra empresa considera la posibilidad de reutilizar los productos después de que hayan cumplido su propósito inicial.
Gestion5	La organización realiza mejoras para reducir radicalmente los impactos ambientales de los ciclos de vida de los productos y servicios.
Gestion6	Se realizan evaluaciones de mercado preliminares para obtener la opinión de los clientes sobre las ideas de productos ecológicos.
Gestion7	Múltiples departamentos (como marketing, fabricación y compras) están trabajando juntos en iniciativas relacionadas con la sostenibilidad.
Gestion8	Consideramos la sustentabilidad como una oportunidad de diferenciación producto/servicio
Gestion9	La organización lleva a cabo regularmente reingeniería de procesos comerciales con un enfoque en perspectivas verdes.
Gestion10	La organización involucra los asuntos clave de las partes interesadas ajenas al mercado (como las comunidades locales, el público en general, los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales) al principio de la etapa de diseño y desarrollo del producto/servicio.
Gestion11	Adquirimos tecnologías y procesos innovadores amigables con el medio ambiente
Gestion12	Buscamos fuentes externas (por ejemplo, socios, clientes e instituciones de investigación) de conocimiento en nuestra búsqueda de ideas innovadoras relacionadas con la sostenibilidad

Competencias de SOI

Cód.	Ítem
Comp1	Desarrollamos nuevas competencias apoyando la innovación en la organización
Comp2	Continuamente tratamos de fortalecer las habilidades de innovación en áreas clave donde no tenemos experiencias previas.
Comp3	La organización está constantemente explorando formas nuevas/diferentes de comprender las expectativas y los requisitos de las partes interesadas clave.
Comp4	La organización involucra a las partes interesadas clave del mercado (clientes y proveedores) al principio de la etapa de diseño y desarrollo del producto/servicio.
Comp5	Los procesos comerciales son flexibles, lo que nos permite lograr altos niveles de capacidad de respuesta hacia las necesidades y demandas de las partes interesadas clave.
Comp6	La organización se caracteriza por una cultura de aprendizaje que estimula la innovación para la sostenibilidad

Actividades de SOI

Cód.	Ítem
Act1	La estrategia de innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...
Act2	El proceso de innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...
Act3	El aprendizaje en la innovación orientada a la sostenibilidad se basa en...
Act4	Los vínculos externos para lograr innovaciones orientadas a la sostenibilidad se basan en...
Act5	Nosotros como organización, respecto a las innovaciones orientadas a la sostenibilidad...

Actividades de SOI

Cód.	Ítem
Comport1	Frente al beneficio que se puede obtener de los factores ambientales y sociales se piensa que...
Comport2	Cuando se llevan a cabo innovaciones orientadas a la sostenibilidad se piensa en...
Comport3	En general, la innovación orientada a la sostenibilidad que se lleva a cabo es...
Comport4	La interacción y relaciones con actores externos a la asociación es...

Resultados de SOI

Tipo	Cód.	Ítem
Desempeño económico	REco1	Nuestra productividad ha mejorado
	REco2	Nuestra facturación ha aumentado

	REco3	Nuestro costo se ha reducido
	REco4	Nuestro negocio experimenta crecimiento
Desempeño ambiental	RAmb1	Hemos reducido el consumo de energía
	RAmb2	Hemos reducido los residuos en toda la cadena de suministro
	RAmb3	Hemos logrado la eficiencia de los recursos en toda la cadena de suministro
	RAmb4	Hemos logrado el cumplimiento de estándares ambientales
	RAmb5	Hemos reducido el consumo de materiales nocivos, peligrosos o tóxicos.
Desempeño social	RSoc1	Nuestra rotación de empleados se ha reducido
	RSoc2	Hemos reducido la siniestralidad
	RSoc3	Hemos mejorado nuestra inversión en proyectos comunitarios
	RSoc4	Mejora en la imagen social de los productos
	RSoc5	Mejora en la reputación social
	RSoc6	Mejora en las relaciones con grupos de interés

Factores que influyen en SOI

Tipo	Cód.	Ítem
Iniciativas gubernamentales	FGub1	Subvenciones e incentivos fiscales
	FGub2	Oferta de crédito
	FGub3	Rol proactivo de las autoridades locales
	FGub4	Protección otorgada a los derechos de propiedad intelectual
	FGub5	Otro/s factor/es relacionado/s con las iniciativas gubernamentales con la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Apoyo de la alta dirección	FAltdir1	Habilidades directivas
	FAltdir2	Cultura organizacional
	FAltdir3	Estructura de la organización
	FAltdir4	Motivación de empleados
	FAltdir5	Otro/s factor/es relacionado/s con el apoyo de la alta dirección a la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Recursos financieros	FRecFin1	La inversión inicial
	FRecFin2	El acceso de la empresa a los recursos financieros.
	FRecFin3	Liquidez
	FRecFin4	Retorno de la inversión
	FRecFin5	Otro/s factor/es relacionado/s con los recursos financieros y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____

Recursos tecnológicos	FRecTec1	Acceso a mano de obra calificada
	FRecTec2	Posibilidad de importar equipos.
	FRecTec3	Infraestructura TIC
	FRecTec4	Rentabilidad
	FRecTec5	Otro/s factor/es relacionado/s con los recursos tecnológicos y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Desarrollo de capacidades	FDesCap1	Educación básica de los empleados
	FDesCap2	Capacidad de absorción del personal
	FDesCap3	Adopción de TIC
	FDesCap4	Formación impartida
	FDesCap5	Si considera algún otro factor/es relacionado/s con los Recursos Humanos y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Tamaño de la empresa	FTamEmp1	Productividad
	FTamEmp2	Gasto en I+D
	FTamEmp3	Número de patentes presentadas
	FTamEmp4	Mano de obra dedicada a I+D
	FTamEmp5	Otro/s factor/es relacionado/s con el tamaño de la empresa y la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Capacidad de colaboración	FCapColab1	Redes MIPYME
	FCapColab2	Colaboración con el cliente
	FCapColab3	Integrando a las partes interesadas
	FCapColab4	Relación con proveedores
	FCapColab5	Otro/s factor/es relacionado/s con la capacidad de vinculación con la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____
Innovación abierta sostenible	FInnAbSos1	Conocimiento del mercado
	FInnAbSos2	Intercambio de información
	FInnAbSos3	Capacidades internas
	FInnAbSos4	Costos operativos reducidos
	FInnAbSos5	Otro/s factor/es relacionado/s con la innovación abierta o la innovación orientada a la sostenibilidad: _____ _____

Anexo 4. Cuestionario de evaluación para la validación del modelo propuesto, por parte de expertos.

Instrucciones: Las categorías a evaluar son claridad, coherencia, relevancia y suficiencia, las cuales se encuentran definidas en el cuadro que aparece a continuación. Teniendo en cuenta lo anterior, y de acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los componentes del modelo según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
CLARIDAD El componente se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	5. No cumple con el criterio	El componente no es claro
	6. Bajo Nivel	El componente requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	7. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del componente.
	8. Alto nivel	El componente es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El componente tiene relación lógica con la creación, implementación y mantenimiento de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en medianas y grandes empresas constructoras de Boyacá.	5. No cumple con el criterio	El componente no tiene relación lógica con la el objetivo del modelo.
	6. Bajo Nivel	El componente tiene una relación tangencial con el objetivo del modelo.
	7. Moderado nivel	El componente tiene una relación moderada con el objetivo del modelo.
	8. Alto nivel	El componente se encuentra completamente relacionado con el objetivo del modelo.
RELEVANCIA El componente es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	5. No cumple con el criterio	El componente puede ser eliminado sin que se vea afectada el modelo.
	6. Bajo Nivel	El componente tiene alguna relevancia, pero otro componente puede estar incluyendo lo que plantea éste.
	7. Moderado nivel	El componente es relativamente importante.
	8. Alto nivel	El componente es muy relevante y debe ser incluido.
SUFICIENCIA	5. No cumple con el criterio	Los componentes no son suficientes para lograr el objetivo del modelo.

Los componentes planteados son suficientes para la creación, implementación y mantenimiento de innovaciones orientadas a la sostenibilidad en medianas y grandes empresas constructoras Boyacá.	6. Bajo Nivel	Los componentes permiten lograr algún aspecto del objetivo del modelo pero no en su totalidad.
	7. Moderado nivel	Se deben incrementar algunos componentes para poder lograr el objetivo del modelo
	8. Alto nivel	Los componentes son suficientes para lograr el objetivo del modelo.

FORMATO PARA EMITIR JUICIO DE EXPERTO

Asigne su calificación de 1 a 4 según la tabla de criterios del anexo anterior (anexo 3) y registre en observaciones la explicación de su calificación. Al final, puede registrar observaciones adicionales que contribuyan a la validez del modelo.

Elementos del modelo	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia	Observaciones
<i>Actores</i>					
Chief Innovation Officer (CIO) y					
equipos de I+D+i+e					
Stakeholders					
<i>Flujos con el ecosistema</i>					
Inputs					
Outputs					
Recursos económicos					
Recursos ambientales					
Recursos sociales					
Información					
<i>Componentes</i>					
Gobernanza e involucramiento de stakeholders: las raíces					
Gestión de SOI en el ciclo de la construcción					
Vigilancia tecnológica					
Creatividad					
Gestión del conocimiento y					

vigilancia tecnológica					
Cultura SOI.					
Cultura de calidad.					
Planeación y ejecución de proyectos de innovación SOI.					
Aprendizaje y mejora continua					

Observaciones generales y comentarios:

Firma

Anexo 5. Puntajes transformados de las variables de la investigación.

Innovación de procesos	Innovación organizacional	Innovación de productos	Innovación de servicios	Innovación en Responsabilidad Social	Total Innovación Orientada a la Sostenibilidad	Procesos de Gestión de SOI	Competencias SOI	Actividades SOI	Comportamientos SOI	Gestión de SOI	Resultados económicos	Resultados ambientales	Resultados sociales	Resultados totales de SOI	Iniciativas Gubernamentales	Apoyo de la Alta Dirección	Recursos Financieros	Recursos Tecnológicos	Desarrollo de Capacidades	Tamaño de la Empresa	Capacidad de Colaboración	Innovación Abierta y Sostenible	Total Factores Influyentes en SOI
6,7	5,0	3,3	5,0	3,3	4,7	3,8	3,3	0,7	1,3	2,8	6,3	3,5	4,2	4,5	5,0	7,5	8,1	3,1	7,5	10,0	7,5	7,5	7,0
3,3	2,5	10,0	7,5	3,3	5,3	3,8	5,0	2,7	5,6	4,2	4,4	4,0	4,6	4,3	8,1	10,0	9,4	6,3	7,5	4,4	9,4	10,0	8,1
3,3	2,5	6,7	5,0	3,3	4,1	2,3	2,1	0,0	3,1	2,0	3,8	5,0	3,8	4,2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
3,3	0,0	0,0	2,5	6,7	2,4	2,3	2,9	0,0	4,4	2,4	0,0	2,0	3,3	2,0	9,4	8,1	8,8	3,8	5,6	2,5	7,5	10,0	6,9
3,3	2,5	10,0	7,5	3,3	5,3	7,1	6,7	5,3	6,3	6,6	2,5	4,0	7,5	5,0	10,0	8,8	8,1	7,5	7,5	8,8	6,9	10,0	8,4
3,3	5,0	10,0	5,0	6,7	5,9	5,2	5,8	7,3	8,1	6,1	2,5	4,0	5,8	4,3	8,8	8,1	10,0	3,8	4,4	10,0	7,5	4,2	7,2
0,0	5,0	6,7	5,0	6,7	4,7	3,1	3,3	0,0	4,4	2,9	2,5	2,5	2,5	2,5	10,0	7,5	10,0	5,0	7,5	8,8	5,6	7,5	7,7
6,7	7,5	10,0	10,0	3,3	7,6	5,8	7,9	6,7	7,5	6,7	6,9	5,0	6,3	6,0	10,0	8,8	8,8	10,0	8,1	7,5	8,8	10,0	9,0
10,0	7,5	10,0	10,0	6,7	8,8	8,5	7,1	7,3	8,1	8,0	5,0	7,0	8,8	7,2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,8	10,0	10,0	9,8
3,3	0,0	3,3	2,5	3,3	2,4	3,8	4,6	0,7	3,1	3,4	2,5	2,5	3,8	3,0	9,4	8,1	9,4	6,3	6,9	8,8	6,9	10,0	8,1
10,0	7,5	10,0	5,0	6,7	7,6	6,5	6,3	2,7	6,9	5,9	3,1	2,5	2,5	2,7	8,8	7,5	7,5	5,6	7,5	8,8	10,0	7,5	7,9
6,7	2,5	10,0	5,0	6,7	5,9	6,9	4,2	6,7	5,0	5,9	2,5	3,5	5,8	4,2	10,0	6,9	10,0	5,6	5,0	8,1	7,5	10,0	7,8
3,3	5,0	0,0	2,5	3,3	2,9	2,7	5,0	0,0	4,4	3,1	5,0	5,0	5,0	5,0	6,3	9,4	8,8	5,0	5,0	9,4	7,5	10,0	7,6
3,3	2,5	6,7	2,5	3,3	3,5	4,8	4,6	4,0	8,1	5,1	2,5	4,0	5,8	4,3	7,5	8,1	7,5	7,5	6,9	8,1	5,0	5,8	7,1
10,0	7,5	10,0	7,5	6,7	8,2	8,8	8,3	8,0	8,1	8,4	5,0	5,0	5,0	5,0	8,1	10,0	7,5	10,0	10,0	9,4	10,0	10,0	9,4
6,7	5,0	6,7	5,0	6,7	5,9	4,0	5,0	0,0	5,0	3,8	2,5	2,5	6,3	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
3,3	2,5	6,7	2,5	3,3	3,5	4,4	4,2	0,0	5,6	3,9	2,5	2,0	5,0	3,3	6,3	8,8	10,0	7,5	6,3	7,5	5,0	10,0	7,6
10,0	7,5	10,0	7,5	6,7	8,2	7,5	9,2	7,3	7,5	7,9	5,0	7,0	10,0	7,7	7,5	8,8	8,8	7,5	7,5	7,5	8,8	10,0	8,2
6,7	5,0	10,0	5,0	6,7	6,5	5,6	7,5	2,7	6,3	5,7	6,3	6,0	6,3	6,2	6,9	10,0	8,8	5,0	5,6	8,8	5,0	7,5	7,2
10,0	7,5	10,0	7,5	6,7	8,2	6,5	8,3	3,3	6,9	6,5	3,1	5,0	7,5	5,5	6,9	10,0	9,4	5,0	5,6	8,8	7,5	10,0	7,8
6,7	5,0	10,0	7,5	3,3	6,5	5,2	6,3	3,3	6,3	5,3	3,1	4,0	6,3	4,7	6,9	8,8	7,5	7,5	6,9	6,3	7,5	9,2	7,5
10,0	7,5	10,0	5,0	6,7	7,6	5,8	6,3	5,3	5,6	5,8	4,4	5,0	9,2	6,5	8,1	8,1	6,9	8,1	8,1	8,8	8,8	6,7	8,0
6,7	5,0	10,0	7,5	3,3	6,5	5,2	6,3	6,0	5,6	5,6	3,8	4,0	5,4	4,5	8,1	10,0	9,4	5,0	5,6	8,8	7,5	10,0	8,0
6,7	2,5	3,3	7,5	3,3	4,7	4,0	5,4	4,0	6,3	4,7	2,5	3,5	6,3	4,3	6,9	8,8	6,3	8,8	8,8	6,9	7,5	7,5	7,7
6,7	5,0	10,0	7,5	6,7	7,1	5,8	5,8	5,3	7,5	6,0	5,0	4,5	7,1	5,7	10,0	8,1	7,5	5,0	6,9	10,0	6,3	7,5	7,7
6,7	2,5	3,3	7,5	3,3	4,7	4,0	6,3	0,0	6,3	4,3	2,5	4,5	5,8	4,5	6,9	8,1	8,1	6,3	10,0	6,9	8,1	7,5	7,7
6,7	5,0	10,0	7,5	6,7	7,1	5,4	6,3	4,7	6,9	5,7	5,0	6,5	6,7	6,2	10,0	5,0	7,5	7,5	6,3	8,8	7,5	7,5	7,5
3,3	2,5	6,7	5,0	3,3	4,1	4,6	5,0	0,0	5,0	4,1	2,5	6,0	5,8	5,0	8,1	7,5	8,1	8,1	6,9	8,1	8,1	7,5	7,8
6,0	4,5	7,6	5,9	5,0	5,7	5,1	5,7	3,4	5,9	5,1	3,7	4,3	5,8	4,7	8,3	8,6	8,6	6,8	7,3	8,2	7,8	8,7	8,0

