

ColombiaClass

Sistema de Clasificación para la Gestión de Activos de Construcción en Colombia

Juan Carlos Gómez Roldán

Trabajo de grado

para optar al título de Magister en Ingeniería Civil

Director

PhD. Guillermo Mejía Aguilar

Codirector

PhD. José Luis Ponz Tienda

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Maestría en Ingeniería Civil

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

a Sarita, Mayita, Manolito, Cris, Pao, Kiki, Caro y Panela.

Agradecimientos

Mis agradecimientos a todos los colegas, amigos, instituciones y organizaciones que apoyaron el desarrollo de esta investigación:

- Profesor Dr. Guillermo Mejía Aguilar, director de esta investigación,
- Profesor Dr. Jose Luis Ponz Tienda, codirector y asesor de este proyecto,
- Profesor Wilfredo del Toro, director de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS),
- Profesor Dr. Álvaro Viviescas Jaimes, director de posgrados de la escuela de ingeniería civil y director del grupo de investigación en materiales de construcción y estructuras (INME) de la UIS.
- Profesor Dr. Ricardo Cruz Hernández, profesor escuela de ingeniería civil UIS,
- Profesor Mario García Solano, profesor escuela de ingeniería civil UIS,
- Profesor Dr. Jorge Rueda Benavides, asesor del trabajo de grado,
- Profesor Dr. Daniel Castro Lacouture, asesor del trabajo de grado,
- Dra. Ana Carolina Oberli, ejecutiva del comité de proyectos de infraestructura pública del Aeropuerto de Ginebra – Suiza, asesora del trabajo de grado,
- Profesora Dra. Ángela Celmira Barrera Puerto, evaluadora final del trabajo de grado,
- Profesor Dr. Rodrigo Herrera Valencia, evaluador final del trabajo de grado,
- Ing. Edgar Jesús Rojas Ramirez, director regional del Instituto Nacional de Vías (INVIAS),
- Ing. Ricardo Azuero Buenaventura, Subsecretario de Infraestructura de Bucaramanga,
- Ing. Eduardo Enrique Acuña, director GIS - BIM de la alcaldía de Bucaramanga,
- Ing. Elkin Barbosa, Gerente de Proyectos Constructora Urbacolombia,
- Ing. Carlos Vecino, director BIM HG Constructora,
- Ing. Vladimir Pradilla, director TIC Fénix Construcciones,
- Dra. Genny Carolina Rojas Ramirez, presidente Incor Consultores,

- Arq. Valentina Sarmiento, representante de Colombia en el foro BIM latinoamericano,
- Arq. Diego Giraldo, representante de la mesa BIM Colombia,
- Ing. Ray Andrés Ardila Cubillos, asesor de investigaciones,
- Ing. Oscar Portilla Carreño, asesor de investigaciones,
- Ing. Ludy Andrea Cáceres Mariño, secretaria y apoyo del equipo de posgrados de la UIS,
- Universidad Industrial de Santander,
- Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesionales Auxiliares,
- Sociedad Colombiana de Arquitectos,
- Sociedad Colombiana de Ingenieros,
- Grupo de investigación INME de la UIS,
- Grupo de investigación en gestión y modelado de la construcción de la UIS,
- Equipo GIS - BIM del INVIAS,
- Grupo de trabajo BIM Colombia,
- Equipo BIM Camacol,
- Comité de ColombiaClass,
- Personal administrativo y logístico de la escuela de ingeniería civil de la UIS.

Tabla de Contenido

Introducción y Antecedentes..... 19

1. Justificación..... 22

2. Alcance y Limitaciones de la Investigación 23

3. Objetivos 25

 3.1 Objetivo general..... 25

 3.2 Objetivos específicos 26

4. Marco Teórico 26

 4.1 Activos y proyectos de construcción residencial 26

 4.2 Gestión del alcance 29

 4.3 Gestión de las adquisiciones 29

 4.4 Estructuras desagregadas de trabajo 30

 4.5 Sistemas de clasificación 31

 4.5.1 Uso articulado de ColombiaClass y el sistema de Colombia Compra Eficiente 33

 4.5.2 ColombiaClass y los objetivos de desarrollo sostenible en Colombia..... 34

 4.6 Building Information Modeling 36

 4.6.1 La metodología BIM y el estándar ISO 19650 37

 4.6.2 Uso de los sistemas de clasificación en el marco de la metodología BIM..... 38

 4.6.3 BIM y los sistemas de clasificación basados en ISO 12006 e ISO 81346 39

 4.6.4 Matriz de madurez BIM 42

5. Marco Legal..... 49

 5.1 Política pública..... 49

 5.2 Estrategia..... 50

 5.3 Táctica..... 51

6. Marco Metodológico 52

 6.1 Enfoque de investigación constructiva 52

 6.2 Revisión de literatura 52

 6.3 Encuesta nacional a expertos 55

 6.4 Talleres Delphi con expertos nacionales..... 58

 6.5 Comité, mesa directiva, y principales investigadores y asesores..... 62

| | |
|--|------------|
| 7. Resultados de la Investigación | 64 |
| 7.1 Revisión de literatura | 65 |
| 7.1.1 Estadística descriptiva y categorización de los resultados | 65 |
| 7.1.2 Principales estándares y sistemas de clasificación encontrados en la literatura..... | 77 |
| 7.1.2.1 Contextualización y generalidades | 77 |
| 7.1.2.2 Principales estándares encontrados en la literatura..... | 81 |
| 7.1.2.3 Principales sistemas de clasificación encontrados en la literatura..... | 90 |
| 7.1.2.4 Estándares y sistemas de clasificación utilizados en Colombia | 99 |
| 7.1.3 Análisis de resultados obtenidos en la revisión de literatura | 101 |
| 7.2 Encuesta nacional y EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia..... | 105 |
| 7.2.1 Estadística descriptiva y categorización de los resultados | 105 |
| 7.2.2 Análisis de los resultados obtenidos en la encuesta nacional..... | 108 |
| 7.2.2.1 Uso e implementación de estándares de gestión..... | 108 |
| 7.2.2.2 Uso e implementación de estructuras desagregadas de trabajo (EDT) | 110 |
| 7.2.2.3 Uso e implementación de sistemas de clasificación (SC)..... | 116 |
| 7.2.2.4 Uso e implementación de Building Information Modeling (BIM) | 118 |
| 7.2.2.5 Madurez BIM de las empresas u organizaciones nacionales | 121 |
| 7.2.3 EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia..... | 125 |
| 7.3 Talleres Delphi y sistema de clasificación para la gestión de activos de Construcción..... | 129 |
| 7.3.1 Desarrollo y resultados de las rondas de talleres Delphi..... | 129 |
| 7.3.2 Presentación y estructura general del sistema de clasificación..... | 129 |
| 7.3.3 Grupos de tablas del sistema de clasificación | 131 |
| 7.4 Guías de uso del sistema de clasificación | 135 |
| 7.4.1 Infografía básica preliminar | 135 |
| 7.4.2 Guía rápida de uso | 137 |
| 7.4.3 Guía detallada de uso | 138 |
| 8. Conclusiones | 138 |
| 9. Recomendaciones y Trabajo Futuro | 143 |
| 9.1 Sitio web | 145 |
| 9.2 Derechos de autor y permisos de uso..... | 145 |

| | |
|--|------------|
| 9.3 Formato digital y presentación para impresión..... | 146 |
| Referencias Bibliográficas..... | 147 |
| Apéndices..... | 165 |

Lista de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Matriz de Madurez BIM. | 45 |
| Tabla 2. Principales Estándares de ISO y BuildingSMART relacionados con BIM y con SC..... | 50 |
| Tabla 3. Criterios utilizados para la revisión de literatura. | 54 |
| Tabla 4. Criterios utilizados para la encuesta nacional a expertos. | 57 |
| Tabla 5. Estructura del cuestionario de preguntas de la encuesta nacional a expertos. | 58 |
| Tabla 6. Referencias para el diseño y aplicación de las encuestas Delphi. | 61 |
| Tabla 7. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por tipo de documento..... | 65 |
| Tabla 8. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por enfoque de investigación..... | 66 |
| Tabla 9. Listado de los 109 estándares encontrados en la literatura. | 81 |
| Tabla 10. Estándares internacionales de la ICMSC y de la IPMSC | 89 |
| Tabla 11. Listado de los 91 sistemas de clasificación encontrados en la literatura. | 90 |
| Tabla 12. Top 10 de sistemas de clasificación más relevantes a nivel mundial..... | 98 |
| Tabla 13. Estándares y sistemas de clasificación desarrollados en Colombia. | 100 |
| Tabla 14. Porcentaje aprox. de empresas nacionales por etapa de madurez y capacidad BIM..... | 124 |
| Tabla 15. Niveles jerárquicos de la EDT desarrollada..... | 126 |
| Tabla 16. EDT de Uso Frecuente en la Construcción de Vivienda en Colombia. | 126 |
| Tabla 17. Evolución del sistema de clasificación y sus guías de uso a través de las rondas Delphi..... | 129 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Contexto y ubicación del aporte de la investigación. | 27 |
| Figura 2. Impacto esperado de ColombiaClass en el logro de los ODS en Colombia..... | 35 |
| Figura 3. Relación de la ISO 19650 con otros sistemas de gestión ISO. | 38 |
| Figura 4. Clasificación tradicional vs. clasificación basada en ISO 81346 (objetos BIM)..... | 41 |
| Figura 5. Etapas y pasos para medir las Capacidades BIM. | 43 |
| Figura 6. Niveles de Madurez BIM. | 44 |
| Figura 7. Flujograma de la metodología utilizada para la revisión de literatura..... | 53 |
| Figura 8. Flujograma de la metodología utilizada para la encuesta nacional a expertos. | 56 |
| Figura 9. Flujograma de la metodología utilizada para los talleres Delphi. | 60 |
| Figura 10. Mesa directiva de ColombiaClass. | 63 |
| Figura 11. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por producción científica anual. | 66 |
| Figura 12. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por país, temática y journal..... | 67 |
| Figura 13. Top 10 temáticas de investigación (ocurrencias acumulativas en el tiempo)..... | 68 |
| Figura 14. Estructura básica de la red de coocurrencia de las temáticas de investigación. | 69 |
| Figura 15. Evolución temática de las publicaciones 2007 - 2022..... | 70 |
| Figura 16. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2007 - 2012..... | 71 |
| Figura 17. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2013 - 2018..... | 71 |
| Figura 18. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2019 - 2022..... | 72 |
| Figura 19. Top 5 tendencias de investigación en el área de estudio, por año. | 73 |
| Figura 20. Fuentes de publicación más relevantes..... | 74 |
| Figura 21. Ocurrencias acumulativas de publicaciones en el Top 10 de las fuentes. | 75 |
| Figura 22. Top 20 países con mayor número de citas y promedio de citas por artículo. | 76 |
| Figura 23. Estructura básica de la red de colaboración entre países. | 76 |
| Figura 24. Fecha de lanzamiento de los estándares y SC encontrados en la literatura. | 78 |

| | |
|--|-----|
| Figura 25. Fecha de última actualización de los SC y estándares encontrados en la literatura. | 79 |
| Figura 26. Cantidad de estándares y SC encontrados en la literatura, por país y organización. | 80 |
| Figura 27. Sistemas de clasificación encontrados en la literatura, por año de lanzamiento. | 97 |
| Figura 28. Top 10 de SC más relevantes a nivel mundial. | 98 |
| Figura 29. Disciplina de profesión de los encuestados. | 105 |
| Figura 30. Nivel de formación de los encuestados. | 106 |
| Figura 31. Años de experiencia profesional de los encuestados. | 106 |
| Figura 32. Rol del encuestado en la empresa donde trabaja actualmente. | 106 |
| Figura 33. Tipo de empresa donde trabaja actualmente el encuestado. | 107 |
| Figura 34. Cantidad de integrantes de la empresa donde trabaja actualmente el encuestado. | 107 |
| Figura 35. Ciudades en donde la empresa del encuestado desarrolla proyectos de vivienda. | 107 |
| Figura 36. Estándares ISO implementados en la empresa donde trabaja el encuestado. | 108 |
| Figura 37. Estándares de gestión utilizados en la empresa donde trabaja el encuestado. | 109 |
| Figura 38. Áreas en las que se enfoca la gestión en la empresa donde trabaja el encuestado. | 109 |
| Figura 39. Conoce el encuestado lo que es una estructura desagregada de trabajo?. | 110 |
| Figura 40. Se utilizan EDT estandarizadas en la empresa donde trabaja el encuestado?. | 111 |
| Figura 41. Clasificación de los contratos en la empresa donde trabaja el encuestado. | 111 |
| Figura 42. Frecuencia con que se incluyen las áreas comercializables indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado. | 111 |
| Figura 43. Otras zonas comercializables que se incluyen en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado. | 112 |
| Figura 44. Frecuencia con que se incluyen las áreas contributivas indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado. | 113 |
| Figura 45. Otras zonas contributivas que se incluyen en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado. | 114 |

| | |
|--|-----|
| Figura 46. Frecuencia con que se incluyen las áreas temporales indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado. | 115 |
| Figura 47. Conoce el encuestado lo que es un sistema de clasificación de construcción?. | 117 |
| Figura 48. Se utilizan sistemas de clasificación en la empresa donde trabaja el encuestado?..... | 117 |
| Figura 49. Sistemas de clasificación utilizados en la empresa donde trabaja el encuestado. | 117 |
| Figura 50. Conoce el encuestado lo que es BIM?..... | 118 |
| Figura 51. Se utilizan modelos 3D en los proyectos de la empresa donde trabaja el encuestado?. | 118 |
| Figura 52. Hay personal con roles BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?..... | 119 |
| Figura 53. Hay programas de capacitación en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?..... | 119 |
| Figura 54. Se han identificado nuevas oportunidades de negocio a partir de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?. | 119 |
| Figura 55. Se comparten datos con otros interesados por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?..... | 120 |
| Figura 56. Compromiso y apoyo a BIM por parte de los directivos y ejecutivos de la empresa donde trabaja el encuestado..... | 121 |
| Figura 57. Avance de planes y programas BIM en la empresa donde trabaja el encuestado. | 121 |
| Figura 58. Integración de BIM con la estrategia de la empresa donde trabaja el encuestado..... | 122 |
| Figura 59. Cultura organizacional enfocada en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado..... | 122 |
| Figura 60. Integración de contratistas y proveedores por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado..... | 122 |
| Figura 61. Innovación y desarrollo basado en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado..... | 123 |
| Figura 62. Integración de procesos por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado. | 123 |
| Figura 63. Interoperabilidad por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado..... | 123 |
| Figura 64. Uso de indicadores estandarizados en la empresa donde trabaja el encuestado. | 124 |
| Figura 67. Estructura general de ColombiaClass..... | 130 |
| Figura 68. Infografía básica preliminar de ColombiaClass. | 136 |

Lista de Apéndices

Apéndice A. Resultados obtenidos en la revisión de literatura (archivo xlsx)..... 165

Apéndice B. Principales estándares y SC relacionados con la construcción encontrados en la revisión de literatura (archivo xlsx)..... 165

Apéndice C. Cuestionario de preguntas de la encuesta nacional a expertos (archivo pdf)..... 165

Apéndice D. Respuestas tabuladas de la encuesta nacional a expertos (archivo pdf)..... 165

Apéndice E. Actas firmadas de las rondas de talleres Delphi con expertos nacionales (archivo pdf)..... 165

Apéndice F. Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivo pdf)..... 166

Apéndice G. Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivo xlsx)..... 166

Apéndice H. Sitio web del Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivos html incluidos en un archivo zip)..... 166

Apéndice I. Artículo publicado en ponencia del congreso Latinoamericano InGenio 2022 (archivo pdf).
..... 166

Apéndice J. Presentación para la defensa del trabajo de grado de maestría (archivo pptx)..... 166

Apéndice K. Documento de trabajo de grado, versión final (archivo docx)..... 167

Resumen

Título: ColombiaClass, sistema de clasificación para la gestión de activos de construcción en Colombia*

Autor: Juan Carlos Gómez Roldán**

Palabras Clave: UIS, Santander, Colombia, ColombiaClass, sistema, clasificación, construcción, proyectos, activos, vivienda, residencial, edificaciones, estandarización, BIM, productividad, infraestructura, interoperabilidad, gestión, alcance, adquisiciones, contratos, variabilidad, incertidumbre, ISO, CAMACOL, arquitectura, ingeniería, ingeniería civil, monitoreo y control, sistema de clasificación, Colombia Class, ISO 19650, ISO 12006, ISO 81346, ISO 22274, ISO 21511, gestión de activos, gestión de ciudades, gestión de programas, gestión de portafolios, activos de construcción, diseño arquitectónico, industria de la construcción, gestión de proyectos, proyectos de construcción, ciclo de vida, gestión de la información, gestión de activos de construcción, gestión de proyectos de construcción, estrategia nacional BIM, Building Information Modeling, Foro Económico Mundial, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Organización Internacional de Normalización, Universidad Industrial de Santander.

Descripción:

Investigaciones publicadas en diversos reportes por el Foro Económico Mundial, dejan clara la relevancia del desarrollo de la infraestructura y la adopción de tecnologías de la

* Trabajo de Grado

** Universidad Industrial de Santander. Maestría en Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar. PhD. Codirector: José Luis Ponz Tienda. PhD.

información y las comunicaciones, como pilares fundamentales y entornos habilitantes para el incremento de la productividad y el mejoramiento de la calidad de vida de una nación. Asimismo, destacan el potencial de la metodología BIM (Building Information Modeling) como proceso indispensable para la gestión y transformación de los entornos urbanos, haciendo óptimos y más eficientes los modelos de servicios, la gobernanza y la planificación.

Al analizar estas variables, la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) en su informe de 2018 sobre productividad y riesgos en el sector de la construcción, identifica que la productividad de este sector se ha contraído durante más de 20 años, con un decrecimiento del -0.5% anual, llevando al país a la categoría de naciones rezagadas. Se atribuyen estos resultados a una industria sin estandarización, deficiencias en la gestión de la información y al bajo nivel de transformación digital. A su vez, se identifica la necesidad de estandarizar las normas vigentes y fortalecer la interoperabilidad entre las diferentes agendas de desarrollo nacional, como puntos de partida para solucionar esta situación. En este contexto, el gobierno de Colombia ha formulado múltiples iniciativas y leyes, entre las que se destacan la directiva de transformación digital nacional, y la estrategia nacional BIM 2020 - 2026, caracterizadas por la necesidad de normalizar el sector por medio de estándares internacionales como el ISO 19650, y de sistemas de clasificación que permitan estandarizar la gestión de los activos de construcción durante todo su ciclo de vida.

La metodología utilizada para definir este sistema de clasificación fue el *Enfoque de Investigación Constructiva* (en inglés, Constructive Research Approach), en el cual se utilizaron cuatro elementos: 1. Una revisión de literatura, 2. Una encuesta nacional a expertos, 3. Talleres Delphi con expertos nacionales, y 4. La publicación y divulgación del sistema.

Como resultado de esta investigación, se definió un sistema de clasificación para la gestión de activos de construcción ajustado a la industria colombiana, denominado ColombiaClass. Este sistema permite estructurar, clasificar y codificar la información de todo el ciclo de vida de un activo de construcción, con un lenguaje único y estandarizado de comunicación que sirve a todos los interesados, compatible con la metodología BIM, y con el sistema de compra pública nacional de Colombia Compra Eficiente. Es de libre uso y distribución, y puede consultarse de manera gratuita en el enlace www.colombiaclass.org, en el cual se encuentran sus tablas, guías de uso infográficas, de rápido acceso y detalladas, así como sus referencias bibliográficas y el listado de investigadores principales y sus datos de contacto.

Esta investigación también incluye análisis y conclusiones para la óptima operación y mantenimiento del sistema, y para el desarrollo de futuras investigaciones y trabajos que permitan incrementar su cobertura, mejoramiento continuo, e importancia táctica en la gestión de los activos de construcción a nivel nacional.

Abstract

Title: ColombiaClass, classification system for the construction assets management in Colombia*

Author: Juan Carlos Gomez Roldan **

Keywords: UIS, Santander, Colombia, ColombiaClass, system, classification, construction, projects, assets, housing, residential, buildings, standardization, BIM, productivity, infrastructure, interoperability, management, scope, acquisitions, contracts, variability, uncertainty, ISO, CAMACOL, architecture, engineering, civil engineering, monitoring and controlling, classification system, Colombia Class, ISO 19650, ISO 12006, ISO 81346, ISO 22274, ISO 21511, assets management, city management, program management, portfolio management, construction assets, architectural design, construction industry, project management, construction projects, life cycle, information management, construction assets management, construction projects management, national BIM strategy, Building Information Modeling, World Economic Forum, sustainable development goals, International Organization for Standardization, Universidad Industrial de Santander.

Description:

Research published in several reports by the World Economic Forum makes clear the relevance of infrastructure development and the adoption of information and communication technologies, as fundamental pillars and enabling environments for increased productivity and

* Degree Work

** Universidad Industrial de Santander. Master's in civil engineering. Director: Guillermo Mejía Aguilar. PhD. Codirector: José Luis Ponz Tienda. PhD.

improved nation's quality of life. Likewise, they highlight the potential of the BIM (Building Information Modeling) methodology as an essential process for the urban environments management and transformation, making service models, governance and planning optimal and more efficient.

When analyzing these variables, the Colombian Chamber of Construction (CAMACOL), in its 2018 construction sector's productivity and risks report, identifies that the productivity of this sector has contracted for more than 20 years, with a decrease in -0.5% per year, taking the country to the category of lagging nations. These results are attributed to an industry without standardization, deficiencies in information management and the low level of digital transformation. In turn, the need to standardize current regulations and strengthen interoperability between the different national development agendas is identified, as starting points to solve this situation. In this context, the Colombian government has formulated multiple initiatives and laws, among which the national digital transformation directive and the 2020 - 2026 national BIM strategy stand out, characterized by the need to standardize the sector through international standards such as ISO 19650, and classification systems which allow standardizing the management of construction assets throughout their life cycle.

The methodology used to define this classification system was the Constructive Research Approach, in which four elements were used: 1. A literature review, 2. A national survey to field's expert, 3. Delphi workshops with national experts, and 4. The publication and dissemination of the system.

As a result of this research, a classification system was defined for the management of construction assets adjusted to the Colombian industry, called ColombiaClass. This system allows structuring, classifying and codifying the information of the entire life cycle of a construction asset,

with a single and standardized communication language that serves all stakeholders, compatible with the BIM methodology, and with the national public procurement system of Colombia Compra Eficiente. It is free to use and distribute, and can be consulted for free at the link www.colombiaclass.org, where you will find its tables, infographic, quick access and detailed user guides, as well as its bibliographical references and the list of main researchers and their contact data.

This research also includes analyzes and conclusions for the system's optimal operation and maintenance, and for the development of future research and work that will increase its coverage, continuous improvement, and tactical importance in the management of construction assets at the national level.

Introducción y Antecedentes

En su informe de competitividad global de 2019, el Foro Económico Mundial (FEM) señala que, el desarrollo de la infraestructura y la adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), son dos de los doce pilares fundamentales y entornos habilitantes para el incremento de la competitividad y el mejoramiento de la calidad de vida de una nación (FEM, 2019). Asimismo, el FEM en su informe de ciudades gemelas digitales de 2022, resalta el potencial de la metodología BIM (Building Information Modeling), como proceso indispensable para la gestión y transformación de los entornos urbanos, ya que permite optimizar los modelos de servicios, la gobernanza y la planificación. Explica que, junto con la adopción de políticas y estándares adecuados, BIM impulsa una producción y operación urbana más intensiva y eficiente; espacios urbanos habitables y convenientes; y un entorno acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). También indica que, la metodología BIM disminuye la complejidad e incertidumbre en la planificación, el diseño, la construcción y la operación de la infraestructura, mediante su simulación, seguimiento, diagnóstico, predicción y control; y mediante la operación simultánea y la interacción entre las dimensiones física y digital de los entornos urbanos (FEM, 2022).

Entre tanto, la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), en su informe de 2018 sobre productividad y riesgos en el sector de la construcción, hace un llamado a las instituciones públicas y privadas a formular e implementar medidas para mitigar la baja productividad del sector en el país, la cual presenta uno de los niveles históricos más bajos respecto de sus pares internacionales (CAMACOL, 2018a). Durante más de 20 años, la productividad en la construcción colombiana se ha contraído a tal punto de llevar al país a la categoría de naciones rezagadas, con un decrecimiento del -0.5% anual (McKinsey, 2017). Los números preocupan, ya

que este sector tuvo en 2018 una participación del 8,1% del producto interno bruto (PIB) nacional, el cual totalizó COP\$74,5 billones (CAMACOL, 2019). Se atribuyen estos resultados, entre otras variables, a una industria sin estandarización y al bajo nivel de transformación digital, lo que ha llevado a generar alta variabilidad e incertidumbre en los proyectos de construcción. Asimismo, se identifica la necesidad de estandarizar los diseños y las normas vigentes como puntos de partida para solucionar esta situación (CAMACOL, 2018a). Atendiendo esta situación, el gobierno de Colombia ha formulado múltiples iniciativas y leyes, entre las que se destacan la directiva de transformación digital nacional, y la estrategia nacional BIM 2020 - 2016, caracterizadas por la necesidad de normalizar el sector por medio de estándares internacionales como el ISO 19650, y de sistemas de clasificación, que estandaricen la gestión de los activos durante todo su ciclo de vida.

Esta investigación permitió aportar a esta necesidad nacional, definiendo un sistema de clasificación para la gestión de activos de construcción, ajustado a la industria colombiana, denominado ColombiaClass (www.colombiaclass.org). Este sistema permite estructurar, clasificar y codificar la información – elementos tangibles e intangibles – de todo el ciclo de vida de un activo de construcción, con un lenguaje único y estandarizado de comunicación que sirve a todos los interesados. Está conformado por veintitrés (23) tablas de diferentes temáticas o facetas diseñadas para apoyar una gestión integral de los activos, acorde con la metodología BIM, y compatible con el sistema de compra pública nacional de Colombia Compra Eficiente (CCE, 2022a). Incluye guías infográficas, de rápido acceso y detalladas, así como una completa lista de referencias bibliográficas y el listado de sus investigadores principales y sus datos de contacto. También se presentan análisis y conclusiones relevantes para la óptima operación y mantenimiento

de este sistema, y para el desarrollo de futuras investigaciones y trabajos que permitan incrementar su cobertura e importancia táctica en la gestión de los activos de construcción a nivel nacional.

1. Justificación

Teniendo en cuenta el contexto presentado en el punto anterior, el gobierno de Colombia inicia en 2019 el proceso de transformación digital nacional, en el cual incluye al sector de infraestructura. El propósito central de este trabajo consiste en aumentar la competitividad del país por medio del incremento de la productividad y la interoperabilidad entre todos los interesados del sector, el cual representa un porcentaje cada vez mayor del PIB de la nación, y es una fuente que promueve la generación de empleo y desarrollo en todas las escalas de la economía (Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES], 2019).

Adicionalmente, formula la estrategia nacional BIM y establece un plazo a 2026 para que el sector gestione el 100% de sus proyectos cumpliendo con este requisito. Para llevar a cabo este proceso, identifica la necesidad de un sistema de estandarización que ayude a reducir la fragmentación que enfrenta actualmente el sector, permitiendo de manera progresiva la migración de todas las organizaciones e instituciones a un modelo interconectado de gestión integral y toma de decisiones basadas en datos. Se espera que esta normalización incremente la eficiencia, la productividad y la articulación entre los distintos actores de la cadena de valor de la construcción (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2020).

Por su parte, el sector ha tomado como guía para esta implementación, lo establecido por la Organización Internacional de Normalización (ISO), en el estándar ISO 19650: Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM, en el cual se establece la necesidad de un sistema de clasificación para gestionar la información en todas las fases de los activos (ISO, 2020a, 2018b, 2018c) (CAMACOL, 2018b).

Investigaciones recientes relacionadas con la implementación BIM permiten entender el papel fundamental que tienen los sistemas de clasificación en la administración de los grandes

volúmenes de datos generados por estas herramientas de gestión, en el intercambio de datos y en la comunicación unificada y estandarizada de fácil entendimiento por humanos y por máquinas (Natspec, 2022).

De acuerdo con lo dispuesto en el estándar ISO 19650 - Parte 2: Fase de desarrollo de los activos (ISO, 2018c), se requiere un sistema de clasificación para: 1. Establecer las normas de información del proyecto, y designar los medios disponibles para estructurar y clasificar la información, y 2. Establecer un Entorno Común de Datos (CDE) que permita clasificar cada contenedor de información, de acuerdo con lo definido en el estándar ISO 12006-2.

El mismo estándar ISO 19650, en su Parte 3: Fase de operación de los activos (ISO, 2020a), establece que se requiere un sistema de clasificación para: 1. Identificar los activos a los que la gestión de la información puede producir un beneficio neto, y asignarles una estructura de clasificación, 2. Establecer las normas de información de los activos y designar los medios disponibles para estructurar y clasificar la información de acuerdo con lo definido en la ISO 12006-2, y 3. Establecer un Entorno Común de Datos (CDE) que permita clasificar cada contenedor de información, de acuerdo con lo definido en el estándar ISO 12006-2.

2. Alcance y Limitaciones de la Investigación

La versión actual de ColombiaClass está desarrollada para clasificar únicamente activos de construcción residencial, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR), capítulo K.2 (NSR, 2010). Su alcance cubre todo su ciclo de vida, desde la fase de inicio hasta la fase de cierre, según lo dispuesto en la tabla K - Fases del Activo. Sin embargo, la estructura completa del sistema ha sido diseñada para permitir su ampliación y cobertura a todo tipo de activos / proyectos en versiones posteriores.

En la sección de revisión de literatura de este documento es posible evidenciar cómo múltiples países cuentan hoy con sus propios sistemas de clasificación, los cuales se han desarrollado gradualmente hasta abarcar todas las áreas de gestión en todo tipo de activos de la construcción. Este trabajo pretende ser un punto de partida en la implementación de estas iniciativas en nuestro país.

El sistema de clasificación definido en esta investigación es producto de la reunión de múltiples leyes, estándares, metodologías, investigaciones y sistemas de clasificación nacionales e internacionales, que se describen en el marco legal del presente documento, y que han sido seleccionados y estructurados para atender las necesidades del sector de la construcción en Colombia.

ColombiaClass consta de veintitrés (23) tablas ordenadas en cinco (5) grupos, que clasifican todos sus elementos y clases en diversas temáticas, y aportan una estructuración ordenada, estandarizada y codificada para la gestión de activos residenciales en Colombia. Todas las demás facetas que pueda requerir el SC corresponderán a desarrollos y complementos futuros.

Asimismo, se dio especial énfasis a su uso en el marco de la metodología BIM y otras herramientas digitales. Esta propuesta no pretende ser la solución para estandarizar la semántica utilizada interdisciplinariamente para describir datos BIM, ni estar coordinada con otros sistemas a nivel nacional o internacional. Este alcance deberá ser realizado en trabajos posteriores.

El desarrollo de esta investigación entrega un producto que se identifica como la primera fase de un sistema de clasificación interdisciplinario. Todas las demás facetas, clases o perspectivas conceptuales requeridas para una gestión integral y transdisciplinaria de los activos deberán complementarse y añadirse a medida que evolucionan las investigaciones en Colombia sobre estos aspectos.

Igualmente, se contemplan como punto de partida, las interacciones entre la gestión del alcance y de las adquisiciones. Investigaciones posteriores deberán estudiar la interacción de esta estandarización con las demás áreas de conocimiento de la gestión de proyectos, a saber: Tiempo, costo, riesgos, calidad, recursos, integración, comunicaciones, interesados, HSSE, financiera, marketing, legal, datos, innovación, y cambio, entre otros (PMI, 2016, 2017) (AACE, 2015) (IPMA, 2015, 2018) (OGC, 2009).

De otra parte, es importante destacar que la situación mundial ocasionada por el virus del COVID-19 generó una limitación para desarrollar y validar los datos en proyectos en ejecución, por tanto fue necesario replantear la metodología de trabajo. Con el fin de cubrir este contexto, la metodología utilizada para definir este sistema de clasificación fue el enfoque de investigación constructiva (en inglés, Constructive Research Approach), en el cual se utilizaron cuatro elementos: 1. Una revisión de literatura, 2. Una encuesta nacional a expertos, 3. Talleres Delphi con expertos nacionales, y 4. La publicación y divulgación del sistema, los cuales se detallan completamente en este documento.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Definir un sistema de clasificación para activos / proyectos de construcción de vivienda en Colombia, cuya estructura permita la integración con herramientas BIM y bases de datos informáticas.

3.2 Objetivos específicos

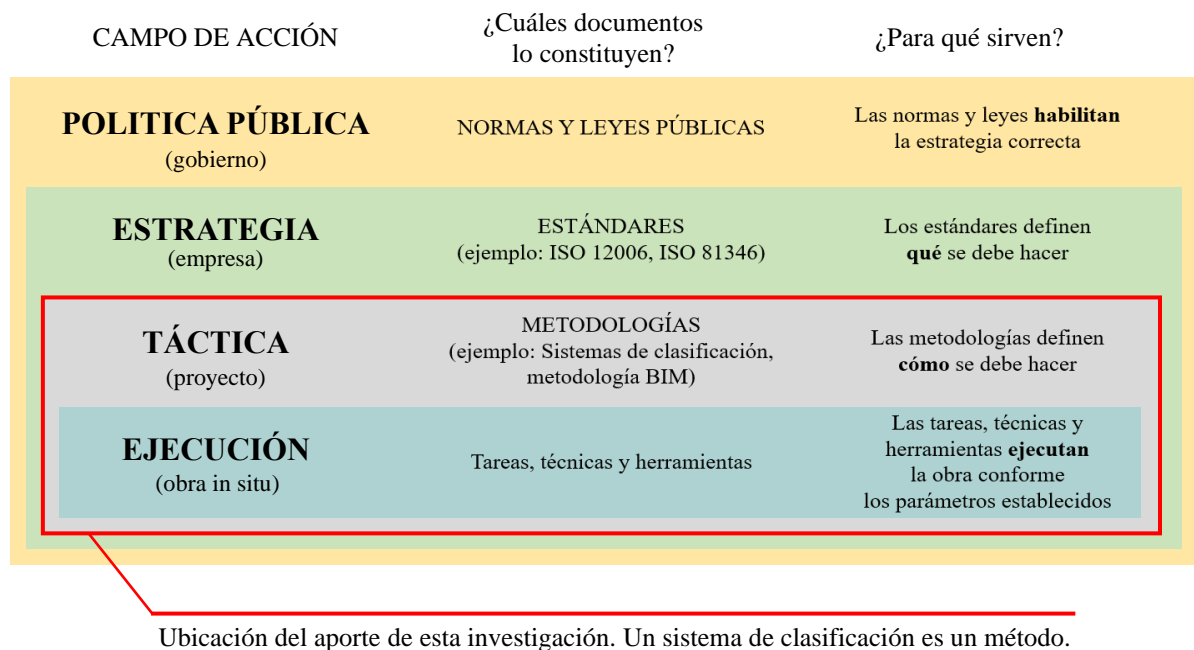
- Identificar los SC existentes en el mundo, según su origen, autor, año de lanzamiento, actualizaciones, uso, categorización (estructura) y fortalezas.
- Identificar la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia,
- Definir un constructo que estandarice y unifique los conceptos teóricos con la práctica de la construcción en Colombia. Validar el constructo desarrollado ante la industria y los gremios de la construcción.
- Desarrollar una guía para el uso e implementación del sistema.

4. Marco Teórico

4.1 Activos y proyectos de construcción residencial

Tomando como punto de partida lo expuesto por el Project Management Institute (PMI, 2016) en el marco de la gestión de proyectos, se contextualiza e ilustra el punto de inserción del producto de la presente investigación. La siguiente figura ilustra este punto.

Figura 1. Contexto y ubicación del aporte de la investigación.



Fuente: Adaptado de PMI, 2016

La figura anterior presenta: 1. *La política pública*, la cual consiste en el conjunto de normas y leyes públicas que habilitan y enmarcan las estrategias de inversión, 2. *La estrategia*, constituida por los estándares que definen qué se debe hacer con el activo (para incrementar su valor), 3. *La táctica*, representada en las metodologías o conjunto de procesos que definen cómo se debe transformar dicho activo, y por último 4. *La ejecución*, la cual consiste en la fase de desarrollo (ejecución de la obra civil) y la fase de operación y mantenimiento del activo, de acuerdo con los parámetros anteriormente definidos (PMI, 2016). Estos cuatro aspectos se monitorean y controlan continuamente en todo el ciclo de vida de un activo, con el fin de realizar mejoras y ajustes constantes.

Nótese que cada uno de los campos de acción definidos enmarca (contiene) a los que están debajo de este. En este orden, una norma o ley contiene estándares; estos a su vez contienen

metodologías; y estas últimas contienen herramientas, técnicas y tareas. El entendimiento de estos aspectos es de vital importancia para dar contexto a los elementos como estándares y sistemas de clasificación de los cuales se hablará en este documento. Dicho esto, el sistema de clasificación producto de esta investigación se localiza en la táctica, es decir, es un método para la gestión de los proyectos o activos de vivienda, que está articulado con la metodología BIM. En el marco legal del presente documento, se presentan en detalle las normas, estándares y metodologías utilizadas como insumos para este proyecto.

A efectos del desarrollo de la presente investigación se tomó la definición de *Activo* propuesta en el estándar ISO 19650 (ISO, 2018b), que describe un activo como un elemento, una cosa o una entidad que tiene un valor potencial o real para una organización. En este mismo orden, se ha tomado la definición de *Proyecto* propuesta por el Project Management Institute (PMI, 2017), que describe un proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. A su vez, el PMI (2017) define la *Gestión de proyectos* como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto. Por otra parte, los proyectos de construcción de vivienda a que hace referencia esta investigación son los clasificados en la Norma Sismorresistente Colombiana, en el Grupo de Ocupación (K.2) y el Grupo de Uso (A.2) así (NSR, 2010):

- Por grupo de ocupación: RESIDENCIAL (R) – Sección K.2.10
- Por grupo de uso: GRUPO I. Estructuras de ocupación normal – Sección A.2.5.1

Esta investigación únicamente contempla las edificaciones clasificadas en el grupo I. Quedan por fuera del alcance todas las edificaciones de los grupos: II. Estructuras de ocupación especial, III. Edificaciones de atención a la comunidad, y IV. Edificaciones indispensables. Se

aclara que las edificaciones contenidas en el alcance de este trabajo de grado son aquellas resultantes de la intersección de los dos criterios de clasificación descritos en este punto.

4.2 Gestión del alcance

De acuerdo con el PMI (2017), la *Gestión del alcance* comprende los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito. Gestionar el alcance del proyecto se enfoca en definir y controlar lo que se incluye y lo que no se incluye en el proyecto.

En el marco del desarrollo de esta investigación, se propende entregar un SC que sirva como plantilla base estandarizada para alinear los procedimientos establecidos por el PMI (2017) en la gestión del alcance, para definir: 1. los contratos, 2. el alcance de los entregables (productos o servicios), y 3. La división de responsabilidades. Asimismo, este sistema de clasificación servirá como herramienta para el monitoreo y control en la gestión del alcance de los proyectos, mediante la verificación del avance en el desarrollo de sus paquetes de trabajo, asegurando que el proyecto genere los productos requeridos de conformidad con las seis áreas de tolerancia o restricciones operativas del proyecto: alcance, tiempo, costo, calidad, riesgo, y recursos (PMI 2016).

4.3 Gestión de las adquisiciones

Como lo expone el PMI (2017), la *Gestión de las adquisiciones* incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. La gestión de las adquisiciones del proyecto incluye los procesos de gestión y de control requeridos para desarrollar y administrar acuerdos tales como contratos, órdenes de compra, memorandos de acuerdo o acuerdos de nivel de servicio internos.

A partir de dicho concepto, y entendiendo que los contratos son el documento principal utilizado para formalizar el alcance en los proyectos de construcción (PMI, 2016), esta investigación propende el desarrollo de una estructura estandarizada como base para el desarrollo de los procesos de planificación de las adquisiciones, estableciendo una base estándar para los contratos y permitiendo un mejor entendimiento y rápida curva de aprendizaje de todos los interesados respecto de sus entregables y responsabilidades, por medio de un lenguaje único durante todo el ciclo de vida del activo.

Así las cosas, este sistema de clasificación dará apoyo a los procesos de monitoreo y control de las adquisiciones, ya que su estructura estandarizada permitirá regularizar la colección y almacenamiento de datos para su análisis y toma de decisiones en toda la cadena de producción y flujos de trabajo del proyecto (PMI, 2016).

4.4 Estructuras desagregadas de trabajo

Como primer elemento de estandarización en la búsqueda de la interoperabilidad entre los interesados en el sector, se encuentran las Estructuras Desagregadas de Trabajo (EDT). De acuerdo con el estándar ISO 21511: *Estructuras Desagregadas de Trabajo para la Gestión de Programas y Proyectos*, una EDT es una descomposición del alcance definido de un programa o proyecto en niveles progresivamente más bajos que consisten en elementos de trabajo (ISO, 2018e).

Esta estructura debe proporcionar un marco lógico para descomponer el 100% del trabajo definido en el alcance. Cada nivel descendente de una EDT proporciona una definición más detallada del trabajo. Este trabajo puede estar orientado al producto, a la entrega o a los resultados; y, adicionalmente, puede estar enfocado en fases, disciplinas o ubicaciones de programas o proyectos. El propósito de esta clasificación o desagregación tiene como fin mejorar y respaldar

la gestión de los activos, al permitir una planificación, ejecución, monitoreo y control mediante elementos más pequeños.

En la actualidad, la mayoría de las EDT tienen una descomposición jerárquica, es decir, que cada nivel de descomposición contiene el 100% de los elementos de su nivel inmediatamente superior (subordinación sucesiva). La ISO 21511 se basa únicamente en este tipo de EDT, y denomina estas relaciones como *padre – hijo*.

Profundizando en estos conceptos, se da cabida a una metodología de clasificación adicional denominada *Sistemas de Clasificación*, la cual se presenta a continuación.

4.5 Sistemas de clasificación

De acuerdo con lo expuesto por el Capítulo Francés de buildingSMART, un *Sistema de clasificación (SC)* es un método que permite la distribución de un conjunto de entidades coordinadas, organizadas y jerárquicas, posibilitando la identificación de los componentes de una estructura. Estas entidades son objetos físicos o intangibles que se utilizan en el diseño, la construcción, la operación y la deconstrucción de un activo (BS, 2018).

Por su parte, el estándar ISO 22274 define un SC como una colección sistemática de clases y objetos que comparten las mismas características, organizada de acuerdo con un conjunto conocido de reglas, en la que los objetos pueden agruparse (ISO, 2013).

Otra definición relevante indica que, los SC son estructuras de clasificación estandarizada que integran en fases ordenadas la información de entregables de todo el ciclo de vida de los activos de la construcción (Alkawasbeh, M. et al., 2020). Similar a un conjunto estandarizado de estructuras desagregadas de diferentes temáticas o facetas, que contienen elementos codificados,

los sistemas de clasificación (SC) organizan el contenido de forma sistemática, con algunos aportes estructurales que se verán a continuación.

La clasificación de los elementos de un SC se organiza agrupando objetos que tienen características o cualidades similares, como los espacios arquitectónicos o los productos de un proyecto. También es posible una estructuración por dominios, que corresponden a los aspectos relevantes y de interés administrativo y legal, como la localización geográfica, el uso de la edificación, las disciplinas, o las fases del activo, entre otros. A cada nodo de esta matriz se le asocia una codificación, la cual sirve para referenciar toda la información contenida en los modelos BIM y otras herramientas digitales. Estos códigos o notación alfanumérica definen e identifican de forma única cada elemento e información que componen dicho modelo digital, estructurándolo y permitiendo su lectura por humanos y por máquinas (Natspec, 2022).

El estándar ISO 22274 establece parámetros para el desarrollo de un SC. Define dos principios de categorización: 1. Clasificación enumerativa (o jerárquica), y 2. Clasificación por facetas (o combinatoria). La estructura de un SC enumerativo o jerárquico es similar a una EDT. Está compuesta por un conjunto de clases en subordinación sucesiva. En un SC por facetas se pueden atribuir varias características a un mismo objeto, el cual se define desde una combinación de clases o múltiples perspectivas conceptuales o facetas de este (ISO, 2013).

De igual manera, el estándar ISO 12006-2 especifica que los SC pueden tener dos tipos de organización jerárquica: 1. Por clasificación (clases y subclases) donde las subclases son tipos de la clase inmediatamente superior, y 2. Por composición, donde los subordinados son subconjuntos que componen el elemento inmediatamente superior. En este estándar, la organización de las clases y subclases se agrupan en tablas. Estas mismas se denominan “facetas” en la ISO 22274. Ambos

estándares establecen que es posible combinar los principios para crear un SC enumerativo facetado o combinado (ISO, 2015b).

4.5.1 Uso articulado de ColombiaClass y el sistema de Colombia Compra Eficiente

El gobierno de Colombia creó en 2011 la agencia nacional de contratación pública - Colombia Compra Eficiente (CCE). Su objetivo es desarrollar e impulsar políticas públicas y herramientas orientadas a la organización y articulación de los partícipes en los procesos de compras y contratación pública, con el fin de lograr una mayor eficiencia, transparencia y optimización de los recursos del Estado (CCE, 2011). Desde 2013, CCE es el administrador del Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOP).

La tabla de codificación de bienes y servicios utilizada por CCE, es el Código Estándar de Productos y Servicios de la Organización de las Naciones Unidas (UNSPSC), versión 14.0801, traducido al español (CCE, 2022b).

Con el fin de articularse en los procesos de transformación digital, interoperabilidad y estandarización nacional, ColombiaClass ha adoptado esta misma versión del UNSPSC en su tabla E - Productos y Servicios. Esto permite que toda la clasificación, disgregación y codificación de productos y servicios utilizada en ColombiaClass sea exactamente la misma que utiliza Colombia Compra Eficiente.

De esta manera, ColombiaClass permite una gestión integral de los activos de construcción acorde con las leyes nacionales, los estándares y las herramientas metodológicas que enmarcan el Sistema de Compra Pública de Colombia, determinadas para el desarrollo del Plan Anual de Adquisiciones, la compra de bienes y servicios, y la gestión de contratos establecidos por Colombia Compra Eficiente (CCE, 2022a).

4.5.2 ColombiaClass y los objetivos de desarrollo sostenible en Colombia

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció en 2015 un plan de acción a quince (15) años para abordar algunos de los problemas más apremiantes que enfrenta el mundo. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) corresponden a una visión global interconectada y diseñada para promover la prosperidad y proteger nuestro planeta. Reconocen que poner fin a la pobreza debe ir de la mano de estrategias que generen crecimiento económico y aborden una variedad de necesidades sociales que incluyen educación, salud, protección social y oportunidades laborales, al tiempo que se atiende el cambio climático y la protección del medio ambiente (ONU, 2022).

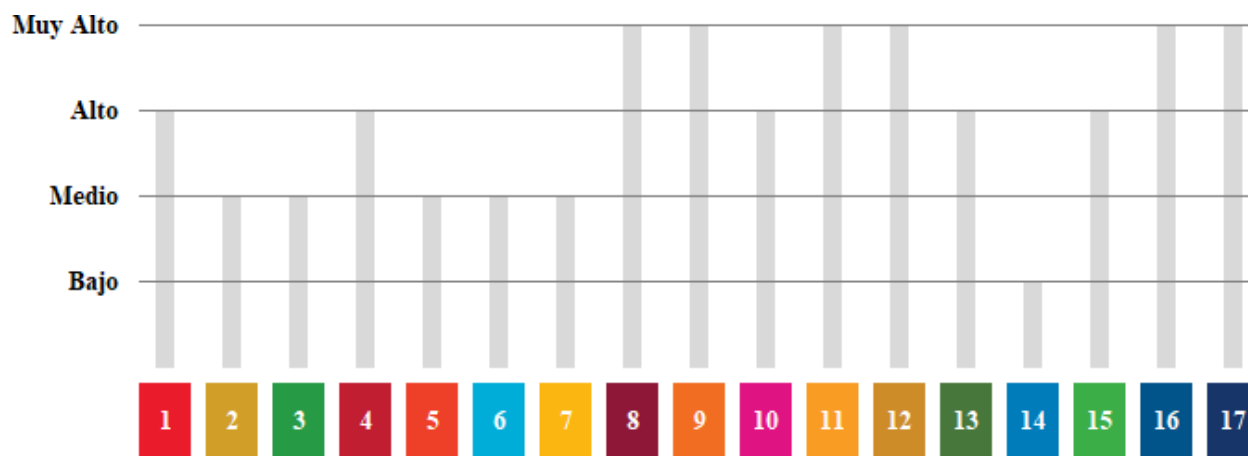
Los diecisiete (17) ODS son: 1. Fin de la pobreza, 2. Hambre cero, 3. Salud y bienestar, 4. Educación de calidad, 5. Igualdad de género, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 8. Trabajo decente y crecimiento económico, 9. Industria, innovación e infraestructura, 10. Reducción de la desigualdades, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsables, 13. Acción por el clima, 14. Vida submarina, 15. Vida de ecosistemas terrestres, 16. Paz, justicia e instituciones sólidas, y 17. Alianzas para los objetivos.

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) formuló en 2018 el documento CONPES 3918 - Estrategia para la implementación de los ODS en Colombia, en el cual establece dieciséis (16) metas y designa treinta (30) entidades nacionales encargadas de su ejecución, seguimiento y control. Esta estrategia está soportada en cuatro (4) pilares: 1. Un esquema de seguimiento y reporte, 2. Una estrategia territorial, 3. Alianzas con actores no gubernamentales, y 4. Acceso a datos abiertos para el seguimiento al cumplimiento de los ODS (CONPES, 2018). A su vez, la ISO ha determinado la influencia de la implementación de sus estándares en el logro de los ODS, y ha recalcado que este plan de acción exige la contribución de todos los elementos de la sociedad, el

gobierno, las empresas y la academia, en un esquema de consenso, colaboración e innovación (ISO, 2022a, 2022b).

Tomando como punto de partida los desafíos identificados por el gobierno nacional para la implementación de los ODS en Colombia, tales como, las deficiencias en la información para el seguimiento, la baja articulación entre los actores, y la necesidad de fortalecer la interoperabilidad entre las diferentes agendas de desarrollo nacional e internacional; se espera que el sistema de clasificación ColombiaClass contribuya directamente en el logro de los objetivos trazados, ofreciendo al país una herramienta que impulse el desarrollo del sector de la infraestructura, y con ello, a las demás iniciativas nacionales interconectadas. La siguiente figura ilustra el impacto a mediano y largo plazo esperado a nivel nacional para cada ODS, con la adopción del sistema y de su marco legal, estratégico y táctico.

Figura 2. Impacto esperado de ColombiaClass en el logro de los ODS en Colombia



NOMENCLATURA

| | |
|----|---|
| 1 | Fin de la pobreza |
| 2 | Hambre cero |
| 3 | Salud y bienestar |
| 4 | Educación de calidad |
| 5 | Igualdad de género |
| 6 | Agua limpia y saneamiento |
| 7 | Energía asequible y no contaminante |
| 8 | Trabajo decente y crecimiento económico |
| 9 | Industria, innovación e infraestructura |
| 10 | Reducción de las desigualdades |
| 11 | Ciudades y comunidades sostenibles |
| 12 | Producción y consumo responsables |
| 13 | Acción por el clima |
| 14 | Vida submarina |
| 15 | Vida de ecosistemas terrestres |
| 16 | Paz, justicia e instituciones sólidas |
| 17 | Alianzas para los objetivos |

Fuente: Modificado de ONU, 2022

4.6 Building Information Modeling

El gobierno de Colombia ha adoptado la definición de *Building Information Modeling (BIM)* como, un proceso colaborativo a través del cual se crea, se comparte y se usa información estandarizada en un entorno digital, durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción (DNP, 2020).

El estándar ISO 19650, define BIM como, el uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y para proporcionar una base confiable para la toma de decisiones (ISO, 2018b).

La utilidad de la metodología BIM radica en que cada objeto que hace parte de un modelo digital contiene datos y relaciones asociadas con información sobre múltiples atributos como: valor, especificaciones técnicas, datos del fabricante, dimensiones, requisitos técnicos y administrativos, entre otros. Estos datos se pueden extraer para tomar decisiones de acuerdo con las necesidades de cada interesado, ejecutando simulaciones para determinar comportamientos y

modelando todo el ciclo de vida del activo. Esto se logra compartiendo un único modelo de información virtual actualizada común (Natspec, 2022).

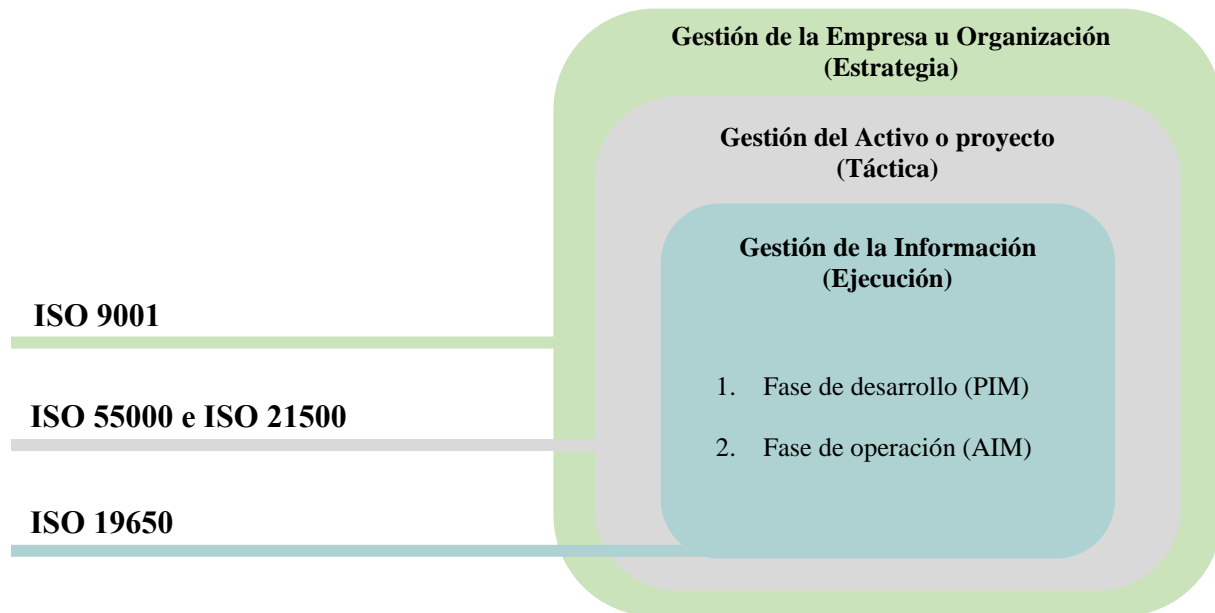
El Departamento Nacional de Planeación identifica que la adopción de la metodología BIM permitirá una reducción de la variabilidad y un aumento en la productividad del sector de infraestructura y construcción nacional (DNP, 2020).

4.6.1 La metodología BIM y el estándar ISO 19650

El estándar ISO 19650: *Organización y Digitalización de la Información sobre Edificios y Obras de Ingeniería Civil, Incluido BIM*; define el marco, los principios y los requisitos para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos por medio de procesos estandarizados de gestión. Se enmarca en el contexto de todo el ciclo de vida del activo (ISO, 2018b).

La gestión de la información se lleva a cabo durante dos fases denominadas: fase de desarrollo y fase de operación. La fase de desarrollo es la parte del ciclo de vida durante la cual el activo se diseña, se construye y se entrega a la propiedad. La fase de operación es la parte del ciclo de vida durante la cual el activo se utiliza, se opera y se mantiene. Ambas fases deben considerarse en un ciclo continuo de vida del activo (ISO, 2018b). La siguiente figura ilustra estas fases y su relación con otros sistemas de gestión de la ISO.

Figura 3. Relación de la ISO 19650 con otros sistemas de gestión ISO.



Fuente: Modificado de ISO 19650 (2018b)

Tomando como base el estándar ISO 19650, entidades nacionales como CAMACOL y el Grupo BIM Colombia han desarrollado guías para la implementación de la metodología BIM en nuestro país. Estos documentos están relacionados en el marco legal de este documento.

4.6.2 Uso de los sistemas de clasificación en el marco de la metodología BIM

De acuerdo con lo dispuesto en el estándar ISO 19650 - Parte 2: *Fase de desarrollo de los activos* (ISO, 2018c), se requiere un sistema de clasificación para:

- Establecer las normas de información del proyecto, y designar los medios disponibles para estructurar y clasificar la información.
- Establecer un Entorno Común de Datos (CDE) que permita clasificar cada contenedor de información, de acuerdo con lo definido en el estándar ISO 12006-2

El mismo estándar ISO 19650, en su Parte 3: *Fase de operación de los activos* (ISO, 2020a), establece que se requiere un sistema de clasificación para:

- Identificar los activos a los que la gestión de la información puede producir un beneficio neto, y asignarles una estructura de clasificación.
- Establecer las normas de información de los activos y designar los medios disponibles para estructurar y clasificar la información de acuerdo con lo definido en la ISO 12006-2
- Establecer un Entorno Común de Datos (CDE) que permita clasificar cada contenedor de información, de acuerdo con lo definido en el estándar ISO 12006-2

4.6.3 BIM y los sistemas de clasificación basados en ISO 12006 e ISO 81346

El uso articulado de SC y de la metodología BIM es fundamental para organizar la información en la industria de la construcción, cuyo desafío consiste en lograr la colaboración efectiva – *interoperabilidad* – entre todos los interesados (Natspec, 2022).

Como es posible evidenciar en la estadística descriptiva y categorización de los resultados de la revisión de literatura de este documento, la industria de la construcción utiliza cada vez más modelos de información orientados a objetos para representar datos de trabajo en entornos digitales. La mayoría de los SC de información de construcción más relevantes a nivel mundial se basan en la norma ISO 12006: *Organización de la información sobre obras de construcción, Parte 2: Marco para la clasificación* (ISO, 2015b), y Parte 3: *Marco para la información orientada a objetos* (ISO, 2007). Esta última, también conocida como BuildingSMART Data Dictionary (bSDD) o International Framework for Dictionaries (IFD) Library.

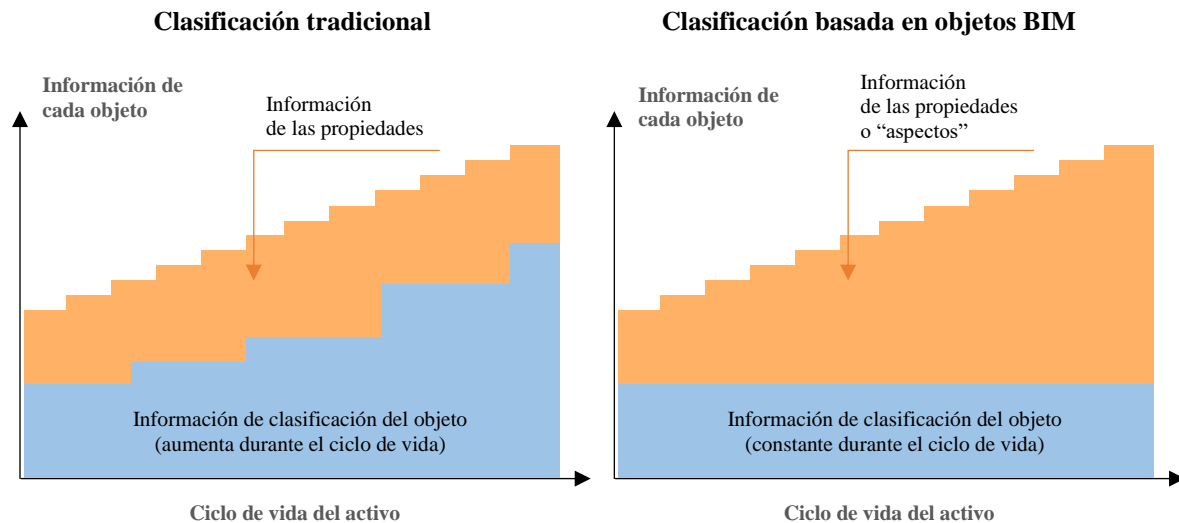
Esta tendencia refleja una estrategia de desarrollo de SC que permitan la interoperabilidad local e internacional (Natspec, 2022).

La parte 2 de este estándar no describe un SC completo. Consiste en un marco para desarrollar y armonizar SC. Recomienda tablas de clasificación y títulos para múltiples clases de objetos de construcción como edificios, elementos de construcción, espacios, entre otros, en donde se define cada clase y su interrelación. En su actualización de 2015 se pasa de clasificar la información en documentos a una clasificación basada en objetos, que incorpora la aplicación del modelado de información de construcción (BIM) a los procesos de adquisición y construcción. De esta manera, se logra una mejor alineación entre las partes 2 y 3 de la ISO 12006. Igualmente, en la edición 2015 se reconoce la necesidad de un SC para modelar relaciones de organización jerárquica por clasificación - *tipo de* - y por composición - *parte de* -.

Por su parte, el estándar ISO 81346 describe un sistema para organizar información sobre activos construidos y los componentes a partir de los cuales se ensamblan. Las partes de mayor relevancia para la industria de la construcción son la *Parte 1: Reglas básicas* (ISO, 2022c), la *Parte 2: Clasificación de objetos y códigos de clases* (ISO, 2019), y la *Parte 12: Trabajos de construcción y servicios del edificio* (ISO, 2018d). Este estándar es especialmente relevante para la optimización de la clasificación y gestión de la información en BIM.

Algunos SC facetados estructuran la información desde varias perspectivas, lo que conlleva a que un elemento aparezca en más de una tabla. Por ejemplo, el SC Omniclass enumera 211 tipos de puertas: 18 puertas en la tabla 21 - Elementos, 66 puertas en la tabla 22 - Resultados del trabajo, y 127 puertas en la tabla 23 - Productos. En contraste, los SC basados en el estándar ISO 81346 como Coclass y Cuneco enumeran un único tipo de puerta, a la cual se le pueden agregar múltiples propiedades que el estándar denomina *Aspectos*.

La siguiente gráfica compara la gestión de la información con cada una de estas estrategias.

Figura 4. Clasificación tradicional vs. clasificación basada en ISO 81346 (objetos BIM).

Fuente: Modificado de Natspec, 2022

El enfoque de ISO 81346 permite: 1. Aplicar una única notación inicial a los elementos, la cual se utiliza durante todo el ciclo de vida del activo, es estable, genérica y orientada a objetos. A esta, se le van agregando un número creciente de propiedades – *Aspectos* – a medida que se van requiriendo. y 2. Eliminar la necesidad de tablas de clasificación para cada tipo de interesado, propósitos y subtipos, las cuales incorporan cada vez más información en el código de cada elemento a medida que se avanza en el desarrollo de ciclo de vida del activo.

Los SC basados en ISO 81346 tienen una estructura compuesta por un grupo más pequeño de *Sistemas Funcionales*, *Sistemas Técnicos* y *Componentes*, en donde se agregan notaciones adicionales a la notación inicial / raíz a medida que el elemento se define durante su desarrollo.

Los ítems que componen un SC basado en ISO 81346 son muy similares a los *Elementos*, *Resultados de Trabajo*, y *Productos* de los SC basados en ISO 12006-2; aunque se diferencian por la asignación de propiedades, es decir, existe un único tipo de elemento, por ejemplo, *Puerta*, que

se hace diferente de las demás *Puertas* por medio de sus propiedades y no por una clasificación adicional de subtipos. Los 4 grupos de propiedades o *Aspectos* en ISO 81346 son:

- El aspecto de ubicación, destaca la correspondencia de localización entre los componentes ya sea espacialmente o en relación con otros componentes de un sistema. Por ejemplo: localización geográfica, dirección, lugar, etc.
- El aspecto de función, destaca la correspondencia funcional entre componentes, independientemente de los productos, o de las soluciones físicas o de su ubicación. Por ejemplo: parqueaderos, apartamentos, sala de ventas, etc.
- El aspecto de tipo, destaca la pertenencia de un grupo de objetos a una clase de objetos que comparten un conjunto común de propiedades, no instancias específicas de objetos. Por ejemplo: puertas, sistemas eléctricos, red de agua potable, etc.
- El aspecto del producto, destaca la correspondencia constructiva o de ensamblaje entre los componentes (o productos tangibles), independientemente de dónde se encuentren y de qué función cumplan. Por ejemplo: viga, columna, ventana, etc.

En ocasiones, es necesario cambiar completamente la notación de los elementos de un activo que se está gestionando con un SC que no está basado en ISO 81346, debido a que requiere diferentes clasificaciones para cubrir los objetivos y expectativas de cada interesado (Natspec, 2022).

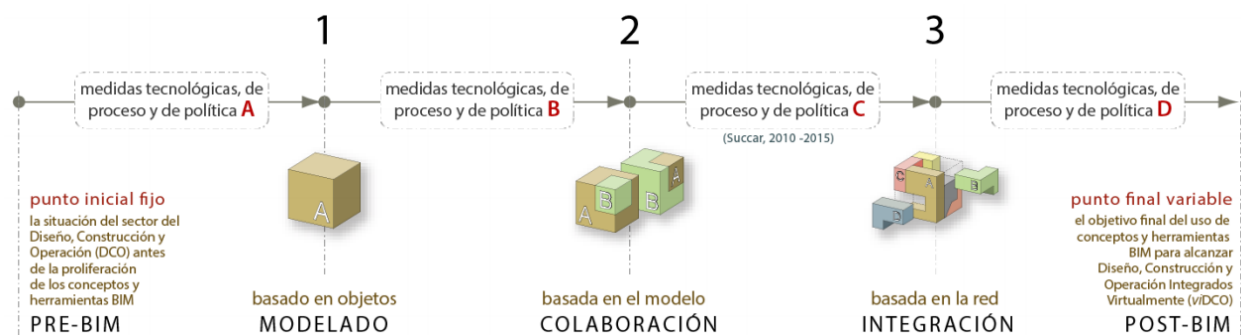
4.6.4 Matriz de madurez BIM

La presente investigación toma la definición de *Matriz de Madurez BIM* de la organización BIMe Initiative, que la describe como, una herramienta de conocimiento para identificar la

madurez de implementación BIM en las organizaciones o equipos de proyecto (BIME Initiative, 2016).

Esta matriz tiene dos ejes: 1. El conjunto de capacidades BIM, y 2. El Índice de Madurez BIM. Las Capacidades BIM hacen referencia a las mínimas habilidades o competencias de una organización o equipo para entregar resultados medibles. Se evalúa a través de las Etapas BIM separadas por Pasos BIM. La siguiente gráfica ilustra estos pasos y etapas.

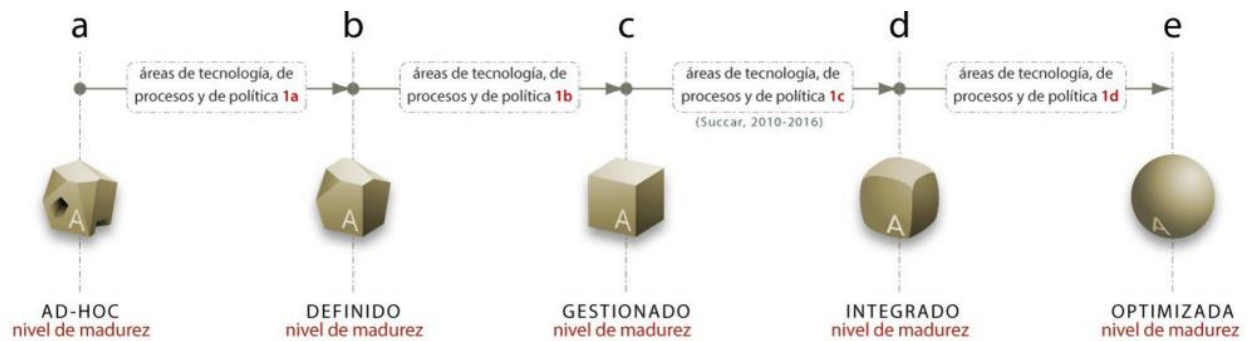
Figura 5. Etapas y pasos para medir las Capacidades BIM.



Fuente: Matriz de Madurez BIM versión 1.22 (BIME Initiative, 2016)

La Madurez BIM hace referencia a la mejora gradual y continua de la calidad, repetibilidad y predictibilidad en el núcleo de una Capacidad BIM disponible. La Madurez BIM se evalúa mediante el Índice de Madurez BIM, que tiene cinco niveles. La siguiente gráfica ilustra estos niveles.

Figura 6. Niveles de Madurez BIM.



Fuente: Matriz de Madurez BIM v 1.22 (BIME Initiative, 2016)

Esta matriz evalúa la política, los procesos y la tecnología a niveles organizacional, de equipos e individual, con un nivel de granularidad uno (1). Este constituye el nivel de detalle dentro de un modelo conceptual, matriz, herramienta o documento. Hay cinco niveles de granularidad (GLevels) que progresan de menor a mayor: [0] No definido o baja granularidad, [1] Granularidad media-baja, [2] Granularidad media, [3] Granularidad media-alta, y [4] Granularidad alta (BIME Initiative, 2016). La siguiente tabla describe los parámetros que se evalúan en esta matriz.

Tabla 1. Matriz de Madurez BIM.

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|---|--|---|---|---|---------------|
| 1. SERIE DE CAPACIDADES BIM | | | | | |
| 1.1 TECNOLOGÍA | | | | | |
| 1.1.1 Software: Aplicaciones, entregables y datos | | | | | |
| Uso de aplicaciones de software no monitorizado ni regulado. Los Modelos 3D se usan como base para generar principalmente representaciones 2D o entregables precisos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos no se define dentro de la organización o equipos de proyectos. Los intercambios sufren de una falta de interoperabilidad. | El uso / introducción de software se unifica dentro de la organización o equipos de proyecto. Los modelos 3D se utilizan para generar entregables 2D y 3D. El uso, almacenamiento e intercambio de datos están bien definidos dentro de la organización y equipos de proyecto. Los intercambios de datos interoperables están definidos y priorizados. | La selección de software y su uso se controla y gestiona de acuerdo con los entregables definidos. Los modelos son la base para las vistas 3D, representaciones 2D, cuantificación, especificación y estudios analíticos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos son monitoreados y controlados. El flujo de datos está documentado y bien gestionado. Los intercambios de datos interoperables son obligatorios y se controlan con rigor. | La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos, no sólo necesidades operacionales. Los entregables del modelado están bien sincronizados a través de proyectos e integrados con los procesos del negocio. El uso, almacenamiento e intercambio de datos interoperables están regulados y se llevan a cabo como parte de una estrategia transversal de la organización o equipo de proyecto. | La selección y uso de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y se alinea con los objetivos estratégicos. Los entregables del modelado se revisan y optimizan cíclicamente para beneficiarse de las nuevas funcionalidades y extensiones disponibles de software. Todos los asuntos relacionados con el almacenamiento, uso e intercambio de datos interoperables están documentados, controlados, reflexionados y mejorados de forma proactiva. | |
| 1.1.2 Hardware: Equipos, entregables y localización / movilidad | | | | | |
| Los equipos BIM son inadecuados Las especificaciones son bajas o inconsistentes en la organización. La sustitución o mejora de equipos se considera un coste y sólo se realiza cuando es inevitable. | Se definen, presupuestan y estandarizan en la organización las especificaciones de los equipos adecuados para la realización de productos y servicios BIM. Las sustituciones y actualizaciones de hardware son partidas de costes bien definidas. | Se dispone de una estrategia para documentar, gestionar y mantener los equipos BIM. La inversión en hardware está orientada en mejorar la movilidad del personal y ampliar la productividad BIM. | El despliegue de equipos se trata como facilitadores BIM. La inversión en equipos se integra con los planes financieros, estrategias de negocio y los objetivos de desempeño. | Los equipos existentes y las soluciones innovadoras se prueban, actualizan y despliegan continuamente. El hardware BIM es parte de la ventaja competitiva de la organización y de los equipos de proyecto. | |
| 1.1.3 Red: Soluciones, entregables y control de seguridad / acceso | | | | | |
| Las soluciones de red no existen o son ad-hoc. La organización, equipos de proyecto y profesionales utilizan cualquier herramienta para comunicarse o compartir datos. Los interesados carecen de la infraestructura de red necesaria para recopilar, almacenar y compartir conocimientos. | Se identifican soluciones de red para compartir información y controlar su acceso interna y externamente a la organización. A nivel de proyecto, los agentes identifican sus requerimientos para compartir datos. La organización y los equipos de proyecto están conectados a través de conexiones de baja velocidad. | Las soluciones de red para recopilar, almacenar y compartir el conocimiento interna y externamente se gestionan adecuadamente a través de plataformas comunes (como intranets o extranet). Se despliegan herramientas de gestión de contenidos y activos para regular los datos estructurados y no estructurados compartidos a través de conexiones de alta velocidad. | Las soluciones de red permiten la integración de múltiples facetas del proceso BIM a través del intercambio en tiempo real y continuo de datos, información y conocimientos. Las soluciones incluyen redes y portales específicos del proyecto que permiten el intercambio de datos intensivos, interoperable entre los interesados. | Las soluciones de red se evalúan continuamente y se sustituyen por las últimas innovaciones probadas. Las redes facilitan adquirir, almacenar y compartir conocimientos entre todos los interesados. La optimización de datos integrados, los procesos y los canales de comunicación es implacable. | |

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|--|--|---|---|---|---------------|
| 1.2 PROCESOS | | | | | |
| 1.2.1 Recursos: Infraestructura física y de conocimiento | | | | | |
| El entorno de trabajo no se reconoce como un factor de la satisfacción del personal o puede no ser propicio para la productividad. El conocimiento no es reconocido como un activo. El conocimiento BIM suele compartirse de manera informal entre el personal (a través de consejos, técnicas y lecciones aprendidas) | En el lugar de trabajo se identifican las herramientas y el entorno de trabajo como factores que influyen en la motivación y la productividad. El conocimiento es reconocido como un activo. El conocimiento compartido es recopilado, documentado y transferido de tácito a explícito. | El entorno de trabajo es controlado, modificado y sus criterios gestionados para aumentar la motivación del personal, la satisfacción y la productividad. El conocimiento documentado se almacena adecuadamente. | Los factores ambientales se integran en las estrategias de desempeño. El conocimiento se integra en los sistemas de la organización. El conocimiento almacenado es accesible y fácilmente recuperable. | Los factores físicos del lugar de trabajo se revisan constantemente para asegurar la satisfacción del personal y un entorno propicio para la productividad. Las estructuras de conocimiento responsables de la adquisición, representación y difusión se revisan y modifican sistemáticamente. | |
| 1.2.2 Actividades y Flujos de Trabajo: Conocimiento, habilidades, experiencia, roles y dinámicas relevantes | | | | | |
| No hay procesos definidos. Los roles son ambiguos y las estructuras de equipo o dinámicas son inconsistentes. El rendimiento es impredecible y la productividad depende de individualidades. Existe una mentalidad de trabajo en torno al sistema. | Los roles BIM se definen informalmente y los equipos se forman en consecuencia. Cada proyecto BIM se planifica de forma independiente. Se identifican y se objetivan las competencias BIM. El heroísmo BIM se desvanece a medida que aumenta la competencia. La productividad sigue siendo impredecible. | La cooperación en las organizaciones aumenta a medida que se ponen a disposición las herramientas para la comunicación entre proyectos. Hay flujo de información constante. Los roles BIM son visibles y los objetivos se consiguen de forma más consistente. | Los roles BIM y los objetivos de competencia se arraigan en la organización. Los equipos tradicionales son sustituidos por otros orientados a BIM a medida que los nuevos procesos se convierten en parte de la cultura de la organización y de los equipos del proyecto. La productividad es consistente y predecible. | Los objetivos de competencia BIM mejoran de manera continua para que coincidan con los avances tecnológicos y se alineen con los objetivos organizacionales. Las prácticas de recursos humanos se revisan de forma proactiva para asegurar que el capital intelectual coincida con las necesidades del proceso. | |
| 1.2.3 Productos y Servicios: Especificación, diferenciación e I+D | | | | | |
| Los entregables de modelos 3D (producto BIM) tienen niveles de detalle muy altos o bajos o son inconsistentes. | Se dispone una declaración que defina la estructuración de los objetos del modelo 3D. | Se adoptan especificaciones de productos y servicios similares a las Especificaciones de Progreso del Modelo, 'niveles de información' BIPS o similares. | Los productos y servicios se especifican y diferencian en función de las Especificaciones de Progreso del Modelo o similar. | Los productos y servicios BIM son evaluados constantemente. Los ciclos de realimentación promueven la mejora continua. | |
| 1.2.4 Liderazgo y Gestión: Cualidades de organización, estrategias de gestión y comunicación, innovación y renovación | | | | | |
| Los directivos y líderes tienen varias visiones sobre BIM. La implementación BIM se lleva a cabo sin una estrategia. BIM se trata como una corriente tecnológica. La innovación no se reconoce como un valor independiente y no se reconocen las oportunidades de negocio que surgen de BIM. | Los directivos y líderes adoptan una visión común sobre BIM. La estrategia de implementación BIM carece de datos procesables. BIM se trata como un proceso de cambio o una corriente tecnológica. Se reconocen las innovaciones de producto y procesos. Se identifican las oportunidades de negocio derivadas de BIM, pero no se explotan. | Se comunica la visión de implementar BIM y es entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación BIM va de la mano con planes de acción detallados y un régimen de vigilancia. BIM es reconocido como una serie de tecnología, procesos y cambios en las políticas que deben ser gestionados sin poner trabas a la innovación. Se reconocen las oportunidades de negocio derivadas de | La visión es compartida por el personal de toda la organización y por los socios del proyecto. La implementación BIM, sus requisitos y la innovación de procesos y productos están integrados en los canales organizativos, estratégicos, de gestión y de comunicación. Las oportunidades de negocio derivadas de BIM son parte de la ventaja competitiva de la organización y de los equipos de proyecto, y se utilizan para atraer y mantener a los clientes. | Los interesados han internalizado la visión BIM y se logra activamente. La estrategia de implementación BIM y sus efectos en los modelos de organización se revisa de forma continua y se alinea con otras estrategias. Si son necesarias modificaciones, se implementan de forma proactiva. El producto innovador, las soluciones de procesos y las oportunidades de negocio son buscados de forma activa. | |

BIM y se utilizan en las acciones de marketing.

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|------|------------|-------------|---------------|--------------|---------------|
|------|------------|-------------|---------------|--------------|---------------|

1.3 POLÍTICA

1.3.1 Preparatorio: Investigación, programas de educación / formación y entregables

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Muy poca o ninguna formación a disposición del personal BIM. Los medios educativos y formativos no son adecuadas para alcanzar los resultados buscados. | Se definen los requisitos de formación y se proporcionan sólo cuando es necesario. Los medios de formación son diversos, permitiendo flexibilidad en la distribución de contenidos. | Los requisitos de formación se gestionan para cumplir con las competencias preestablecidas y los objetivos de desempeño. Los medios de formación se adaptan a los alumnos y con el fin de alcanzar los objetivos de aprendizaje de manera rentable. | La formación se integra en las estrategias de la organización y de los objetivos de desempeño. La formación se basa típicamente en las funciones del personal y los objetivos de competencia. Los medios de formación se incorporan en los canales de conocimiento y comunicación. | La formación se evalúa y mejora continuamente. La disponibilidad de formación y los métodos de entrega se diseñan para permitir el aprendizaje continuo multimodal. |
|---|---|---|--|---|

1.3.2 Regulador: Códigos, regulaciones, estándares, clasificaciones, directivas y referencias

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| No hay directrices BIM, ni protocolos de documentación o estándares de modelado. No hay estándares de documentación y modelado. Los planes de control de calidad son informales o no existen. Tampoco para los modelos 3D o para la documentación. No hay referencias para procesos, productos o servicios. | Existen unas directrices BIM disponibles (como el manual de formación y estándares de ejecución BIM). Los estándares de modelado y documentación están bien definidos, y basados en estándares aceptados del mercado. Se fijan los objetivos de calidad y las referencias de desempeño. | Hay unas directrices BIM detalladas disponibles (formación, estándares, flujos, excepciones, entre otros). El modelado, la representación, la cuantificación, las especificaciones y las propiedades analíticas de los modelos 3D se gestionan mediante estándares de modelado detallado y planes de calidad. Se monitoriza y controla estrechamente el desempeño frente a referencias del mercado. | Las directrices BIM están integradas en las políticas globales y las estrategias de negocio. Los estándares BIM y las referencias de desempeño se incorporan en los sistemas de gestión de calidad y de mejora de ejecución. | Las directrices BIM se redefinen continua y proactivamente para reflejar las lecciones aprendidas y las mejores prácticas de la industria. La mejora de calidad, el cumplimiento de normativa y las regulaciones se alinean continuamente. Las referencias se revisan de forma reiterada para asegurar la calidad en procesos, productos y servicios. |
|---|---|---|--|---|

1.3.3 Contractual: Responsabilidades, asignación de riesgos y beneficios

| | | | | |
|---|---|--|--|--|
| Hay dependencia con los acuerdos contractuales previos a BIM. No se reconocen o ignoran los riesgos relacionados con la colaboración basada en el modelo. | Se reconocen los requisitos BIM. Ya está disponible la declaración que define la responsabilidad de cada interesado en relación con la gestión de la información. | Existe un mecanismo para la gestión compartida de la propiedad intelectual BIM, la confidencialidad, la responsabilidad y un sistema para la resolución de conflictos BIM. | Las organizaciones están alineadas a través de la confianza y la dependencia mutua más allá de las barreras contractuales. | Las responsabilidades, riesgos y beneficios se analizan de forma continua y se readaptan al esfuerzo. Se modifican los modelos contractuales para lograr mejores prácticas y mayor valor para todos los interesados. |
|---|---|--|--|--|

2. ESCALA ORGANIZACIONAL

2.1 ETAPA 1: MODELADO BASADO EN OBJETOS: Uso en una sola disciplina en una fase del ciclo de vida

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| Se cuenta con la implementación de una herramienta basada en objetos. No se identifican cambios de proceso o en las políticas para acompañar esta implementación. | Se han terminado los proyectos piloto. Se identifican los requisitos del proceso y de la política BIM. Se prepara la estrategia de implementación y los planes de detalle. | Se instigan, estandarizan y controlan los procesos y la política BIM. | Las tecnologías, procesos y política BIM están integradas en las estrategias de la organización y alineadas con los objetivos de negocio. | Las tecnologías, procesos y política BIM se revisan continuamente para beneficiarse de la innovación y aumentar los objetivos de desempeño. |
|---|--|---|---|---|

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|--|--|---|---|--|--|
| 2.2 ETAPA 2: COLABORACIÓN BASADA EN MODELOS: Intercambio concurrente interdisciplinario de nD a lo largo de las fases del ciclo de vida del proyecto | Colaboración Ad-hoc BIM. Las capacidades internas de colaboración son incompatibles con los socios del proyecto. Puede faltar confianza y respeto entre los participantes en el proyecto. | Colaboración BIM uno a uno, bien definida, aunque aún reactiva. Hay señales identificables de la confianza mutua y el respeto entre los participantes del proyecto. | Colaboración proactiva entre las múltiples partes. Los protocolos están bien documentados y gestionados. Existe confianza mutua, respeto, y riesgos y beneficios compartidos entre los participantes del proyecto. | Colaboración entre las múltiples partes que incluye a los actores "aguas abajo". Hay participación de los actores clave durante las fases iniciales del ciclo de vida del proyecto. | Equipo integrado por todos los actores clave en un entorno de buena voluntad, confianza y respeto. |
| 2.3 ETAPA 3: INTEGRACIÓN BASADA EN LA RED: Intercambio concurrente interdisciplinario de modelos de nD a lo largo de las fases del ciclo de vida del proyecto | Los modelos integrados son generados por una serie limitada de participantes en el proyecto - posiblemente bajo barreras corporativas. La integración se produce con guías de procesos, normas o protocolos de intercambio no predefinidas adecuadamente. No hay una propuesta formal de las funciones y responsabilidades de los participantes. | Los modelos integrados son generados por un gran subconjunto de participantes en el proyecto. La integración sigue guías de proceso, normas y protocolos de intercambio predefinidas. Se distribuyen las responsabilidades y los riesgos se mitigan a través de medios contractuales. | Los modelos integrados o sus partes son generados y gestionados por la mayoría de los participantes en el proyecto. Las responsabilidades dentro de alianzas temporales o asociaciones son claras. Los riesgos y beneficios se gestionan y distribuyen de forma activa. | Los modelos integrados son generados y gestionados por todos los participantes del proyecto. La integración basada en la red es la norma y el foco no está en la forma de integrar modelos o flujos de trabajo, sino en la detección y resolución proactiva de los desajustes de tecnología, procesos y políticas. | Se revisa y optimiza continuamente la integración de modelos y flujos de trabajo. Un equipo de proyecto interdisciplinario es coordinado y busca de forma activa nuevas eficiencias, entregables y alineaciones. Los modelos integrados son resultado del aporte de los interesados en la cadena de suministro de la construcción. |
| 2.4 MICRO: ORGANIZACIONES: Dinámicas y entregables BIM | No existe un liderazgo BIM. La implementación depende de los líderes tecnológicos. | Se formaliza el liderazgo BIM. Los diferentes roles en el proceso de implementación están definidos. | Los roles BIM predefinidos se inter complementan en la gestión del proceso de implementación. | Los roles BIM están integrados en las estructuras de liderazgo de la organización. | El liderazgo BIM cambia continuamente para permitir nuevas tecnologías, procesos y entregables. |
| 2.5 MESO: EQUIPOS DE PROYECTO (múltiples organizaciones): Dinámicas y entregables BIM interorganizacional | Cada proyecto se ejecuta de forma independiente. No existen acuerdos entre los interesados para colaborar más allá del proyecto común. | Los interesados planean más allá de un solo proyecto. Se definen y documentan los protocolos de colaboración entre los interesados del proyecto. | La colaboración entre múltiples organizaciones en varios proyectos se gestiona a través de alianzas temporales entre los interesados. | Los proyectos de colaboración se realizan por organizaciones o equipos de proyectos multidisciplinares. Hay una alianza entre múltiples interesados. | Los proyectos de colaboración se realizan por equipos de proyectos interdisciplinares auto optimizados, que incluyen a la mayoría de los interesados. |
| 2.6 MACRO: MERCADOS: Dinámicas y entregables BIM (requiere asesoría de expertos) | Hay muy pocos componentes BIM generados por proveedores (productos y materiales virtuales que representan a los físicos). La mayoría de los componentes los preparan los desarrolladores de software y los usuarios finales. | Los componentes BIM generados por proveedores son cada vez más asequibles a medida que los fabricantes o proveedores identifican los beneficios del negocio. | Los componentes BIM están disponibles a través de repositorios centrales de fácil acceso y búsqueda. Los componentes no están conectados de forma interactiva a las bases de datos de los proveedores. | El acceso a los repositorios de componentes está integrado en el software BIM. Los componentes están vinculados a bases de datos de forma interactiva (por precio, disponibilidad, etc.). | La generación e intercambio de componentes BIM es dinámica por múltiples vías (productos y materiales virtuales) entre todos los interesados en el proyecto a través de repositorios centrales o en red. |

Fuente: Matriz de Madurez BIM versión 1.22 (BIMe Initiative, 2016)

El modelo de la matriz de madurez BIM se utilizó como base para estructurar una sección de las preguntas de la encuesta nacional a expertos, realizada como parte de la metodología de desarrollo de esta investigación.

5. Marco Legal

Producto de la revisión de literatura fue posible identificar la política pública, los estándares y las metodologías que tienen una relación con la investigación objeto de este trabajo. A continuación, se describen los más importantes.

5.1 Política pública

En el contexto de la política pública se han identificado las siguientes normas y leyes nacionales más relevantes que aplican a SC.

- Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, Pacto Transversal No. 7: Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas y hogares conectados con la era del conocimiento (DNP, 2019)
- CONPES 3920 - Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS en Colombia (CONPES, 2018)
- CONPES 3975 - Política de transformación digital e inteligencia artificial (CONPES, 2019)
- Modelo de Madurez para la Transformación Digital (Mintic, 2019)
- Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 (DNP, 2020)

5.2 Estrategia

En el contexto de la estrategia y para el caso de estudio colombiano se destacan dieciocho (18) estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y BuildingSMART, que enmarcan la implementación BIM y los sistemas de clasificación. De estos, varios han sido nacionalizados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) y se encuentran disponibles como Normas Técnicas Colombianas (NTC). La siguiente tabla presenta este listado.

Tabla 2. Principales Estándares de ISO y BuildingSMART relacionados con BIM y con SC.

| Ítem | Estándar | Cita |
|------|---|--------------|
| 1 | ISO EIC 81346-1: Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 1: Reglas básicas. | (ISO, 2022c) |
| 2 | ISO 19650:3: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 3: Fase operativa de los activos. | (ISO, 2020a) |
| 3 | ISO 23386: Modelado de información de construcción (BIM) y otros procesos digitales utilizados en la construcción. Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios de datos interconectados. | (ISO, 2020b) |
| 4 | ISO 23387: Modelado de información de construcción (BIM): plantillas de datos para objetos de construcción utilizados en el ciclo de vida de los activos construidos: conceptos y principios. | (ISO, 2020c) |
| 5 | ISO EIC 81346-2: Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para clases. | (ISO, 2019) |
| 6 | ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) para el intercambio de datos en los sectores de la construcción y la gestión de instalaciones. Parte 1: Esquema de datos. | (ISO, 2018a) |
| 7 | ISO 19650-1: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 1: Conceptos y principios. | (ISO, 2018b) |
| 8 | ISO 19650-2: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 2: Fase de entrega de los activos. | (ISO, 2018c) |
| 9 | ISO 81346-12: Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 12: Obras de construcción y servicios de edificación. | (ISO, 2018d) |
| 10 | ISO 29481-1: Modelos de información de construcción - Manual de entrega de información - Parte 1: Metodología y formato. | (ISO, 2016) |
| 11 | ISO 9000: Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario. | (ISO, 2015a) |

| Ítem | Estándar | Cita |
|------|--|--------------|
| 12 | ISO 12006:2: Construcción de edificios. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 2: Marco para la clasificación. | (ISO, 2015b) |
| 13 | ISO 15686-4: Construcción de edificios - Planificación de la vida útil - Parte 4: Planificación de la vida útil mediante el modelado de información de construcción (BIM). | (ISO, 2014a) |
| 14 | ISO 55000: Gestión de activos: Descripción general, principios y terminología. | (ISO, 2014b) |
| 15 | ISO 22274: Sistemas de gestión de terminología, conocimiento y contenido - Aspectos conceptuales para el desarrollo e internacionalización de sistemas de clasificación. | (ISO, 2013) |
| 16 | ISO 29481-2: Modelos de información de construcción - Manual de entrega de información - Parte 2: Marco de interacción. | (ISO, 2012) |
| 17 | ISO 15686-1: Edificios y activos construidos. Planificación de la vida útil. Parte 1: Principios generales y marco. | (ISO, 2011) |
| 18 | ISO 12006:3: Construcción de edificios. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 3: Marco para información orientada a objetos. | (ISO, 2007) |

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de literatura.

Como producto de la revisión de literatura se han identificado un total de 109 estándares nacionales e internacionales que aplican a la industria de la construcción y a los SC. Este listado puede consultarse en los resultados de la investigación, en la sección de la revisión de literatura.

5.3 Táctica

En el contexto de la táctica, la metodología BIM es el instrumento más relevante relacionado con la industria de la construcción y los SC. Esta se encuentra apoyada a nivel nacional por los siguientes documentos:

- Hoja de Ruta para la Implementación BIM (CAMACOL, 2018b)
- Guía de Aplicación BIM - Versión 1 (Grupo BIM Colombia, 2020a)
- Guía de Estándares, Métodos y Procedimientos BIM – Versión 1 (Grupo BIM Colombia, 2020b)

6. Marco Metodológico

6.1 Enfoque de investigación constructiva

La metodología que se siguió para el desarrollo de la presente investigación se conoce como Enfoque de Investigación Constructiva (EIC) o *Constructive Research Approach*. El EIC es una metodología de investigación que se enfoca en construir soluciones a problemas del mundo real a partir de la integración entre la teoría y la práctica o experiencia, haciendo un aporte al campo disciplinar. Todos los artefactos humanos, tales como modelos, diagramas, planos, estructuras organizativas, productos comerciales y sistemas de información, son construcciones. Se caracterizan porque se inventan y desarrollan, no se descubren (Lukka, 2003). Su objetivo es identificar y resolver problemas prácticos reales. De acuerdo con Oyegoke (2011), el EIC es potencialmente útil para el desarrollo de soluciones en la industria de la construcción debido a su habilidad para conducir a mejores prácticas de gestión, procesos más efectivos y al incremento de la productividad.

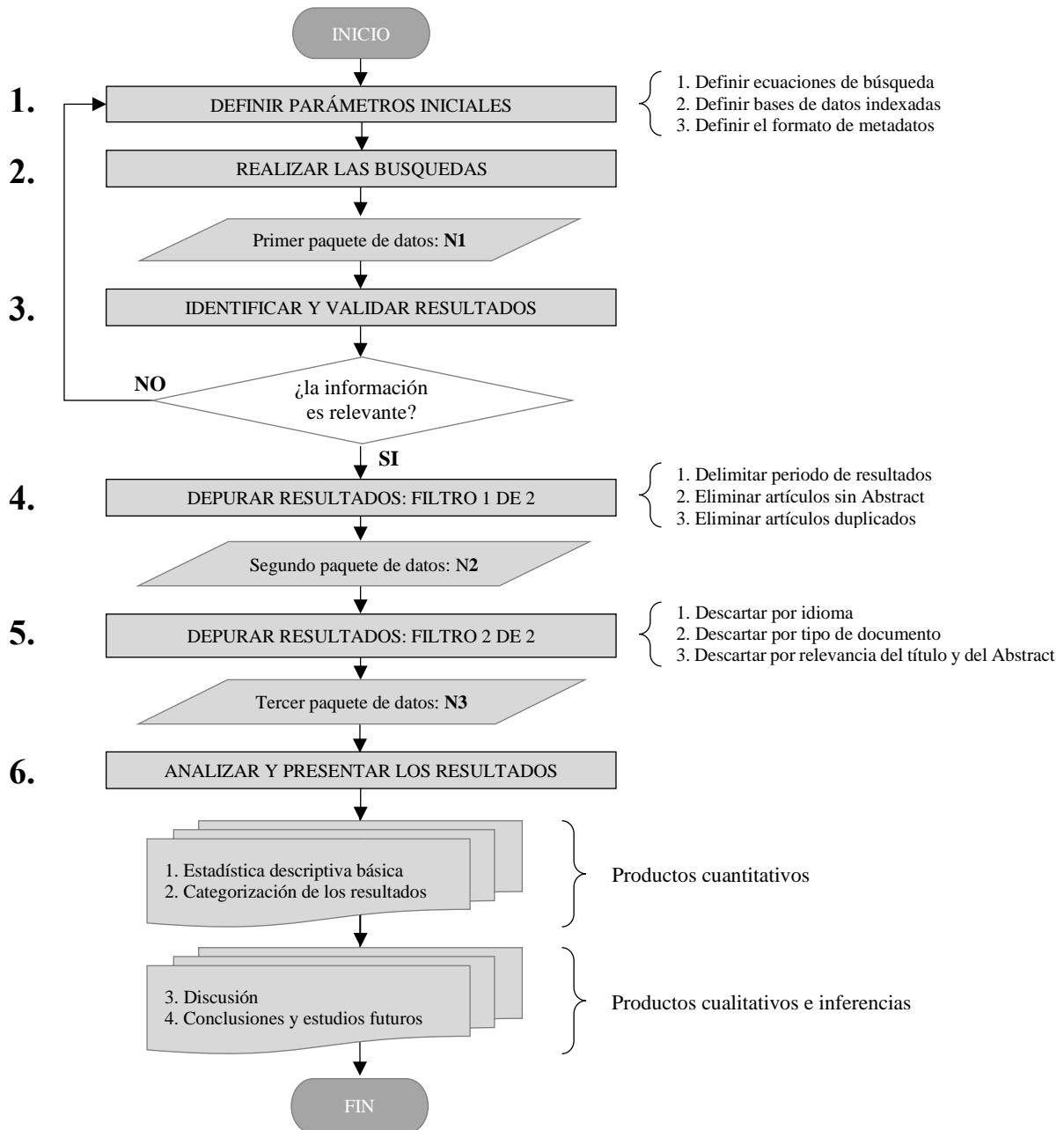
El artefacto que se adecua a la presente investigación es el *constructo*, entendido como la conceptualización para describir problemas y sus soluciones específicas (March y Smith, 1995). Se realizó el diseño de un constructo o construcción de una solución novedosa al problema explícito planteado, el cual se busca que apoye a la estandarización propuesta anteriormente, a través de un sistema de clasificación que apoye la gestión del alcance y de las adquisiciones en proyectos de construcción de vivienda a nivel nacional.

6.2 Revisión de literatura

El objetivo específico 1 de 4 de la presente investigación consistió en identificar los SC existentes en el mundo, según su origen, autor, año de lanzamiento, actualizaciones, uso,

categorización – estructura – y fortalezas. Para ello se recurrió a la revisión de la literatura mediante una metodología adaptada al modelo de Creswell (2009), elaborada por el Grupo de Investigación en Gestión y Modelado de la Construcción de la Universidad Industrial de Santander. La siguiente figura ilustra dicha metodología.

Figura 7. *Flujograma de la metodología utilizada para la revisión de literatura.*



Fuente: Elaboración propia, basado en Creswell, 2009

Con el fin de consolidar la información requerida, la revisión de literatura se realizó siguiendo dos enfoques y los criterios presentados en la siguiente tabla.

Tabla 3. Criterios utilizados para la revisión de literatura.

| Criterio | Revisión No.1 de 2 | Revisión No. 2 de 2 |
|-----------------------------------|--|--|
| Fecha de revisión (aaaa/mm/dd) | Periodo comprendido entre el 2020/03/15 y el 2022/02/28 | 2022/02/11 |
| Enfoques de revisión | <ul style="list-style-type: none"> • Relación entre los SC y la gestión del alcance • Relación entre los SC y la gestión de las adquisiciones • Temáticas de investigación en SC • Tipos de SC • Principales SC y estándares de la construcción | <ul style="list-style-type: none"> • Relación entre los SC y BIM • Tendencias de investigación en SC • Principales SC y estándares de la construcción |
| Ecuaciones de búsqueda | <p>"classification system" AND ("construction" OR "building") AND "procurement"</p> <p>"classification system" AND ("construction" OR "building") AND "scope management"</p> <p>"classification system" AND ("construction" OR "building") AND "standardization"</p> <p>"classification system" AND "procurement management" AND "standardization"</p> <p>"classification system" AND "scope management" AND "standardization"</p> <p>"classification system" AND ("work breakdown structure" OR "WBS")</p> <p>"gestion del alcance" AND "contratos"</p> <p>"gestion de las adquisiciones"</p> | <p>"classification system" AND ("BIM" OR "BUILDING INFORMATION MODELING") AND "CONSTRUCTION" AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cr")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))</p> |
| Bases de datos | <ul style="list-style-type: none"> • Scopus • American Society of Civil Engineers (ASCE) • Google Scholar • Publindex • Repositorio de la Universidad Industrial de Santander • Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia • Repositorio de la Universidad de los Andes • Sitios web de los sistemas de clasificación | <ul style="list-style-type: none"> • Scopus |

| criterio | Revisión No.1 de 2 | Revisión No. 2 de 2 |
|---------------------------------------|---|--|
| Periodo de búsqueda | 1922 a 2022 (100 años) | 2000 a 2022 (22 años) |
| Idiomas | Inglés, español, francés, alemán, italiano, danés, sueco, coreano, mandarín y otras lenguas asiáticas | Inglés |
| Tipos de documentos seleccionados | <ul style="list-style-type: none"> - Artículos científicos - Capítulos de libros - Estándares - Libros - Patentes - Reportes de organizaciones - Sistemas de clasificación - Tesis doctorales y de maestría | <ul style="list-style-type: none"> - Artículos científicos - Conference Paper - Conference Review - Revisiones (Reviews) |
| Análisis de datos | Manual | RStudio 2021.09.2 Build 382 (Bibliometrix) y manual |
| Total de resultados relevantes | 302 | 241 |

Fuente: Elaboración propia, basado en Creswell, 2009

Al realizar la depuración de elementos duplicados e integración de las fuentes se obtuvo un total de 522 resultados relevantes. La presentación y la discusión de los resultados se encuentra en los siguientes capítulos de este documento.

6.3 Encuesta nacional a expertos

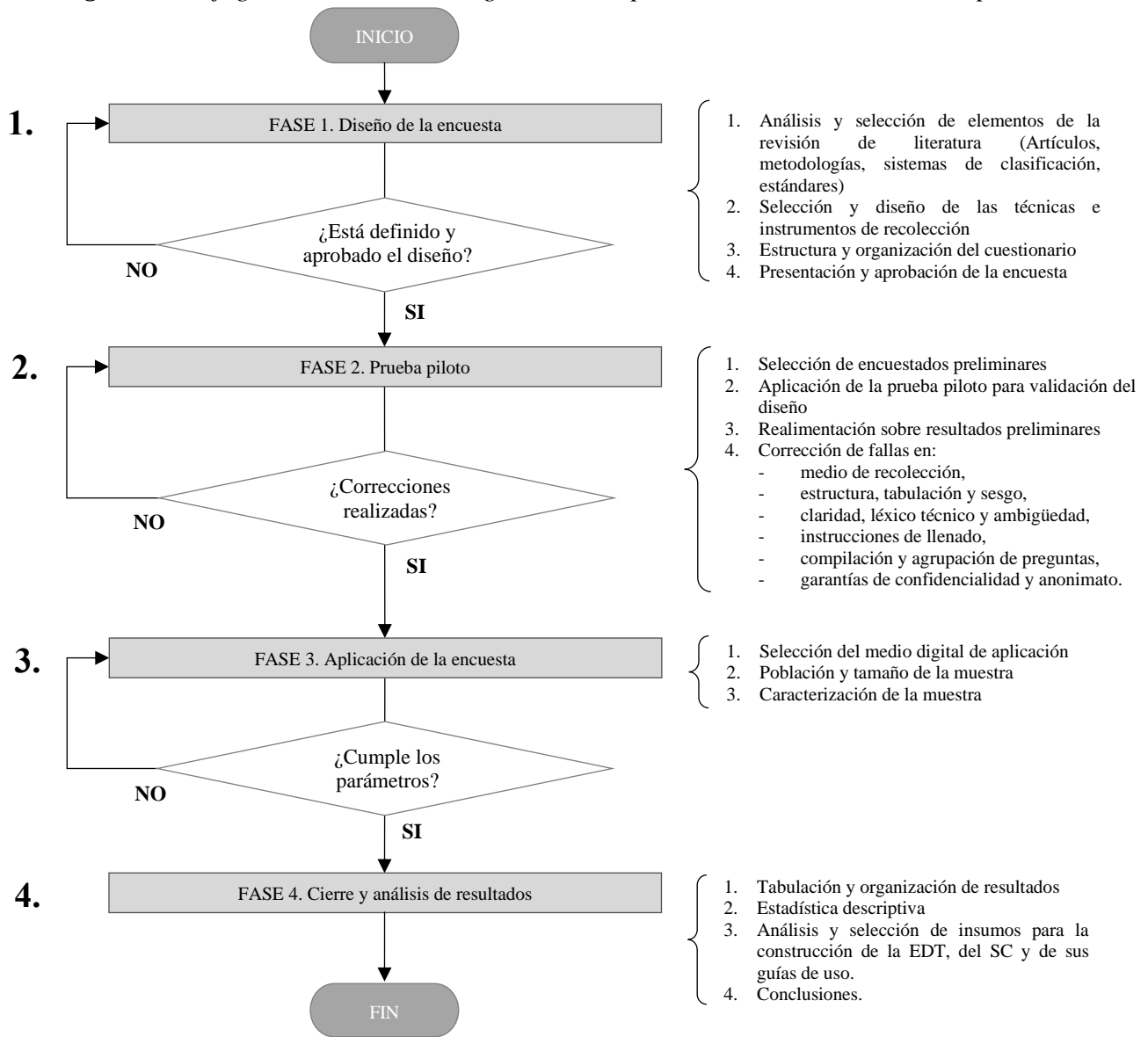
Para el diseño y realización de esta encuesta se tomó como punto de partida lo establecido en las bases de información de la revisión de literatura, tales como sistemas de clasificación, matriz de madurez BIM, y los estándares de la ISO relacionados en la tabla 2, entre otros.

De destaca que, todos los elementos utilizados para el desarrollo de la presente investigación, incluida la revisión de literatura, se articularon para desarrollar y validar el

constructo del objetivo general de este proyecto, mediante la obtención de los productos relacionados en los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4,

La estructura que se siguió para el desarrollo de la encuesta nacional corresponde a la metodología adaptada del modelo de Ardila y Mejía (2021), que se ilustra en la siguiente figura.

Figura 8. Flujograma de la metodología utilizada para la encuesta nacional a expertos.



Fuente: Elaboración propia, basado en Ardila y Mejía, 2021

La siguiente tabla presenta los criterios utilizados en el desarrollo de la encuesta nacional a expertos.

Tabla 4. *Criterios utilizados para la encuesta nacional a expertos.*

| Criterio | Valores |
|--|---|
| Técnica: | Encuesta |
| Instrumento de recolección: | Cuestionario digital |
| Herramienta digital: | Google formularios |
| Medio de difusión: | Correo electrónico |
| Organizaciones, instituciones y personas invitadas a participar: | - 49 sociedades de ingeniería y arquitectura a nivel nacional, - 3 universidades nacionales, - 40 profesionales destacados por su experiencia a nivel nacional, |
| Secciones de la encuesta: | Tres (3) |
| Cantidad total de preguntas: | Treinta y seis (36) |
| Tiempo estimado de respuesta: | Aprox. 20 minutos |
| Tipos de preguntas: | Selección múltiple, escala Likert, respuesta única. |
| Grupo para prueba piloto: | 18 estudiantes y 2 profesores de la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS |
| Población objetivo de la encuesta: | Personas con experiencia en la gestión de proyectos residenciales a nivel nacional |
| Tamaño de la muestra representativa requerido: | 66 respuestas |
| Porcentaje de confiabilidad: | 95% |
| Tamaño final de la muestra: | 160 respuestas |
| Periodo de la encuesta (aaaa/mm/dd): | Del 2022/04/07 al 2022/05/12 |

Fuente: Elaboración propia, basado en Ardila y Mejía, 2021

La siguiente tabla describe la estructura del cuestionario de preguntas realizadas en la encuesta.

Tabla 5. Estructura del cuestionario de preguntas de la encuesta nacional a expertos.

| Sección | Temática | Numeración de las preguntas | Cantidad de preguntas | % del total |
|--------------|--|-----------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | Instrucciones de llenado e información preliminar | ninguna | 0 | 0% |
| 2 | Estándares de gestión | 1 a 3 | 3 | 8% |
| 2 | Estructuras Desagregadas de Trabajo (EDT) | 4 a 11 | 8 | 22% |
| 2 | Sistemas de Clasificación (SC) | 12 a 14 | 3 | 8% |
| 2 | Building Information Modeling (BIM) | 15 a 20 | 6 | 17% |
| 2 | Matriz de Madurez BIM | 21 a 29 | 9 | 25% |
| 3 | Perfil profesional y de la organización del encuestado | 30 a 36 | 7 | 19% |
| Total | | | 36 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, basado en Ardila y Mejía, 2021

En los siguientes capítulos de este documento, se presentan los resultados, la discusión y las conclusiones obtenidas a partir de esta encuesta. La estructura completa del cuestionario realizado y las respuestas tabuladas se encuentran en los apéndices.

6.4 Talleres Delphi con expertos nacionales

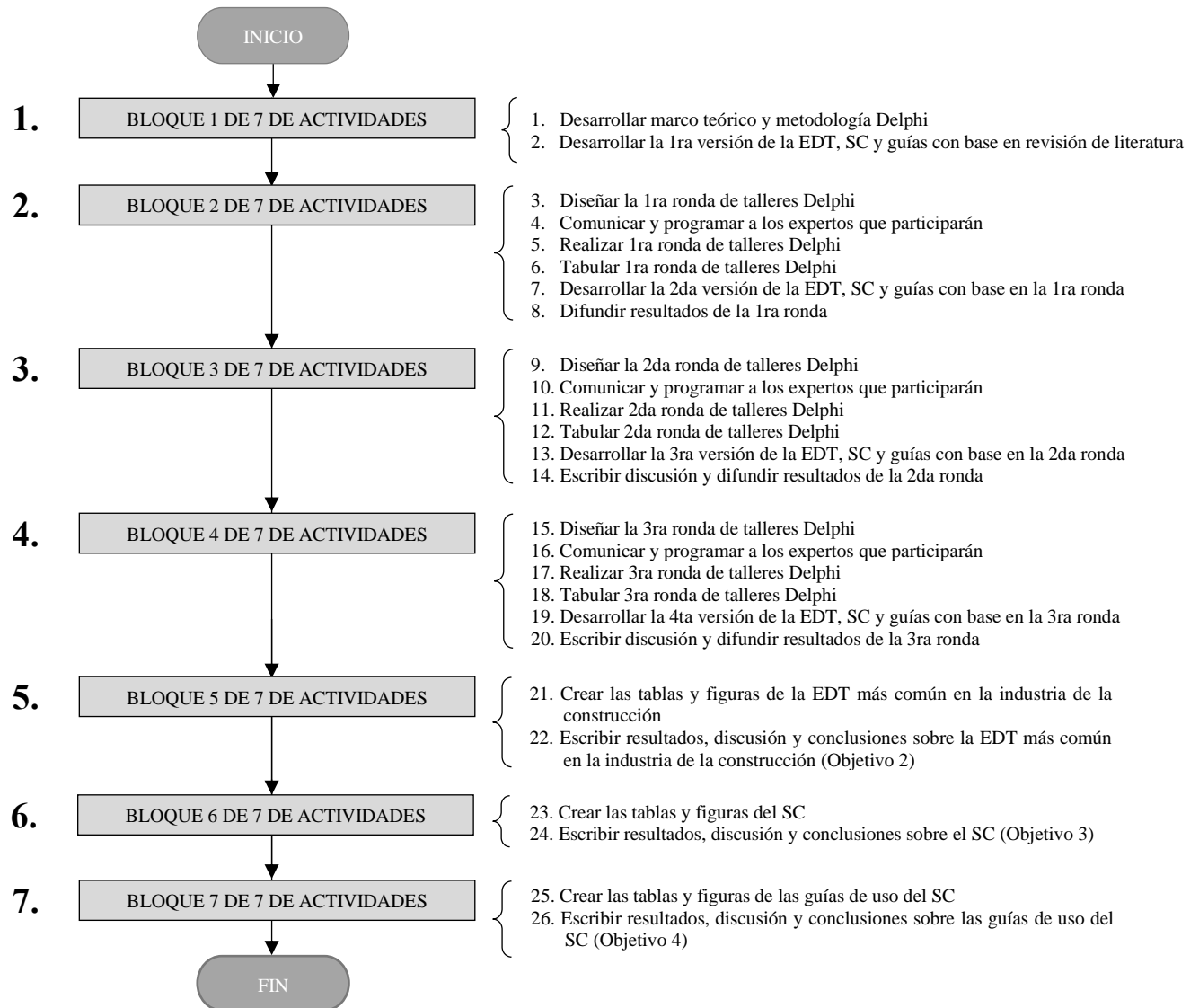
Tal como se ha expresado anteriormente, uno de los elementos utilizados para la construcción, la evaluación y la validación del producto de la presente investigación fueron los talleres Delphi con expertos nacionales de la industria de la construcción.

Para ello se utilizó el *método Delphi*, que como lo describe Ameyaw et al. (2016), es un enfoque de comunicación estructurada entre un grupo de expertos, cuyo objetivo es la construcción de consenso sobre un problema complejo, el cual se logra por medio de un proceso iterativo de rondas de realimentación de su opinión y juicio.

Delphi se promueve como un medio para lograr un consenso de expertos óptimamente confiable, que se desarrolla a través de la aplicación de talleres en donde cada participante responde de manera anónima en rondas sucesivas. Una vez analizados los resultados de la primera ronda, se dan a conocer a los expertos y se procede a realizar nuevas rondas que van creando el consenso del constructo objetivo.

Los talleres Delphi con expertos nacionales fueron utilizados para la construcción y validación de la EDT, del sistema de clasificación, y de sus guías de uso. Estos talleres consistieron en un total de veintiséis (26) actividades distribuidas en siete (7) bloques de trabajo, realizados de acuerdo con la metodología adaptada de Ameyaw et al. (2016), que se ilustra en la siguiente figura.

Figura 9. *Flujograma de la metodología utilizada para los talleres Delphi.*



Fuente: Elaboración propia, basado en Ameyaw et al., 2016

Para el diseño de los talleres Delphi se tomaron como referencia los veintidós documentos que se presentan en la siguiente tabla, ordenados por *tipo de documento* y *autor / organización* (algunos ya relacionados anteriormente):

Tabla 6. Referencias para el diseño y aplicación de las encuestas Delphi.

| Ítem | Autor / Organización | Año | Título | Tipo de documento |
|------|--|------|---|------------------------------|
| 1 | Ameyaw, E. et al. | 2016 | Application of Delphi method in construction engineering and management research: a quantitative perspective | Artículo |
| 2 | Kassem, M. Succar, B. Dawood, N. | 2013 | A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries | Artículo |
| 3 | Succar, B. Sher, W. Williams, A. | 2013 | An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition, and application | Artículo |
| 4 | BIME Initiative | 2016 | Matriz de madurez BIM v 1.22 | Artículo |
| 5 | BIME Initiative | 2009 | The five components of BIM performance measurement | Artículo |
| 6 | buildingSMART e ISO | 2021 | ISO 29481: Manual de Entrega de Información (IDM) de buildingSMART | Estándar |
| 7 | ISO | 2020 | ISO 16757: Estructura y modelo de datos para catálogos BIM de construcción | Estándar |
| 8 | ISO | 2020 | ISO 23386: BIM y otros procesos digitales en construcción - Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios de datos interconectados | Estándar |
| 9 | ISO | 2020 | ISO 23387: Plantillas de datos para objetos de construcción - Conceptos y principios | Estándar |
| 10 | ISO | 2019 | ISO 81346-2: Principios de estructuración y designaciones de referencia - Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para clases | Estándar |
| 11 | ISO | 2018 | ISO 19650: Gestión de la información en BIM | Estándar |
| 12 | ISO | 2018 | ISO 21511: Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) para la gestión de programas y proyectos | Estándar |
| 13 | ISO | 2018 | ISO 22274: Aspectos conceptuales para el desarrollo e internacionalización de sistemas de clasificación | Estándar |
| 14 | ISO | 2018 | ISO 81346-12: Principios de estructuración y designaciones de referencia - Parte 12: Obras de construcción y servicios de construcción | Estándar |
| 15 | ISO | 2014 | ISO 55000: Gestión de activos: descripción general, principios y terminología | Estándar |
| 16 | Blanco, C. | 2011 | Encuesta y estadística - Métodos de investigación cuantitativa en ciencias sociales y comunicación | Libro |
| 17 | Camacol | 2020 | Guía para la Adopción BIM en las Organizaciones | Reporte de organización |
| 18 | Grupo BIM Colombia | 2020 | Guía de Aplicación BIM | Reporte de organización |
| 19 | Grupo BIM Colombia | 2020 | Guía de Estándares, Métodos y Procedimientos BIM | Reporte de organización |
| 20 | Mintic | 2019 | Modelo de madurez para la transformación digital | Reporte de organización |
| 21 | PlanBIM | 2019 | Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile | Reporte de organización |
| 22 | Succar, B. | 2013 | BIM: Conceptual constructs and performance improvement tools | Tesis doctoral o de maestría |

Fuente: Elaboración propia

Se destacan las siguientes leyes y estándares por su especial relevancia para la formulación y estructuración de cada una de las rondas de los talleres Delphi: **1.** ISO 21511: Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) para la gestión de programas y proyectos (ISO, 2018e); **2.** ISO 22274: Aspectos conceptuales para el desarrollo e internacionalización de sistemas de clasificación (ISO, 2018e); **3.** ISO 12006: Construcción de edificios. Organización de la información sobre obras de construcción (ISO, 2015b, 2007); **4.** ISO 81346: Principios de estructuración y designaciones de referencia (ISO, 2022c, 2019, 2018d); **5.** Matriz de madurez BIM v1.22 (BIME Initiative, 2016); **6.** Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile (PlanBIM, 2019); y **7.** Las guías nacionales sobre BIM y transformación digital de DNP (2020), Camacol (2019), el Grupo BIM Colombia (2020a, 2020b), y Mintic (2019); así como las demás leyes, estándares, metodologías e investigaciones relacionadas en el presente documento.

En los siguientes capítulos, se presentan los resultados, la discusión y las conclusiones obtenidas a partir de los talleres Delphi.

6.5 Comité, mesa directiva, y principales investigadores y asesores

Actualmente, el comité de ColombiaClass está conformado por quince (15) asesores que representan a la sociedad, el gobierno, las empresas y la academia colombiana, consolidando una sinergia de inteligencia colectiva que ha sido fundamental para el desarrollo del sistema de clasificación. La siguiente figura presenta los principales investigadores que conforman la mesa directiva de ColombiaClass.

Figura 10. Mesa directiva de ColombiaClass.



Juan Carlos Gómez Roldán
Director general – CEO
juan.gomez@colombiaclass.org



Guillermo Mejía Aguilar
Director de investigaciones
guillermo.mejia@colombiaclass.org



José Luis Ponz Tienda
Codirector de investigaciones
jose.ponz@colombiaclass.org



Jorge Rueda Benavides
Asesor e investigador
jorge.rueda@colombiaclass.org



Daniel Castro Lacouture
Asesor e investigador
daniel.castro@colombiaclass.org



Ray Ardila Cubillos
Asesor e investigador
ray.ardila@colombiaclass.org



Oscar Portilla Carreño
Asesor e investigador
oscar.portilla@colombiaclass.org

Fuente: Elaboración propia

7. Resultados de la Investigación

La presentación de los resultados de esta investigación se ha planteado en cuatro partes, de manera que se pueda establecer un hilo conductor entre los elementos del marco metodológico y los cuatro objetivos específicos, generando los productos entregables del proyecto, así:

- La revisión de literatura acerca de los principales estándares y SC relacionados con la industria de la construcción,
- La encuesta nacional a expertos, en conjunto con la EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia,
- Los talleres Delphi para el desarrollo del sistema de clasificación para la gestión de activos de construcción en Colombia, y
- Las guías de uso del sistema de clasificación.

7.1 Revisión de literatura

La presentación de los resultados de la revisión de literatura se clasifica en tres partes: 1. La estadística descriptiva y categorización de los resultados, 2. Los principales estándares y SC encontrados en la literatura, y 3. El análisis de los resultados obtenidos en la literatura.

7.1.1 Estadística descriptiva y categorización de los resultados

La siguiente tabla presenta el resumen de la información obtenida en la colección de datos.

Tabla 7. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por tipo de documento.

| Ítem | Tipo de documento | Cantidad | % del total |
|--------------|------------------------------|------------|---------------|
| 1 | Artículo | 208 | 39,8% |
| 2 | Capítulo de libro | 1 | 0,2% |
| 3 | Conference paper | 75 | 14,4% |
| 4 | Estándar | 109 | 20,9% |
| 5 | Libro | 3 | 0,6% |
| 6 | Patente | 1 | 0,2% |
| 7 | Reporte de Organización | 19 | 3,6% |
| 8 | Revisión (Review) | 13 | 2,5% |
| 9 | Sistema de Clasificación | 91 | 17,4% |
| 10 | Tesis doctoral o de maestría | 2 | 0,4% |
| TOTAL | | 522 | 100,0% |

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados pueden clasificarse en los siguientes seis (6) enfoques de investigación.

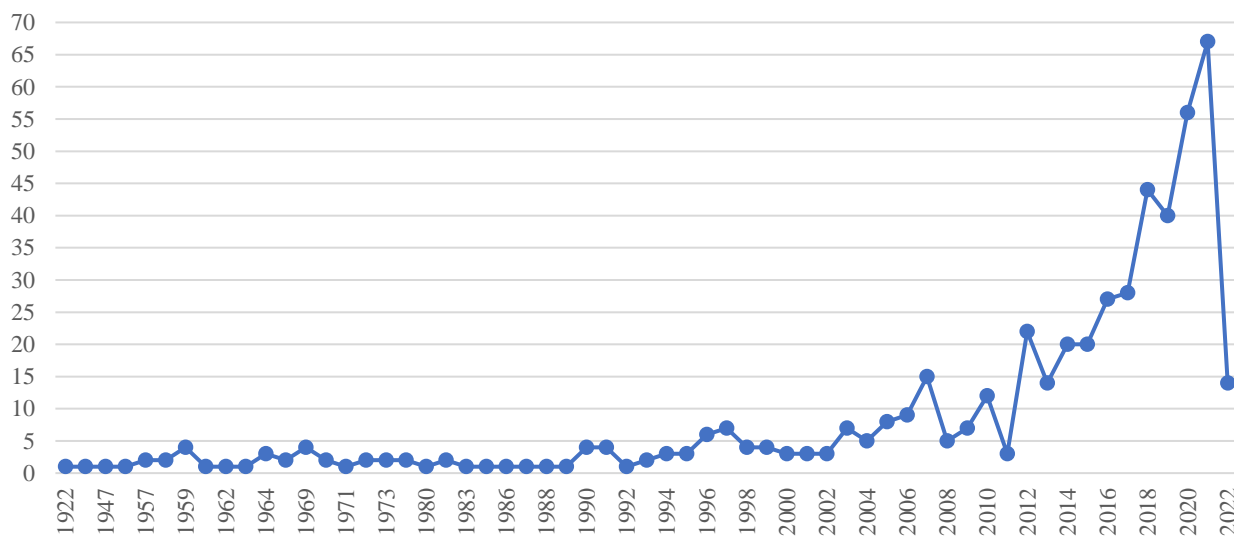
Tabla 8. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por enfoque de investigación.

| Ítem | Tipo de documento | Cantidad | % del total |
|--------------|--|------------|---------------|
| 1 | Análisis de factores de influencia | 118 | 22,6% |
| 2 | Desarrollo de marcos de referencia o SC | 87 | 16,7% |
| 3 | Estándar internacional para el desarrollo de SC o bases de datos | 104 | 19,9% |
| 4 | Metodologías de mapeo para implementación en SC o BIM | 84 | 16,1% |
| 5 | Revisiones de literatura y estado del arte relacionados con SC o BIM | 37 | 7,1% |
| 6 | Sistema de clasificación estructurado | 92 | 17,6% |
| TOTAL | | 522 | 100,0% |

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados corresponden a una producción científica anual, de acuerdo con lo expuesto en la siguiente gráfica.

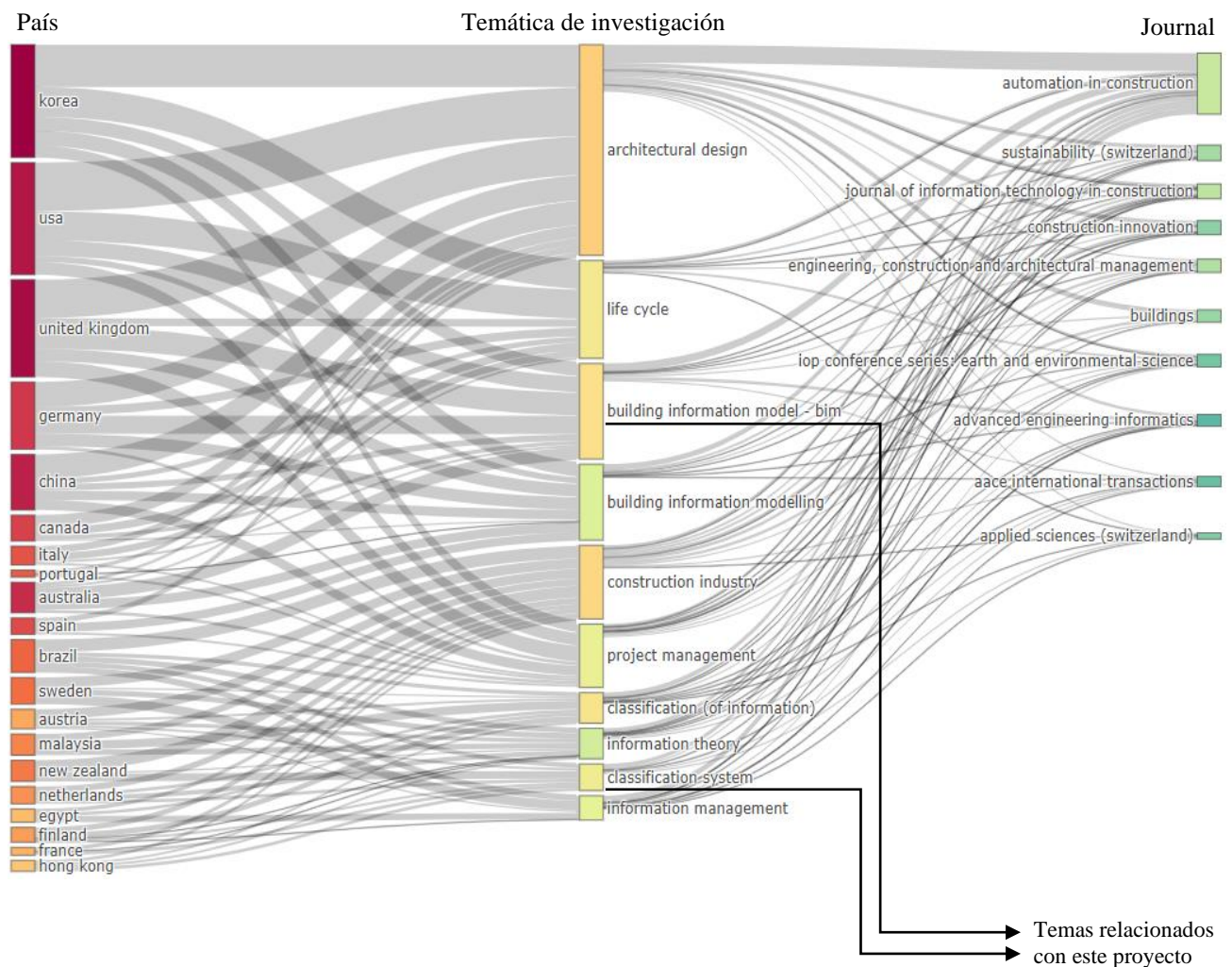
Figura 11. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por producción científica anual.



Fuente: Elaboración propia

Es posible categorizar la dinámica de los resultados de la revisión en tres campos: 1. Los países que han realizado publicaciones, 2. La temática de investigación, y 3. Los journals o fuentes de publicación. La siguiente figura presenta esta clasificación.

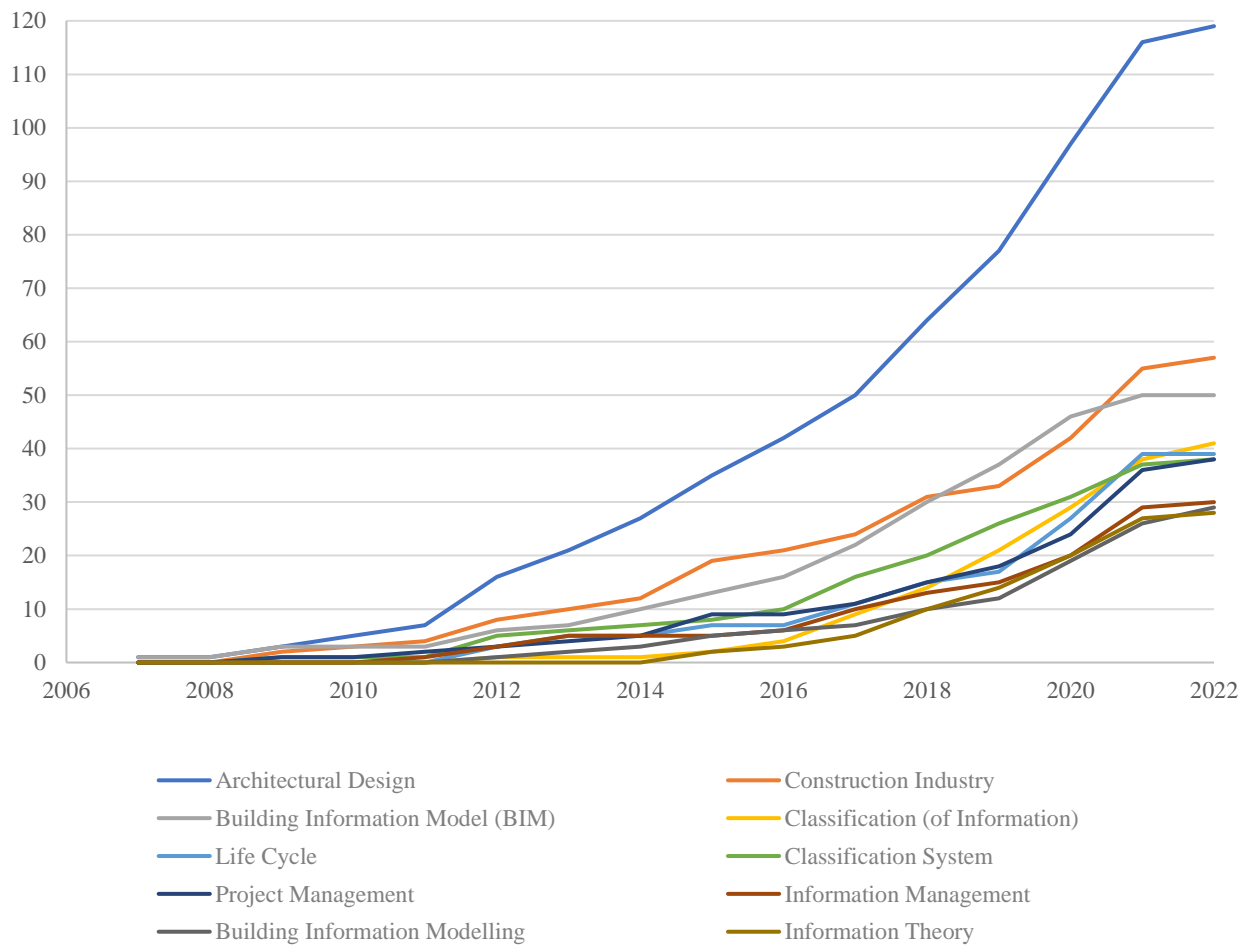
Figura 12. Resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, por país, temática y journal.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

De esta forma, el crecimiento en el tiempo para el Top 10 de las temáticas de investigación más relevantes es el siguiente. El gráfico siguiente ilustra las ocurrencias acumulativas de estas áreas de investigación.

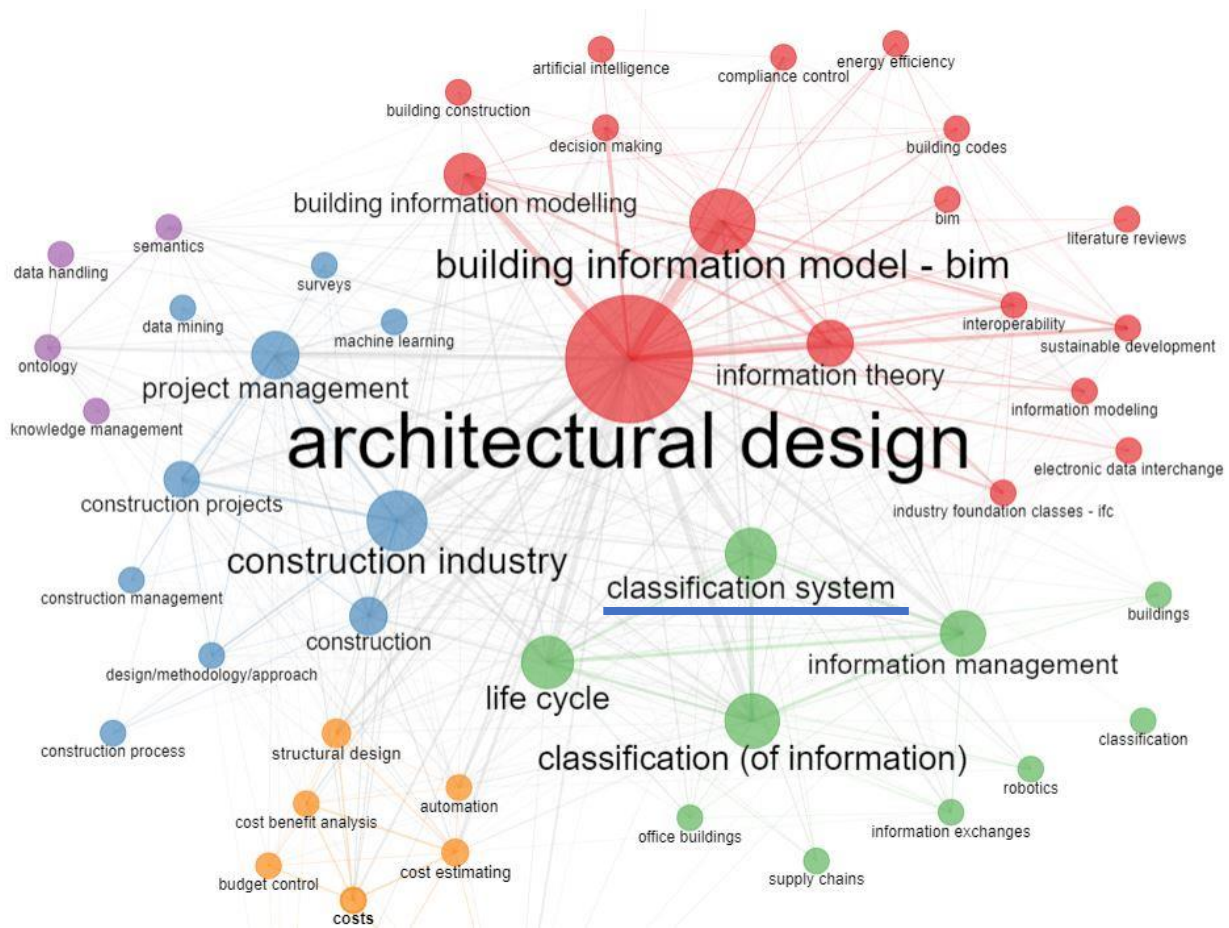
Figura 13. Top 10 temáticas de investigación (ocurrencias acumulativas en el tiempo).



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

A fin de aportar al mejor entendimiento de la dinámica de investigación, se presenta como complemento el siguiente diagrama con la estructura básica de la red de coocurrencia de dichas temáticas (mapa temático).

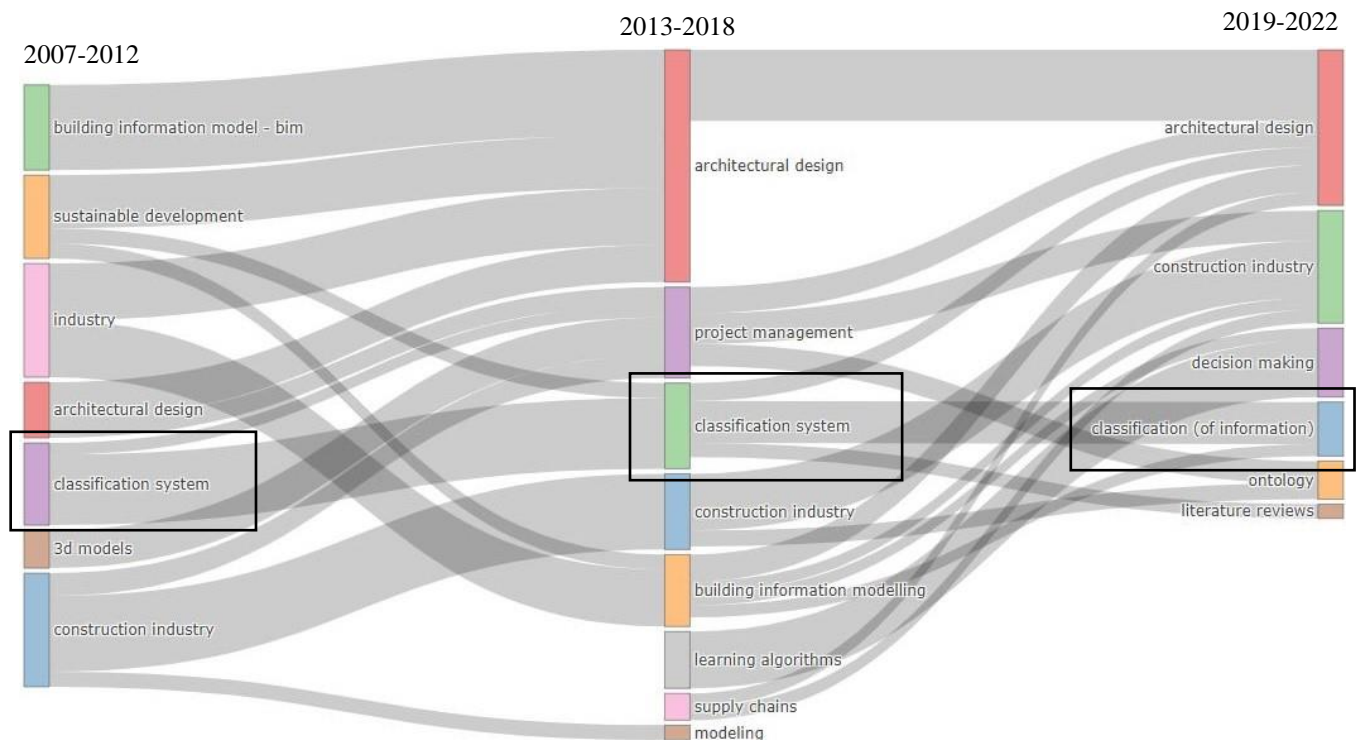
Figura 14. Estructura básica de la red de coocurrencia de las temáticas de investigación.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

De esta manera, resulta relevante entender la evolución de estas temáticas de investigación en los últimos años. La siguiente gráfica ilustra tres bloques temporales de la producción investigativa a fin de entender la evolución de estas en el periodo 2007 - 2022.

Figura 15. Evolución temática de las publicaciones 2007 - 2022.

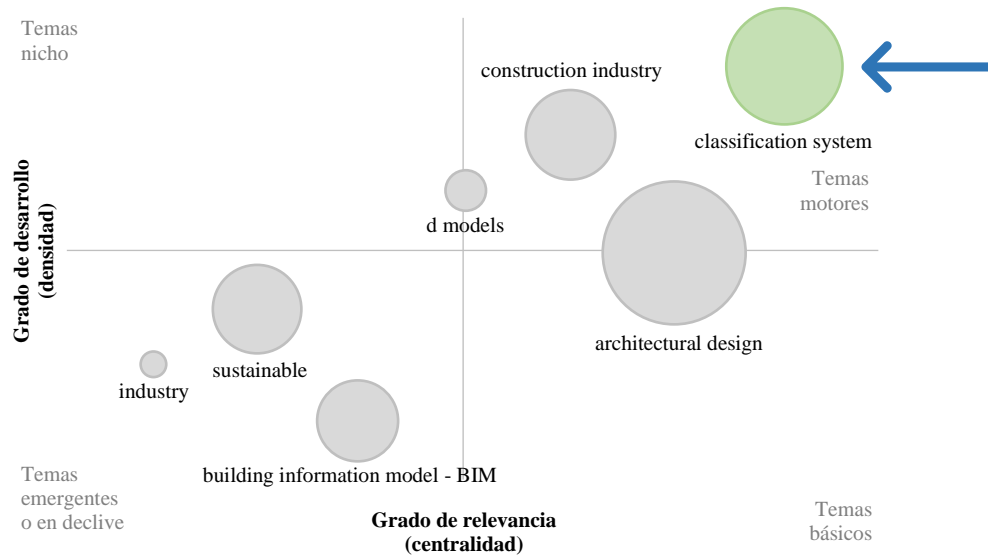


Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Para cada uno de los tres periodos de tiempo anteriores se adicionan esquemas que permiten entender el grado de desarrollo y relevancia mundial de las temáticas de investigación. Es importante revisar el comportamiento de desarrollo y relevancia de cada temática por periodo de tiempo, a fin de entender la evolución de estos. Las siguientes gráficas ilustran en el cuadrante superior izquierdo los temas de nicho, en el cuadrante superior derecho los temas motores, en el cuadrante inferior izquierdo los temas emergentes o en declive, y en el cuadrante inferior derecho los temas básicos.

La primera de ellas corresponde al periodo 2007 - 2012, donde el desarrollo y la relevancia de los temas de investigación se ve de la siguiente forma.

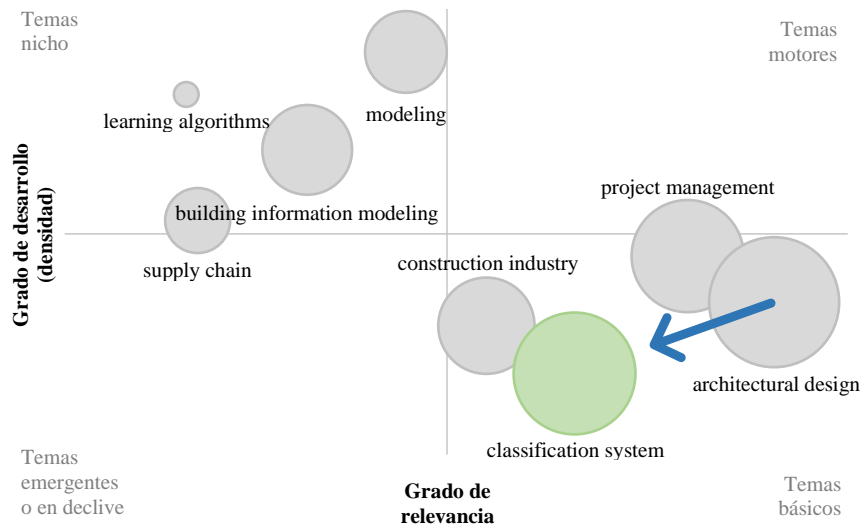
Figura 16. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2007 - 2012.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

El desarrollo y relevancia en el periodo 2013 - 2018 es el siguiente.

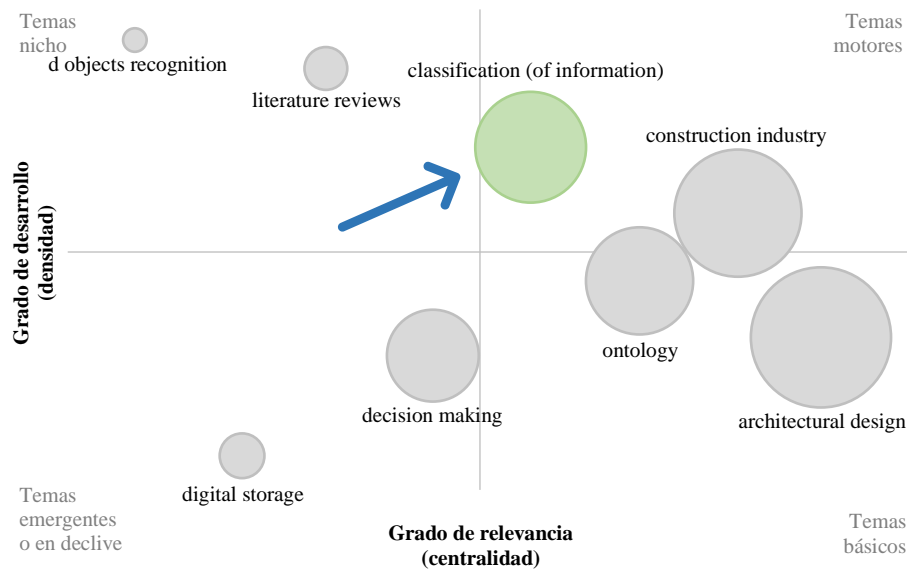
Figura 17. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2013 - 2018.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Finalmente, en el periodo 2019 - 2022, la evolución temática de las publicaciones presenta el siguiente comportamiento de desarrollo y relevancia.

Figura 18. Desarrollo y relevancia de las investigaciones entre 2019 - 2022.

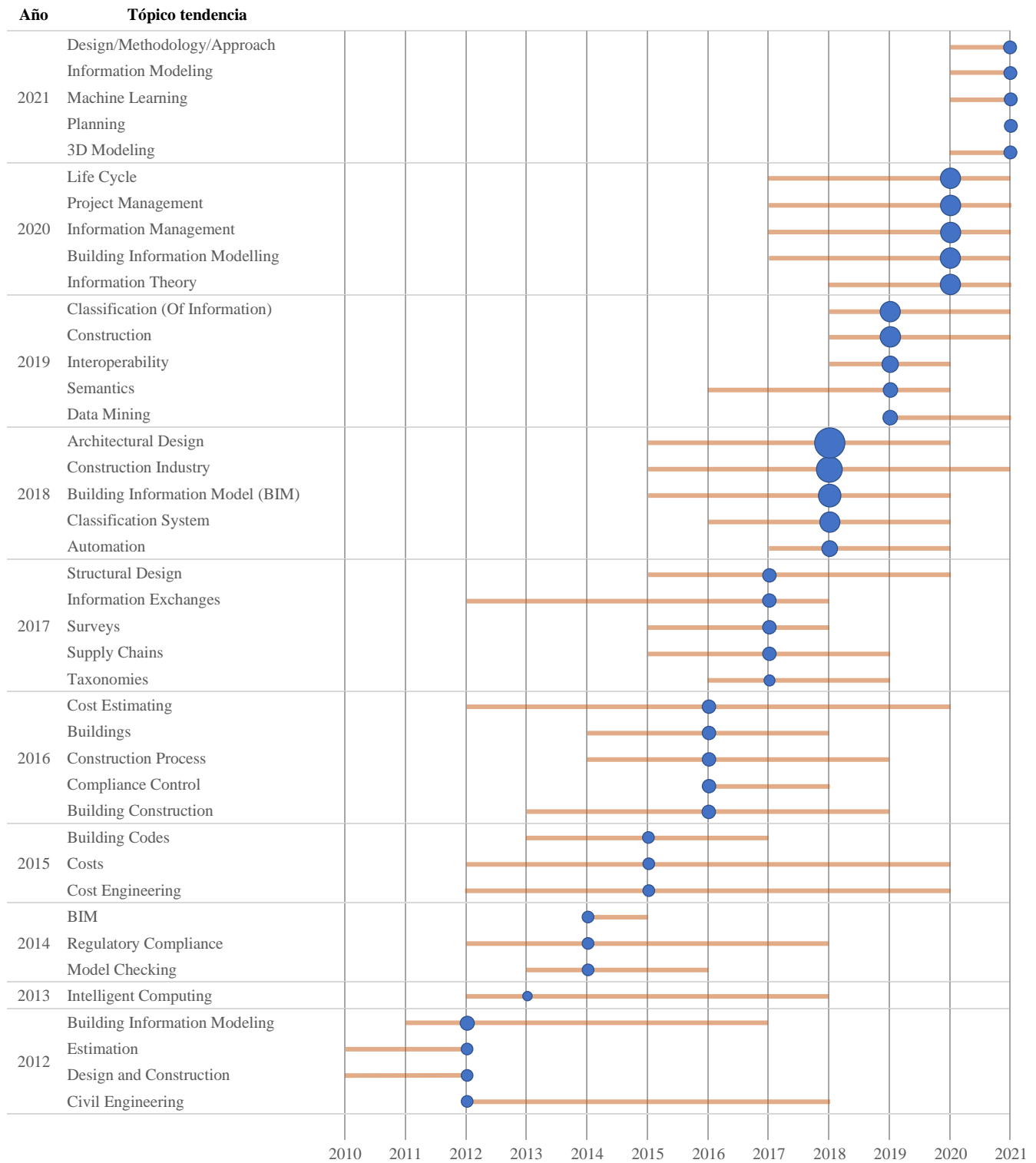


Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

En este último, la investigación y desarrollo en Sistemas de Clasificación se ha realizado básicamente enfocada en: 1. Clasificación de la información, 2. Diseño arquitectónico, y 3. Revisiones de literatura. En cuanto a la temática de BIM, esta ha migrado a formar parte de la línea del diseño arquitectónico, en donde se ha unido a múltiples temas adicionales que han complementado esta línea, como: 1. Desarrollo sostenible, 2. Industria de la construcción, 3. Gestión de proyectos, y 4. Modelo 3D, y 5. Machine learning, entre otros.

La siguiente gráfica ilustra el Top 5 de los tópicos de investigación en las áreas de interés en los últimos años.

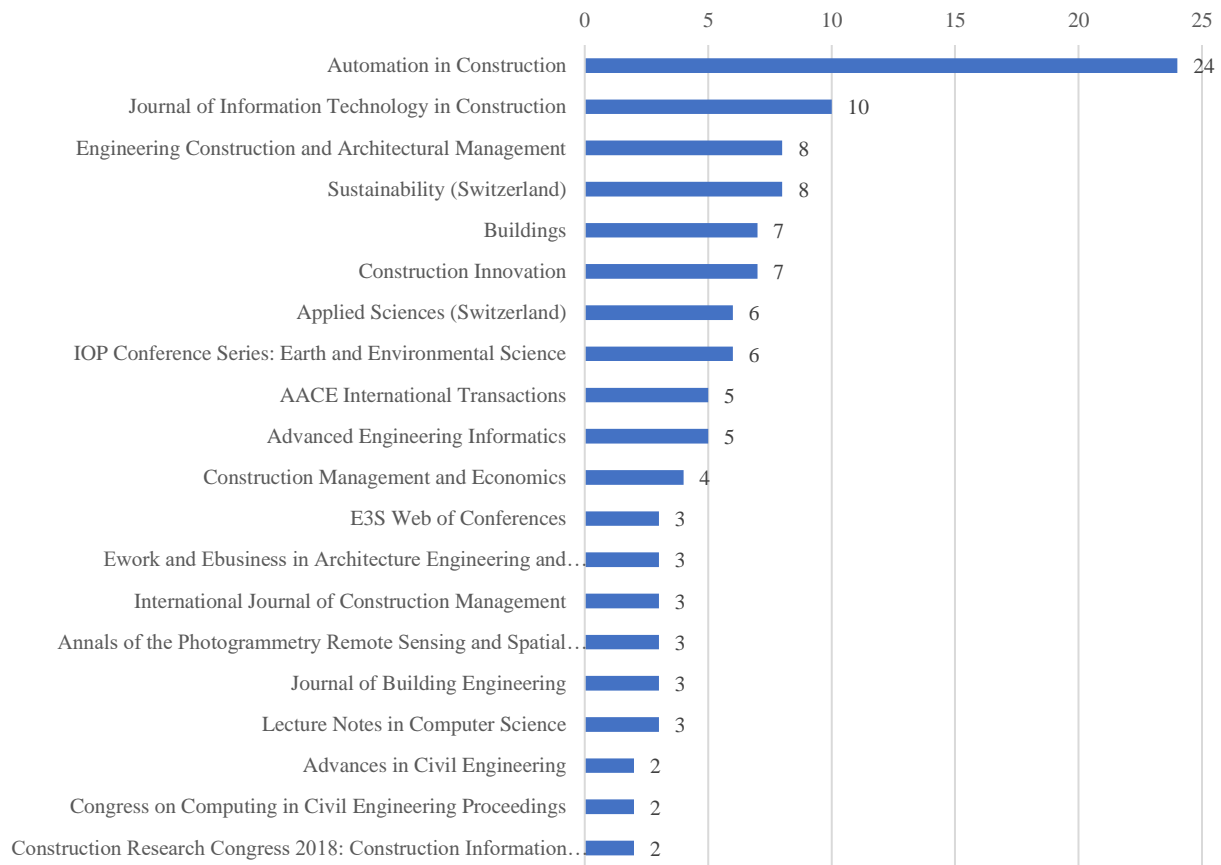
Figura 19. Top 5 tendencias de investigación en el área de estudio, por año.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Por otra parte, los resultados de estas líneas de investigación han sido publicados principalmente en los siguientes veinte (20) journals o fuentes de publicación.

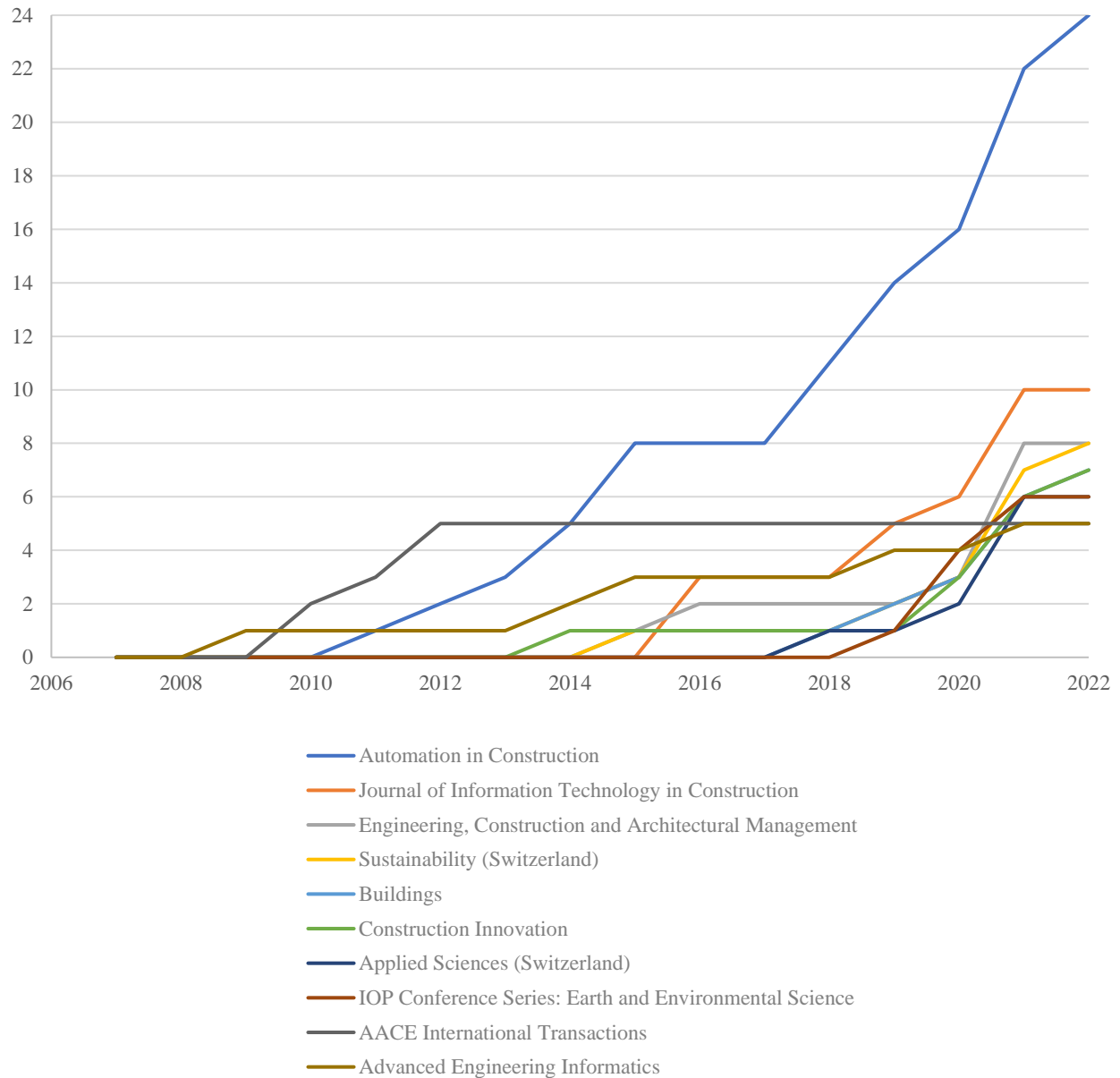
Figura 20. Fuentes de publicación más relevantes.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Tomando los journals más relevantes de la gráfica anterior, es posible identificar el comportamiento de las publicaciones en cada journal en los últimos años. La siguiente gráfica ilustra las ocurrencias acumulativas de las publicaciones para el Top 10 de fuentes de publicación.

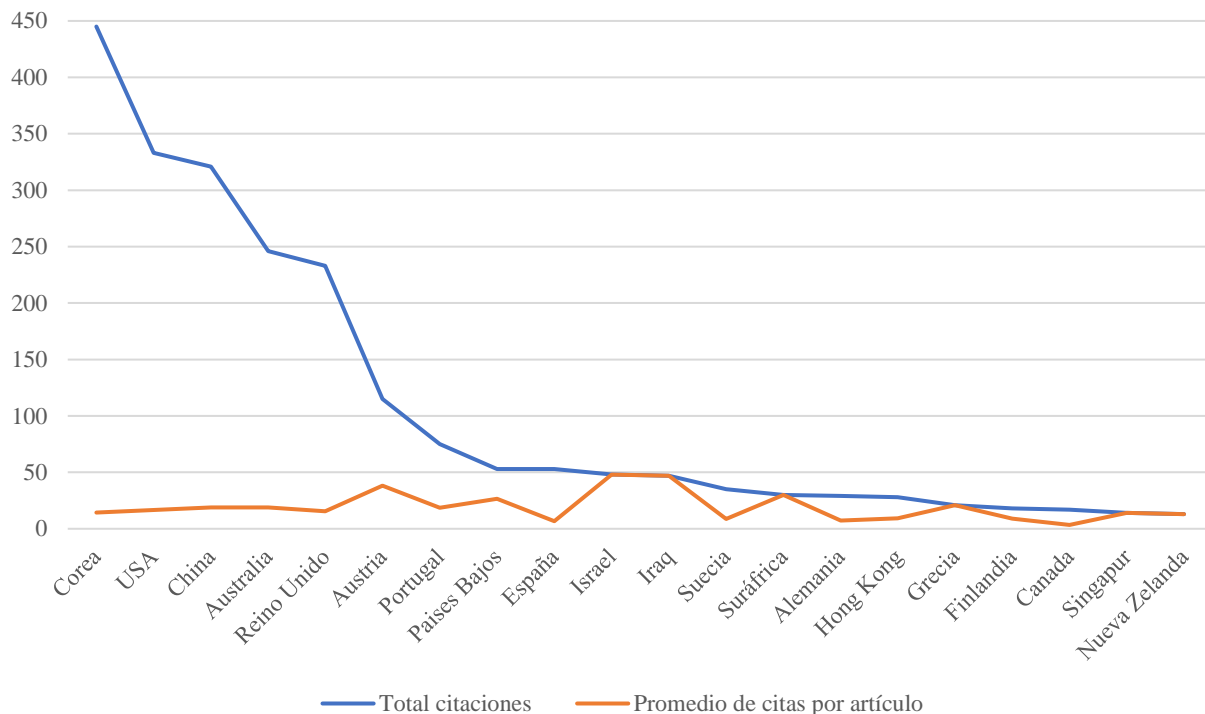
Figura 21. Ocurrencias acumulativas de publicaciones en el Top 10 de las fuentes.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

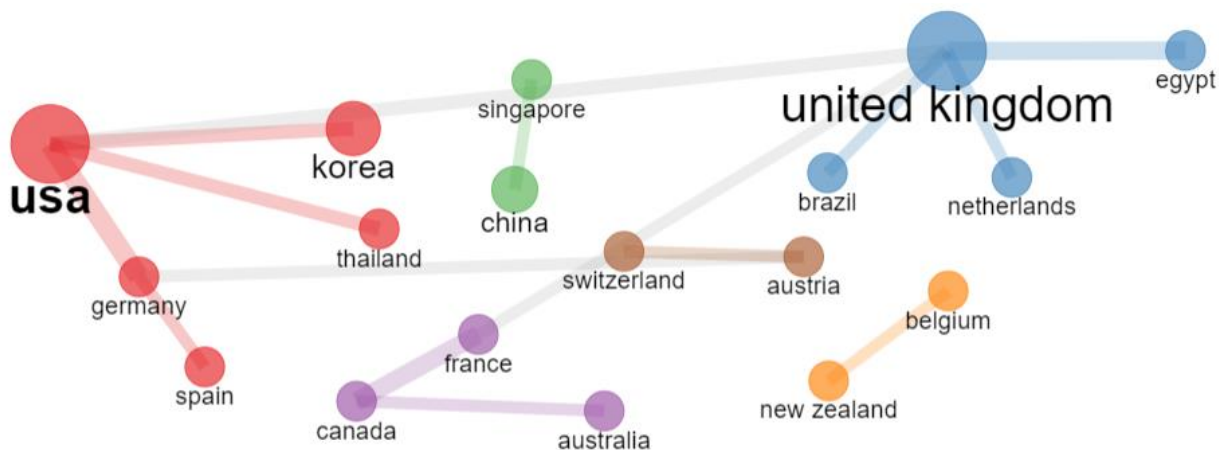
Entre tanto, las siguientes gráficas ilustran: 1. El total de citas junto con el promedio de citas por artículo, para el Top 20 de los países con más publicaciones en el contexto de las áreas de investigación de este proyecto, y 2. La estructura básica de la red de colaboración entre países.

Figura 22. Top 20 países con mayor número de citas y promedio de citas por artículo.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Figura 23. Estructura básica de la red de colaboración entre países.



Fuente: Modificado del diagrama de R Studio (Bibliometrix).

Por último, en la sección de apéndices es posible consultar la tabla de resultados obtenidos en la revisión de literatura, la cual contiene la lista de todos los resultados clasificados por autor, título, año de publicación, enfoque de investigación, y tipo de documento.

7.1.2 Principales estándares y sistemas de clasificación encontrados en la literatura

La exposición de este punto se realiza en cuatro secciones: 1. Contextualización y generalidades, 2. Los principales estándares encontrados en la literatura, 3. Los principales SC encontrados en la literatura, y 4. Los estándares y SC utilizados en Colombia. La discusión de los resultados, las conclusiones y los aportes para próximas investigaciones y desarrollos, se incluyen seguidamente.

7.1.2.1 Contextualización y generalidades

A nivel mundial hay un sinnúmero de instituciones y organizaciones trabajando activamente en la emisión de estándares y sistemas de clasificación. La investigación y desarrollo en estos tópicos es una tendencia internacional, tal como se ha presentado en la estadística descriptiva y la categorización de los resultados de la revisión de literatura. Casi todos los países del occidente europeo, junto con Estados Unidos, Australia, Países Asiáticos, Suráfrica y organizaciones de diferentes ámbitos unen esfuerzos para desarrollar, mejorar, complementar y actualizar estándares y SC relacionados con la industria de la construcción.

El inicio de estos proyectos se da en los años que preceden el fin de la 2da Guerra Mundial. Múltiples iniciativas en este campo son generadas a causa de la necesidad de reconstrucción masiva de toda Europa por la destrucción de múltiples ciudades. A su vez, la pérdida de

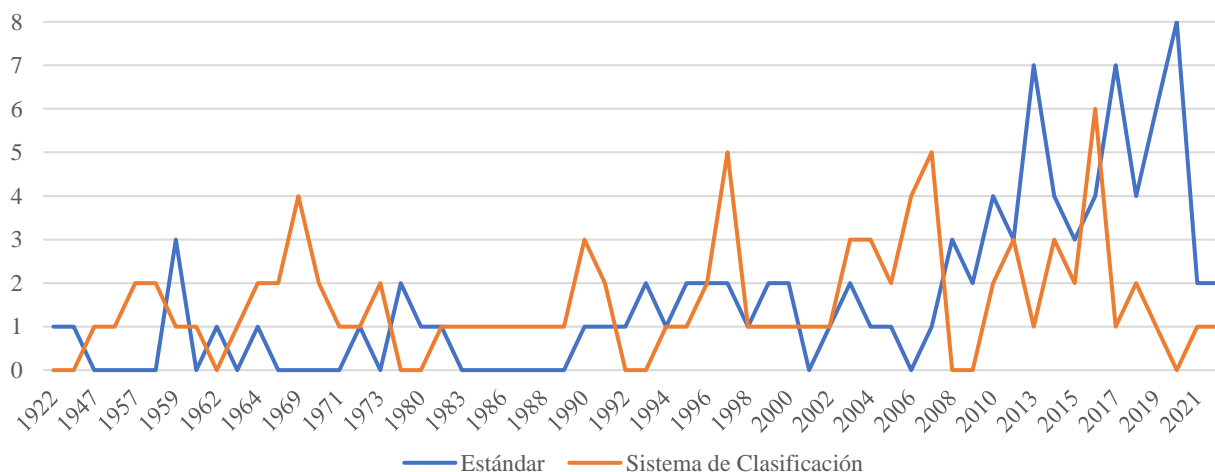
conocimientos ocasionada llevó a una demanda de intercambios internacionales de documentación técnica (BS, 2018).

Como producto de la revisión de la literatura se ha encontrado evidencia de al menos 200 estándares y sistemas de clasificación utilizados alrededor del mundo que tienen una relación directa o indirecta con el sector de la construcción; en el cual hay evidencia de uso de estándares desde 1922 y de sistemas de clasificación desde 1947 hasta nuestros días.

En concreto, se han identificado 109 estándares y 91 sistemas de clasificación, sin embargo, a nivel mundial hay iniciativas adicionales de estandarización de diversos mercados, bienes y servicios. Se aclara que no todos los 91 SC relacionados en este informe se encuentran en vigencia actualmente, a pesar de ello se han incluido ya que corresponden a la cronología de desarrollo de los sistemas de clasificación actuales de cada país y organización.

A fin de presentar un primer bosquejo del panorama, las siguientes gráficas ilustran: 1. La fecha de lanzamiento, y 2. La fecha de la última actualización de los estándares y SC encontrados en la revisión de literatura, respectivamente.

Figura 24. Fecha de lanzamiento de los estándares y SC encontrados en la literatura.

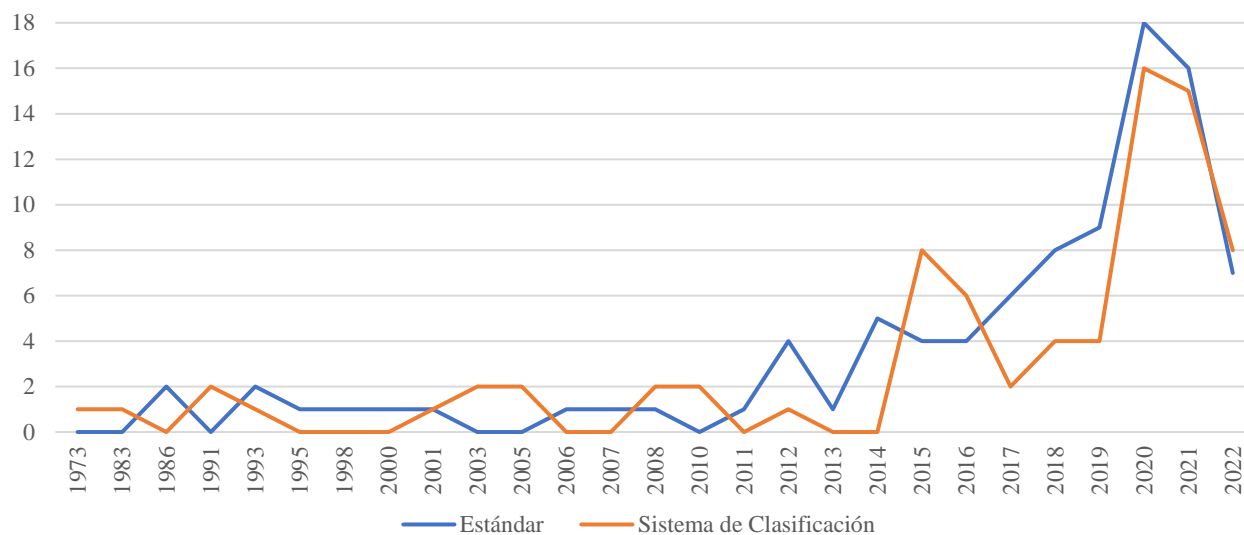


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo expuesto en la gráfica anterior, es evidente el crecimiento en la investigación y desarrollo de estándares y SC de la construcción en las últimas décadas. En los últimos 10 años (2012 – 2022) se ha encontrado evidencia del lanzamiento de al menos 50 estándares y 21 sistemas de clasificación alrededor del mundo.

Así las cosas, también hay evidencia de trabajo constante en la actualización y mejoramiento de los estándares y SC, lo cual prueba su uso y vigencia en el mercado mundial. Respecto de las actualizaciones, se ha encontrado evidencia de al menos 82 actualizaciones a estándares y 64 actualizaciones a sistemas de clasificación relacionados con la industria de la construcción en la última década (2012 – 2022).

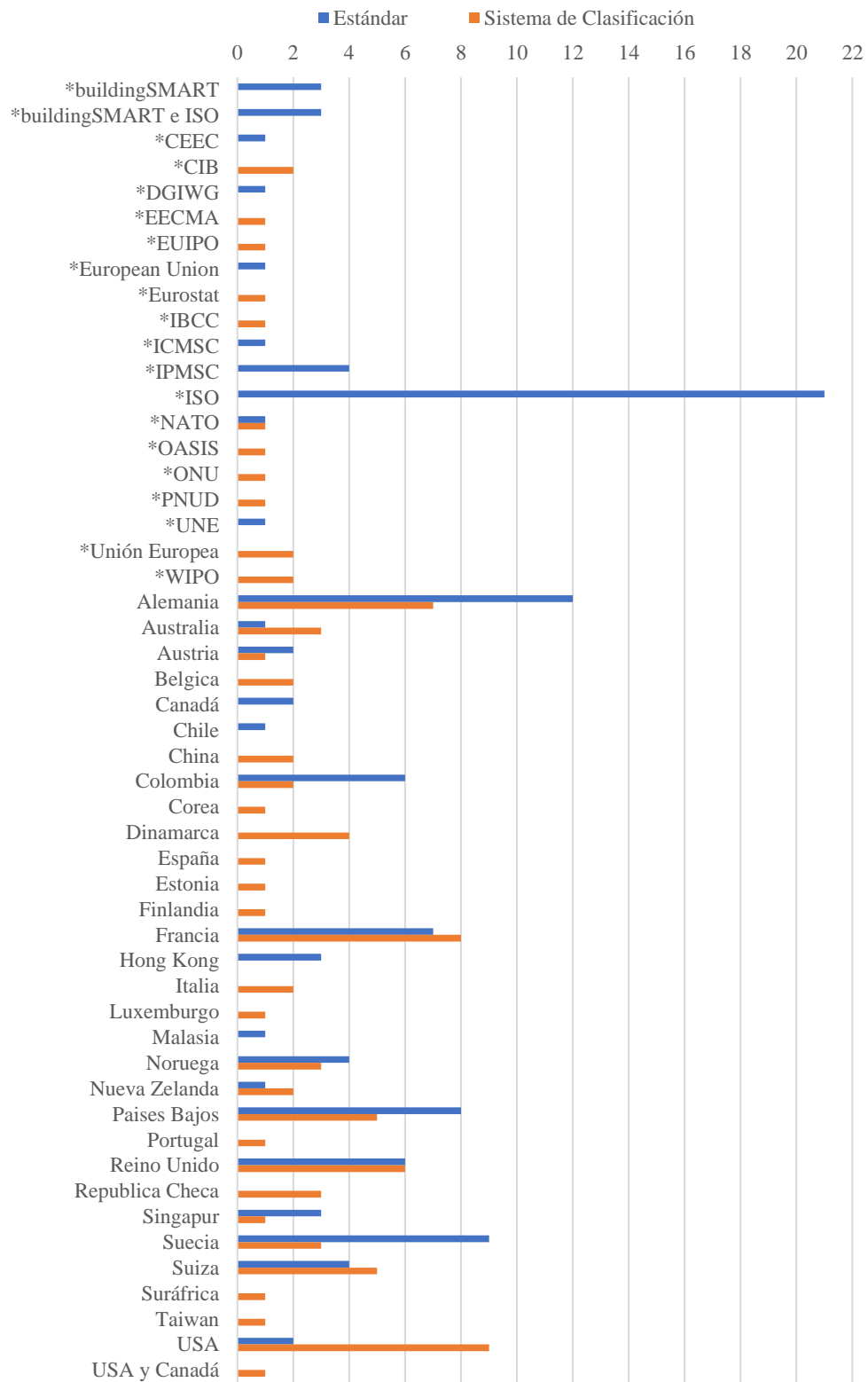
Figura 25. Fecha de última actualización de los SC y estándares encontrados en la literatura.



Fuente: Elaboración propia

De otra parte, la siguiente gráfica permite ver el panorama mundial de investigación y desarrollo en estándares y SC relacionados con la construcción, compuesto por 31 países y 19 organizaciones internacionales que son objeto de esta revisión.

Figura 26. Cantidad de estándares y SC encontrados en la literatura, por país y organización.



Fuente: Elaboración propia

7.1.2.2 Principales estándares encontrados en la literatura

En la revisión de literatura se halló evidencia de al menos 109 estándares relacionados con la industria de la construcción que han sido utilizados alrededor del mundo. A continuación, se presenta la tabla consolidada de los resultados, ordenados por País / Entidad de origen.

Tabla 9. Listado de los 109 estándares encontrados en la literatura.

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-------------------------|---|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 1 | *buildingSMART | BCF | Formato de colaboración BIM (BCF) de buildingSMART | --- | 2021 | --- | buildingSMART |
| 2 | *buildingSMART | MVD | Definiciones de vista de modelo (MVD) de buildingSMART | --- | 2021 | --- | buildingSMART |
| 3 | *buildingSMART | Universal Types | UniversalTypes de buildingSMART | 2010 | 2021 | --- | buildingSMART |
| 4 | *buildingSMART e ISO | ISO 12006-3 | Biblioteca BuildingSMART Data Dictionary o International Framework for Dictionaries (IFD) | 2007 | 2012 | Enumerativa o jerárquica | ISO y buildingSMART |
| 5 | *buildingSMART e ISO | ISO 16739 | Industry Foundation Classes (IFC) de buildingSMART | 2013 | 2020 | --- | ISO y buildingSMART |
| 6 | *buildingSMART e ISO | ISO 29481 | Manual de Entrega de Información (IDM) de buildingSMART | 2010 | 2021 | --- | ISO y buildingSMART |
| 7 | *CEEC | CEEC Code | Código de Medición para la Planificación de Costos | 2004 | 2014 | Enumerativa o jerárquica | Consejo Europeo de Economistas de la Construcción (CEEC) |
| 8 | *DGIWG | DGIWG | DGIWG Feature Data Dictionary | 2010 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | Defense Geospatial Information Working Group (DGIWG) |
| 9 | *European Union | INSPIRE Building | INSPIRE data specification for buildings | 2013 | 2018 | --- | *European Union |
| 10 | *ICMSC | ICMS | Estándar internacional para la gestión de costos (ICMS) | 2017 | 2021 | Facetas o combinatoria | Coalición Internacional de Estándares de Gestión de Costos (ICMSC) |
| 11 | *IPMSC | IPMS – Retail buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Retail buildings | 2019 | 2019 | Facetas o combinatoria | Coalición Internacional de Estándares de Medición de Propiedades (IPMSC) |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|------------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 12 | *IPMSC | IPMS - Industrial buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Industrial buildings | 2018 | 2018 | Facetas o combinatoria | IPMSC |
| 13 | *IPMSC | IPMS - Residential buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Residential buildings | 2016 | 2016 | Facetas o combinatoria | IPMSC |
| 14 | *IPMSC | IPMS - Office buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Office buildings | 2014 | 2020 | Facetas o combinatoria | IPMSC |
| 15 | *ISO | ISO 12006-2 | Organización de la información sobre obras de construcción - Parte 2: Marco para la clasificación de la información | 2015 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Organización Internacional de Normalización (ISO) |
| 16 | *ISO | ISO 12911 | Marco para orientación BIM | 2012 | 2012 | --- | ISO |
| 17 | *ISO | ISO 13567 | Capas para CAD | 1999 | 2017 | --- | ISO |
| 18 | *ISO | ISO 14177 | Clasificación de la información en la industria de la construcción | 1994 | 2001 | Enumerativa o jerárquica | ISO |
| 19 | *ISO | ISO 15686 | Formato de intercambio de información de construcción y operación para los edificios | 2000 | 2017 | --- | ISO |
| 20 | *ISO | ISO 16354 | Directrices para bibliotecas de conocimientos y bibliotecas de objetos | 2013 | 2018 | --- | ISO |
| 21 | *ISO | ISO 16757 | Estructura y modelo de datos para catálogos BIM de construcción | 2015 | 2020 | --- | ISO |
| 22 | *ISO | ISO 19152 | Land Administration Domain Model (LADM) | 2012 | 2016 | --- | ISO |
| 23 | *ISO | ISO 19166 | Información geográfica - Mapeo conceptual BIM a GIS (B2GM) | 2021 | 2021 | --- | ISO |
| 24 | *ISO | ISO 19650 | Gestión de la información en BIM | 2018 | 2018 | --- | ISO |
| 25 | *ISO | ISO 20887 | Sostenibilidad en edificación y obra civil - Diseño para desmontaje y adaptabilidad - Principios, requisitos y orientaciones | 2020 | 2020 | --- | ISO |
| 26 | *ISO | ISO 21511 | Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) para gestión de programas y proyectos | 2018 | 2018 | --- | ISO |
| 27 | *ISO | ISO 22057 | Formato para las declaraciones ambientales de producto en BIM | 2022 | 2022 | --- | ISO |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 28 | *ISO | ISO 22274 | Aspectos conceptuales para el desarrollo e internacionalización de sistemas de clasificación | 2013 | 2018 | --- | ISO |
| 29 | *ISO | ISO 23262 | Interoperabilidad GIS - BIM | 2021 | 2021 | --- | ISO |
| 30 | *ISO | ISO 23386 | BIM y otros procesos digitales en construcción - Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios de datos interconectados | 2020 | 2020 | --- | ISO |
| 31 | *ISO | ISO 23387 | Plantillas de datos para objetos de construcción - Conceptos y principios | 2020 | 2020 | --- | ISO |
| 32 | *ISO | ISO 55000 | Gestión de activos: descripción general, principios y terminología | 2014 | 2014 | --- | ISO |
| 33 | *ISO | ISO 6707-1 | Edificios y obras de ingeniería civil - Vocabulario - Parte 1: Términos generales | 2017 | 2018 | --- | ISO |
| 34 | *ISO | ISO 81346-12 | Principios de estructuración y designaciones de referencia - Parte 12: Obras de construcción y servicios de construcción | 2018 | 2018 | --- | ISO |
| 35 | *ISO | ISO 81346-2 | Principios de estructuración y designaciones de referencia - Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para clases | 2009 | 2019 | Enumerativa o jerárquica | ISO |
| 36 | *NATO | NGFCD | NATO Geospatial Feature Concept Dictionary (NGFCD) | 2022 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | OTAN - Organización del Tratado del Atlántico Norte |
| 37 | *UNE | UNE 41316 | Declaración de prestaciones digital para productos de construcción (smart CE marking) | 2020 | 2020 | | Comité de Normalización Español (UNE) |
| 38 | Alemania | DBD-BIM | DBD-BIM | --- | --- | | |
| 39 | Alemania | DIN 18960 | Costos de utilización en la construcción de edificios | 2008 | 2020 | --- | Instituto Alemán de Normalización Ev (AINeV) |
| 40 | Alemania | DIN 276 | Estándar de costos y tarifas de ingeniería y construcción | 1981 | 2008 | --- | IANeV |
| 41 | Alemania | DIN 277 | Superficies y volúmenes de edificios en la construcción de obras | 1934 | 2021 | --- | IANeV |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 42 | Alemania | DIN 91400 | BIM - Clasificación según STL-Bau | 2013 | 2017 | --- | IANeV |
| 43 | Alemania | EFB 23 | Desglose de precios unitarios (EFB 223) | --- | --- | --- | |
| 44 | Alemania | HOAI | Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) - Estructura de tarifas para arquitectos e ingenieros | 1996 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Alemania |
| 45 | Alemania | STLB-BauZ | STLB-BauZ - Libro de servicios estándar para trabajos temporales | --- | --- | --- | Comité Mixto de Electrónica en la Construcción (GAEB) y publicado por el Instituto Alemán de Estandarización (DIN) |
| 46 | Alemania | VDI 2552: 9 | VDI 2552:9 - Sistemas de clasificación en BIM | 2020 | 2022 | Facetas o combinatoria | VDI-Fachbereich Bautechnik |
| 47 | Alemania | VDI-Handbuch Bautechnik | VDI - Manual para ingeniería estructural | 2010 | 2021 | --- | VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik |
| 48 | Alemania | VDI-Handbuch BIM | VDI - Manual BIM | 2017 | 2020 | --- | VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik |
| 49 | Alemania | VOB | Verbage- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil B (VOB/B) - Código de Adjudicación y Contratación de Servicios de Construcción | 2016 | 2019 | --- | --- |
| 50 | Australia | ASMM6 | ASMM6 - Método Estándar de Medición de Obras de Construcción | 2016 | 2018 | --- | Master Builders Association of New South Wales - Australia |
| 51 | Austria | ÖNORM A 6241 | Documentación digital de construcción | 2013 | 2015 | --- | Austrian Standards |
| 52 | Austria | ÖNORM B 1801 | Proyecto de construcción y administración de la propiedad | 1993 | 2014 | --- | Austrian Standards |
| 53 | Canadá | CPMM | Método de medición de obras de construcción: Sistema internacional de unidades | 1964 | 2006 | --- | Canadian Institute of Quantity Surveyors |
| 54 | Canadá | ECA | Análisis de costos elementales: método de medición y fijación de precios | 1972 | 1993 | --- | Canadian Institute of Quantity Surveyors |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|---------------------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 55 | Chile | PlanBIM | Estándar BIM para proyectos públicos del gobierno de Chile (PlanBIM) | 2019 | 2019 | --- | PlanBIM Chile |
| 56 | Colombia | APU INVIAS | Análisis de precios unitarios de referencia para obras viales del INVIAS | 2014 | 2022 | --- | Instituto Nacional de Vías (INVIAS) |
| 57 | Colombia | Guía BIM basada en ISO 19650 | Guía de aplicación BIM basada en ISO 19650 | 2020 | 2020 | --- | Grupo de Trabajo BIM Colombia |
| 58 | Colombia | Guía de adopción BIM | Guía para la adopción BIM en las organizaciones | 2020 | 2020 | --- | CAMACOL |
| 59 | Colombia | Guía de estándares BIM | Guía de estándares, métodos y procedimientos BIM | 2020 | 2020 | --- | Grupo de Trabajo BIM Colombia |
| 60 | Colombia | MIGD | Marco de interoperabilidad para gobierno digital de MinTIC | 2019 | 2019 | --- | MinTIC |
| 61 | Colombia | Modelo ISO 19152 | Modelo de datos para el dominio de la administración de tierras - Perfil Colombiano de la ISO19152 | 2016 | 2016 | --- | Agencia Nacional de Tierras - ANT (Colombia) y Secretaria de Estado para Asuntos Económicos - SECO (Suiza) |
| 62 | Francia | Fichas de interfaz de construcción | Fiches interfaces bâtiment | --- | 2014 | --- | Agencia de Calidad de la Construcción (AQC) |
| 63 | Francia | Fichas de patología de la edificación | Fiches pathologie bâtiment | --- | 2019 | --- | AQC |
| 64 | Francia | Fichas de prueba de funcionamiento | Fiches Attestations d'essais de fonctionnement | --- | 2019 | --- | AQC |
| 65 | Francia | Fichas de recepción de trabajos | Fiches réception travaux | --- | 2020 | --- | AQC |
| 66 | Francia | Fichas reglamentarias de calidad | Fiches qualité réglementaire | --- | 2013 | --- | AQC |
| 67 | Francia | Índice IM | Índice IM - Índice de descuento de activos, materiales de construcción | 1959 | 1986 | Enumerativa o jerárquica | Federación Nacional de Obras Públicas y Transportes (FNTP) |
| 68 | Francia | Índice MATP | Índice de construcción miscelánea - Elementos de equipos de obra pública (MATP) | 2014 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | FNTP |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 69 | Hong Kong | CEMM | Método estándar de medición de elementos de construcción | 1998 | 2015 | --- | Gobierno de Hong Kong |
| 70 | Hong Kong | CEMM | Método estándar de medición para obras de ingeniería civil | 1992 | 2011 | --- | Gobierno de Hong Kong |
| 71 | Hong Kong | CPMM | Método estándar de medición de obras de construcción de Hong Kong | 1962 | 2020 | --- | Gobierno de Hong Kong |
| 72 | Malasia | CPMM | Método estándar de medición de obras de construcción | 1959 | 2000 | --- | Gobierno de Malasia |
| 73 | Noruega | NS 3455 | NS 3455 - Tabla de funciones de construcción | 1993 | 1993 | --- | Gobierno de Noruega |
| 74 | Noruega | NS 3457 | NS3457 - Clasificación de estructuras | 2013 | 2021 | --- | Gobierno de Noruega |
| 75 | Noruega | NS 8360 | NS 8360 - Objetos BIM para edificios | 2015 | 2021 | --- | Gobierno de Noruega |
| 76 | Noruega | SN/TR 6451 | Terminología para instalaciones técnicas de edificios (SN/TR 6451) | 2018 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Standard Norge |
| 77 | Nueva Zelanda | NZS 4202 | NZS 4202 - Método estándar de medición de obras de construcción. | 1995 | 1995 | --- | Standards New Zealand |
| 78 | Países Bajos | ETIM | EU electro technical products (ETIM) | 1991 | 2020 | Facetas o combinatoria | ETIM International |
| 79 | Países Bajos | NEN 15221-6 | Gestión de instalaciones | 2005 | 2012 | Enumerativa o jerárquica | Royal Netherlands Standardization Institute (NEN) |
| 80 | Países Bajos | NEN 2580 | Superficies y contenidos de edificios - Términos, definiciones y métodos de determinación | 1997 | 2007 | Enumerativa o jerárquica | NEN |
| 81 | Países Bajos | NEN 2631 | Costos de inversión de edificios - Definiciones y clasificación | 1979 | --- | Enumerativa o jerárquica | NEN |
| 82 | Países Bajos | NEN 2632 | Costos operativos de edificios - Definiciones y clasificación | 1980 | --- | Enumerativa o jerárquica | NEN |
| 83 | Países Bajos | NEN 2634 | Términos, definiciones y reglas para la transferencia de datos sobre costos y aspectos de calidad para proyectos de construcción | 2002 | --- | Enumerativa o jerárquica | NEN |
| 84 | Países Bajos | NEN 2699 | Costos de inversión y operación de bienes inmuebles - Definiciones y clasificación | 2017 | 2017 | Enumerativa o jerárquica | NEN |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 85 | Países Bajos | RAW | Sistema de Especificación RAW | 1979 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | Centro de investigación y estandarización de contratos en ingeniería civil y de tráfico (CROW) |
| 86 | Reino Unido | BS 1192 | Método para gestionar la producción, distribución y calidad de la información de construcción. | 1990 | 2016 | --- | Construction Project Information Committee (CPIC or CPI) |
| 87 | Reino Unido | BS 8536 | Diseño y construcción: Código de prácticas para la gestión de activos | --- | --- | --- | CPI |
| 88 | Reino Unido | NRM 1, 2, 3 | New Rules of Measurement 1, 2, 3 | 2009 | 2014 | Enumerativa o jerárquica | RICS |
| 89 | Reino Unido | PAS 1192 | Publicly Available Specifications (PAS) | --- | --- | --- | |
| 90 | Reino Unido | SMLCC | Método estandarizado de cálculo del coste del ciclo de vida para la adquisición de obras de construcción | 2008 | --- | --- | British Standards Institute (BSI) |
| 91 | Reino Unido | SMM | Método estándar de medición (SMM) | 1922 | 1998 | --- | Royal British Institution of Chartered Surveyors (RICS) |
| 92 | Singapur | CP 80 | CP 80 | 1999 | 2015 | --- | Gobierno de Singapur |
| 93 | Singapur | CPMM | Método estándar de medición de obras de construcción | 1959 | 1986 | --- | Gobierno de Singapur |
| 94 | Singapur | SS 376 | SS 376 | 1995 | --- | --- | Gobierno de Singapur |
| 95 | Suecia | Aktuella Byggpriser | Método de estimación del precio de la construcción | --- | --- | --- | Secretaría Técnica del Comité SfB de Suecia |
| 96 | Suecia | Bygg AMA | Reglas de construcción suecas | --- | --- | --- | Secretaría Técnica del Comité SfB de Suecia |
| 97 | Suecia | CityGML | CityGML | 2008 | 2021 | --- | Open Geospatial Consortium (OGC) |
| 98 | Suecia | CityJSON | CityJSON | 2019 | 2022 | --- | OGC |
| 99 | Suecia | IndoorGML | IndoorGML | 2019 | 2020 | --- | OGC |
| 100 | Suecia | InfraGML | InfraGML | 2017 | 2017 | --- | OGC |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 101 | Suecia | LandInfra | LandInfra | 2017 | 2017 | --- | OGC |
| 102 | Suecia | SGB | Svensk Geoprocess Byggnad (SGB) | 2017 | 2019 | --- | OGC |
| 103 | Suecia | Svensk Byggekatalog | Catálogo anual de materiales y productos y sus normas de calidad | --- | --- | --- | Secretaría Técnica del Comité SfB de Suecia |
| 104 | Suiza | d0165 | Benchmarking en gestión inmobiliaria | 2000 | --- | --- | Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos (SIA) y Asociación Suiza de agentes y administradores inmobiliarios (SVIT) |
| 105 | Suiza | NPK-Liste | Catálogo estándar de descripciones de edificios (Normpositionen Katalog NPK) | 2012 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | CRB - Swiss Research Center for Rationalization in Building and Civil Engineering |
| 106 | Suiza | SIA 504 416 | Definiciones de cantidades | 2003 | 2021 | --- | CRB |
| 107 | Suiza | SN 506504 ó CFH | Código de costos de construcción de hospitales | 2003 | --- | --- | CRB |
| 108 | USA | IFC | Industry Foundation Classes (IFC) | 1997 | 2021 | Facetas o combinatoria | Comité de Gestión de Proyectos de USA de IAI en alianza con la ISO |
| 109 | USA | IFD | International Framework for Dictionaries (IFD) - ISO 12006-3 | 1996 | 2012 | Enumerativa o jerárquica | Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI) |

Fuente: Elaboración propia

De la lista anterior y en correlación con lo expuesto en el marco legal de este documento, se resalta que los estándares de la ISO y buildingSMART tienen un enfoque aceptado y utilizado tradicionalmente en Colombia. Sin embargo, previa la debida revisión y articulación con la política pública nacional, todos los estándares descritos en el listado anterior pueden ser de utilidad como

marco de referencia para el desarrollo de iniciativas nacionales. No hace parte de esta investigación realizar una selección de estos marcos de referencia para su aplicación local.

De otro lado, también se destacan de esta lista las publicaciones de la Coalición Internacional de Estándares de Gestión de Costos (ICMSC) y de la Coalición Internacional de Estándares de Medición de Propiedades (IPMSC), las cuales representan uno de los esfuerzos más relevantes a nivel mundial en los últimos años en el propósito de establecer marcos de referencia de uso internacional. Su enfoque de desarrollo busca la consolidación como estándares universales en el sector de la construcción (BS, 2018). A continuación, se presenta la lista de estos 5 estándares.

Tabla 10. *Estándares internacionales de la ICMSC y de la IPMSC*

| Ítem | Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|-------------------|------------------------------|---|--------------------|----------------------|------------------------|--|
| 1 | *ICMSC | ICMS | Estándar internacional para la gestión de costos (ICMS) | 2017 | 2021 | Facetas o combinatoria | Coalición Internacional de Estándares de Gestión de Costos (ICMSC) |
| 2 | *IPMSC | IPMS - Retail buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Retail buildings | 2019 | 2019 | Facetas o combinatoria | Coalición Internacional de Estándares de Medición de Propiedades (IPMSC) |
| 3 | *IPMSC | IPMS - Industrial buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Industrial buildings | 2018 | 2018 | Facetas o combinatoria | IPMSC |
| 4 | *IPMSC | IPMS - Residential buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Residential buildings | 2016 | 2016 | Facetas o combinatoria | IPMSC |
| 5 | *IPMSC | IPMS - Office buildings | IPMS - Estándar internacional de medición de la propiedad - Office buildings | 2014 | 2020 | Facetas o combinatoria | IPMSC |

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se destacan los estándares desarrollados en Colombia, los cuales se presentarán seguidamente.

7.1.2.3 Principales sistemas de clasificación encontrados en la literatura

En la revisión de literatura se halló evidencia de al menos 91 SC relacionados con la industria de la construcción que han sido utilizados alrededor del mundo. A continuación, se presenta la tabla consolidada de los resultados, ordenados por País / Entidad de origen.

Tabla 11. Listado de los 91 sistemas de clasificación encontrados en la literatura.

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 1 | *CIB | LOC | Lista de propiedades para productos y materiales de construcción (LOC) | 1964 | 1993 | --- | Consejo Internacional de la Construcción (CIB) |
| 2 | *CIB | UDC/SfB | UDC/SfB | 1959 | --- | --- | CIB |
| 3 | *EECMA | UNSPSC | Código de productos y servicios estándar de las Naciones Unidas (UNSPSC) | 2003 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | EECMA |
| 4 | *EUIPO | TMclass | TMclass | 1957 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | EUIPO - Oficina de Propiedad Industrial de la Unión Europea |
| 5 | *Eurostat | NUTS | Nomenclature of territorial units for statistics (NUTS) | 1970 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Eurostat |
| 6 | *IBCC | ABC | Clasificación abreviada de edificios (ABC) | 1955 | --- | --- | Comité Internacional de Clasificación de Edificios (IBCC) |
| 7 | *NATO | NCS | NATO Codification system (NCS) | 2016 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | OTAN - Organización del Tratado del Atlántico Norte |
| 8 | *OASIS | UDDI | Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) | --- | --- | Enumerativa o jerárquica | OASIS |
| 9 | *ONU | ISIC | International Standard Industrial Classification (ISIC) | 1991 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | ONU |
| 10 | *PNUD | ISCO | International Standard Classification of Occupations (ISCO) - Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones | 1958 | 2008 | Enumerativa o jerárquica | PNUD |
| 11 | *Unión Europea | CBK | Centerkontrakt Byggeklassifikation (CBK) | 1990 | --- | Facetas o combinatoria | Unión Europea |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 12 | *Unión Europea | CPV | Vocabulario común de contratación de la Unión Europea (CPV) | 2002 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | European Parliament & the Council on the Common Procurement Vocabulary (CPV) |
| 13 | *WIPO | Locarno Classification | Locarno Classification | 1968 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | WIPO - World Intellectual Property Organization |
| 14 | *WIPO | NCL / NICE | NICE Classification (NCL) | 1957 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | WIPO |
| 15 | Alemania | Bau:Class | Bau Classification System (Bau:Class) | 2001 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | f: data GmbH |
| 16 | Alemania | BRD/SfB | BRD/SfB | 1971 | --- | Facetas o combinatoria | Gobierno de Alemania |
| 17 | Alemania | Eclass | Eclass | 2007 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Ministerio Federal de Economía y Tecnología (BMWi) |
| 18 | Alemania | KKS | Kraftwerk Kennzeichen System (KKS) - Identification Systems for Power Plants | 1970 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Alemania |
| 19 | Alemania | OKSTRA | Catálogo de objetos para redes viales y de tráfico (OKSTRA) | 2010 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | Ministerio Federal de Transporte, Construcción y Desarrollo Urbano |
| 20 | Alemania | Proficlass | Proficlass | 2006 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Proficlass International eV association |
| 21 | Alemania | STLB, STLB Bau | STLB Bau - Dynamic Construction Data | 1969 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Comité Mixto de Electrónica en la Construcción (GAEB) y publicado por el Instituto Alemán de Estandarización (DIN) |
| 22 | Australia | Aus Spec | Australian Classification System (AUS SPEC) | 1997 | 2019 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Australia |
| 23 | Australia | HBS | Home Building Service (HBS) | 2007 | --- | Facetas o combinatoria | Gobierno de Australia |
| 24 | Australia | Natspec | National Building Specification (NATSPEC) | 1989 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Empresa privada y gobierno de Australia |
| 25 | Austria | FreeClass | FreeClass | 2007 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | --- |
| 26 | Bélgica | BB/SfB | BB/SfB | 1990 | --- | Facetas o combinatoria | Gobierno de Bélgica |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 27 | Bélgica | EAN | European Article Number (EAN) | 2005 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | EAN International |
| 28 | China | GB/T 16828 | Código de barras para mercancía: numeración de ubicación global y marcado de código de barras 2021 | 1997 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | National Bureau of Statistics, China Institute of Standardization |
| 29 | China | GB/T 4754 | China Industry Classification standard (GB/T 4754) | 1994 | 2019 | Enumerativa o jerárquica | National Bureau of Statistics, China Institute of Standardization |
| 30 | Colombia | ANLA | Modelo de Almacenamiento Geográfico o Modelo de Datos de la ANLA | 2016 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | ANLA y Minambiente |
| 31 | Colombia | CPNAA | Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto del CPNAA | 2016 | 2016 | --- | Consejo Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA) |
| 32 | Corea | KSO (JKSO) | Korean Society of Oceanography Classification System (KSO) | 2010 | 2020 | Facetas o combinatoria | Sociedad Coreana de Oceanografía |
| 33 | Dinamarca | BIM7AA | BIM7AA | 2016 | 2018 | Facetas o combinatoria | AART architects, Arkitema Architects, C.F. Møller, CUBO Arkitekter A/S, Friis & Moltke A/S, Link Arkitektur, Schmidt hammer lassen architects |
| 34 | Dinamarca | CBC/SfB | Coordinated building communication - CBC/SfB | 1964 | 2005 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Dinamarca |
| 35 | Dinamarca | CCS | Cuneco Classification System (CCS) | 2012 | 2015 | Facetas o combinatoria | Construction Information Centre (BuildingSmart's Danish partner) |
| 36 | Dinamarca | DBK | Dansk Bygge Klassifikation (DBK) | 2006 | 2012 | Enumerativa o jerárquica | Programa de Convergencia Digital |
| 37 | España | guBIMClass | guBIMClass | 2017 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | GuBIMCat (Grupo de usuarios BIM de Cataluña) y Generalitat de Catalunya e Infraestructures.cat |
| 38 | Estonia | CCI | Construction Classification International (CCI) | 2018 | 2020 | Facetas o combinatoria | CCI working group |
| 39 | Finlandia | Talo 70, 80, 90, 2000 | Talo 70, 80, 90, 2000 o Building 70, 80, 90, 2000 | 1969 | 2010 | Facetas o combinatoria | Building Information Foundation |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|----------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 40 | Francia | CNEH | Nomenclature française des équipements hospitaliers | 1985 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Centre national de l'expertise hospitalière |
| 41 | Francia | Codificación DTU | Organisacion y codificación DTU | 1958 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Centro Científico y Técnico de la Construcción (CSTB) |
| 42 | Francia | INIES | Base de données environnementales et sanitaires de référence | 2004 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | Comité INIES |
| 43 | Francia | Método Untec | Análisis y Estimación de Costos de Construcción Inmobiliaria. | 1969 | 2021 | Facetas o combinatoria | Unión Nacional de Economistas de la Construcción (UNTEC) |
| 44 | Francia | MINND | Proyecto MINND | 2014 | 2022 | Enumerativa o jerárquica | Modelado de información interoperable para infraestructura sostenible (MINND) |
| 45 | Francia | RPOPC | RPOPC - Directorio permanente de obras y productos de construcción | 2007 | --- | Enumerativa o jerárquica | Agencia de Calidad de la Construcción (AQC) |
| 46 | Francia | SYCODES | Sycodès - Système de collecte des désordres | 2000 | 2019 | Enumerativa o jerárquica | AQC |
| 47 | Francia | UDC/SfB (edición francesa) | UDC/SfB (traducción francesa) | 1973 | 1973 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Francia |
| 48 | Italia | PC/SfB | PC/SfB | 1983 | 1983 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Italia |
| 49 | Italia | UNI 8290, 11337 | Criterios de codificación de obras y productos de construcción, actividades y recursos (UNI 11337) | 1981 | 2018 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Italia - grupo de trabajo "Autorità-Ance-Dei" |
| 50 | Luxemburgo | CRTI-B | Biblioteca CRTI-B | --- | --- | Enumerativa o jerárquica | Centro de Recursos de Innovación y Tecnología de la Construcción (CRTI-B) |
| 51 | Noruega | BARBi | Bygg og Anlegg Referanse Bibliotek (BARBi) | 2004 | 2017 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Noruega |
| 52 | Noruega | NS 3451 | NS 3451 - Tabla de componentes de construcción | 1988 | 2019 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Noruega |
| 53 | Noruega | POSC / Caesar | POSC / Caesar | 1997 | 2003 | Facetas o combinatoria | Petrotechnical Open Software Corporation y CAESAR Offshore Project |
| 54 | Nueva Zelanda | CBI | Coordinated Building Information System (CBI) | 1997 | 2020 | Facetas o combinatoria | Asociación para la Coordinación de Información sobre Construcción en Nueva Zelanda (ACBINZ) |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| 55 | Nueva Zelanda | Masterspec | Masterspec | 1998 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Construction Information Limited (CIL) |
| 56 | Países Bajos | BBW | Especificaciones Técnicas para Construcción de Vivienda (BBW) Bouwtechnisch Bestek Woningbouw | 2013 | 2015 | Facetas o combinatoria | Compañía Flamenca de Vivienda Social VMSW (Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen) |
| 57 | Países Bajos | EcoQuaestor | EcoQuaestor | 2014 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | Cooperativa Bouwprojecteconomie |
| 58 | Países Bajos | Elementenmethode | Elementenmethode | 1991 | 1991 | Facetas o combinatoria | Gobierno de Países Bajos |
| 59 | Países Bajos | NL/SfB | NL/SfB 2005 - Elementenmethode | 2005 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Países Bajos |
| 60 | Países Bajos | STABU 1, 2, Bouwbreed | STABU, STABU 2, STABU Bouwbreed | 1986 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | Fundación para una especificación de construcción estándar nacional (sigla STABU en holandés) |
| 61 | Portugal | SECClass | SECClass | 2022 | 2022 | Facetas o combinatoria | EEA Grants |
| 62 | Reino Unido | CAWS | Common Arrangement of Work Sections (CAWS) | 1987 | --- | Facetas o combinatoria | Construction Project Information Committee (CPIC) |
| 63 | Reino Unido | CI/SfB | Sistema de Clasificación de la Industria de la Construcción (CI/SfB) | 1968 | 1991 | Facetas o combinatoria | SfB Agency UK |
| 64 | Reino Unido | EPIC | European Product Information Co-operation (EPIC) | 1999 | --- | Facetas o combinatoria | --- |
| 65 | Reino Unido | SFCA | Standard form of cost analysis (SFCA) | 1961 | 2008 | Facetas o combinatoria | BCIS |
| 66 | Reino Unido | SFG20 | SFG20 | 1990 | --- | Facetas o combinatoria | Building Engineering Services Association (BESA) |
| 67 | Reino Unido | Uniclass 1, 2, 2015 | Unified Classification for the Construction Industry (Uniclass 1, 2, 2015) | 1997 | 2015 | Facetas o combinatoria | CPIC and NBS |
| 68 | Republica Checa | DesignClass | DesignClass | 2015 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | Oficina de Propiedad Industrial de la Union Europea |
| 69 | Republica Checa | RTS BIM | Klasifikační systém RTS BIM | 2015 | 2021 | Enumerativa o jerárquica | Sociedad anónima RTS |
| 70 | Republica Checa | SNIM | CZBIM - SNIM System | 2021 | 2021 | Facetas o combinatoria | Obermayer Helika |

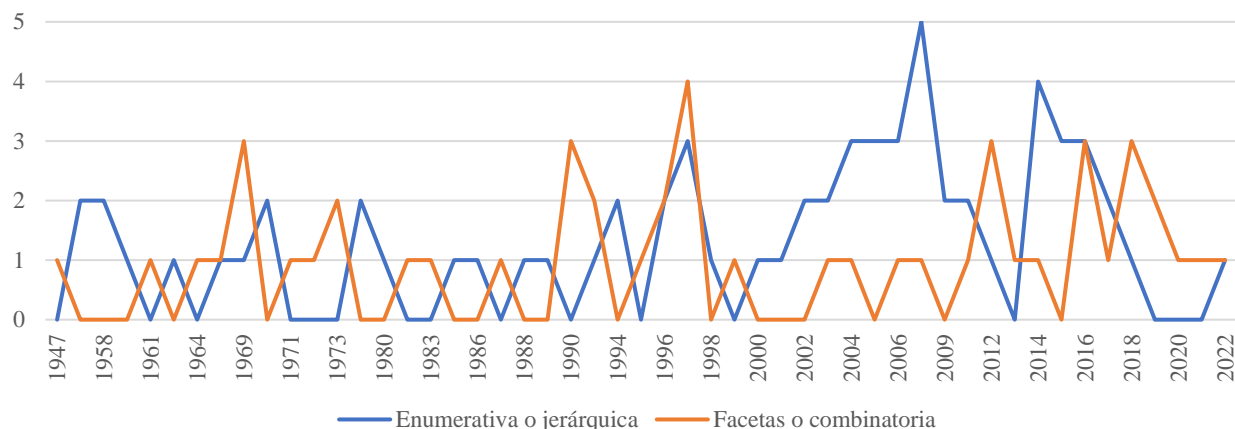
| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 71 | Singapur | BCA | Building and Construction Authority (BCA) | 2007 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | Gobierno de Singapur |
| 72 | Suecia | BSAB, BSAB 96 | Byggnadets Samordning AB (BSAB) | 1972 | 2001 | Facetas o combinatoria | Secretaría Técnica del Comité SfB de Suecia |
| 73 | Suecia | CoClass | CoClass | 2016 | 2020 | Facetas o combinatoria | Emerald Group Publishing Limited |
| 74 | Suecia | SfB | Samarbetskommitten for Byggnadsfragar (SfB) | 1947 | 2005 | Facetas o combinatoria | Secretaría Técnica del Comité SfB de Suecia |
| 75 | Suiza | CAN | Catalogue des articles normalisés (CAN) | 1996 | 2022 | Facetas o combinatoria | CRB - Swiss Research Center for Rationalization in Building and Civil Engineering |
| 76 | Suiza | SN 506 502 ó CFE | Clasificación de costos por elementos (Elementkosten-gliederung EKG) | 1995 | 2021 | Facetas o combinatoria | CRB |
| 77 | Suiza | SN 506 511 ó eCCC-Bât | Clasificación de costos de construcción en la construcción de edificaciones BCC-BC | 2012 | 2022 | Facetas o combinatoria | CRB |
| 78 | Suiza | SN 506 512 ó eCCC-GC | Clasificación de costos de construcción en ingeniería civil BCC-CE | 2012 | 2022 | Facetas o combinatoria | CRB |
| 79 | Suiza | SN 506500 ó CFC | Código de Costos de Construcción (CFC) | 1996 | 2022 | Facetas o combinatoria | CRB |
| 80 | Suráfrica | ASAQS | Elemental Class System (ASAQS) | 2016 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | Instituto BIM de África en asociación con ASAQS |
| 81 | Taiwan | EICS | Engineering Information Classification System (EICS) | 2003 | 2003 | Enumerativa o jerárquica | Shing-Tao, A. y Tsai, Y. |
| 82 | USA | CICS | CICS | 2003 | --- | Facetas o combinatoria | Instituto de Especificaciones de Construcción en los EE. UU |
| 83 | USA | GreenFormat | GreenFormat | 2014 | 2015 | Enumerativa o jerárquica | Construction Specifications Institute - CSI |
| 84 | USA | Mastercost ó UniFormat 1, 2 | Mastercost ó UniFormat 1, 2 | 1973 | 2010 | Facetas o combinatoria | Instituto Americano de Arquitectos (AIA), Admon. de Servicios Generales de USA (GSA) y American Society for Testing and Materials (ASTM) |
| 85 | USA | Masterspec | Masterspec | 1969 | 2020 | Facetas o combinatoria | Instituto Americano de Arquitectos (AIA) |

| Ítem | País / Entidad de origen | Nombre corto / Siglas | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|-----------------------|---|--------------------|----------------------|--------------------------|--|
| 86 | USA | NAICS | North American Industry Classification System (NAICS) | 2004 | 2017 | Enumerativa o jerárquica | Oficina de Estadística Laboral de E.E.U.U. |
| 87 | USA | Omniclass | Omniclass o OmniClass construction classification system (OCCS) | 2006 | 2021 | Facetas o combinatoria | Construction Specification Institute (CSI) |
| 88 | USA | SKP | SketchUp Pro Classification System (SKP) | 2019 | 2021 | Facetas o combinatoria | Trimble Inc. |
| 89 | USA | SOC | Standard Occupational Classification (SOC) | 2006 | 2018 | Enumerativa o jerárquica | Oficina de Estadística Laboral de E.E.U.U. |
| 90 | USA | TSKP | TSKP Classification System | 2018 | 2020 | Facetas o combinatoria | TSKP Studio, LLC |
| 91 | USA y Canadá | MasterFormat | Masterformat | 1963 | 2018 | Enumerativa o jerárquica | Construction Specification Institute (CSI) y Construction Specification Canada (CSC) |

Fuente: Elaboración propia

En la lista de la tabla anterior hay registro de SC que no se utilizan en la actualidad, sin embargo, estuvieron vigentes en algún momento y muchos de ellos han sido utilizados como base o complemento para el desarrollo de nuevos SC. Esta tendencia es común en los SC con mayor progreso, aceptación e influencia internacional. Tomando datos de la tabla anterior, la tendencia de desarrollo en el tiempo respecto de la categorización jerárquica o facetada de cada SC es la siguiente.

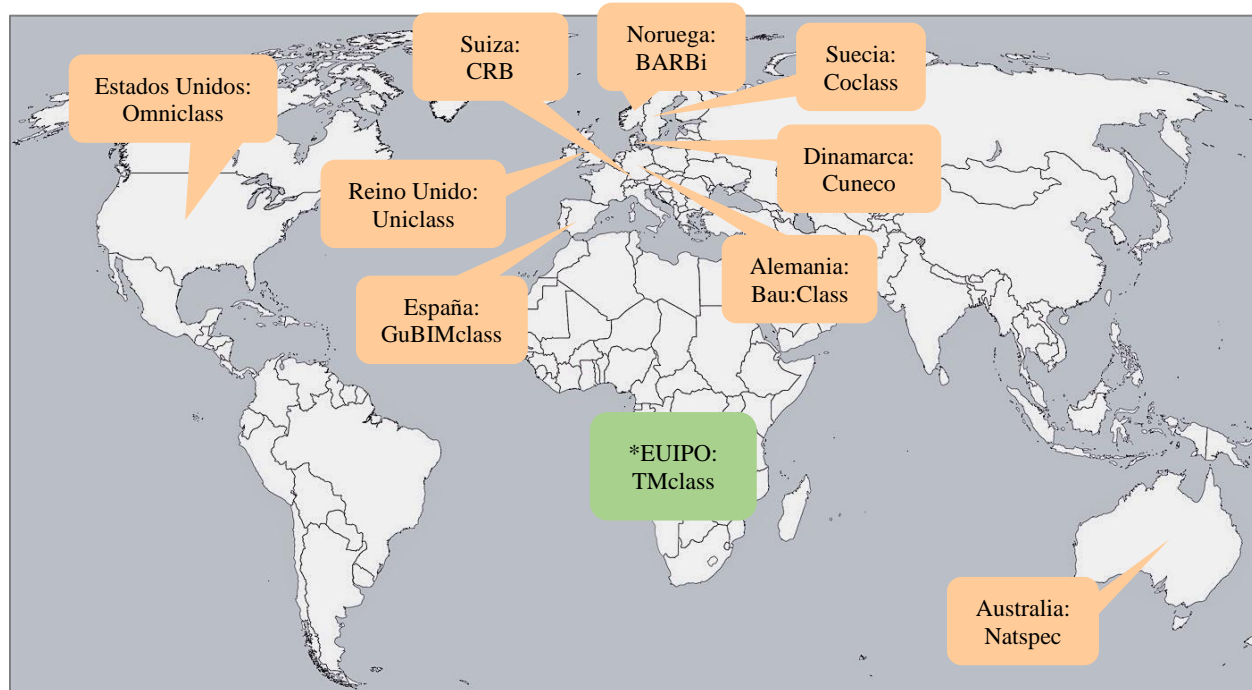
Figura 27. *Sistemas de clasificación encontrados en la literatura, por año de lanzamiento.*



Fuente: Elaboración propia

Según lo expuesto anteriormente, resulta complejo establecer un criterio de aceptación internacional para seleccionar los SC más relevantes a nivel mundial, ya que cada país y organización ha hecho su trabajo en función de sus necesidades locales y de la estructuración de sus leyes y normas (política pública). Sin embargo, si se consideran los aspectos enunciados y con el fin de presentar un contexto general mundial, es posible destacar los siguientes diez SC.

Figura 28. Top 10 de SC más relevantes a nivel mundial.



Fuente: Elaboración propia

Respecto de estos diez SC, la siguiente tabla presenta la relación de estos con los estándares ISO 12006 e ISO 81346.

Tabla 12. Top 10 de sistemas de clasificación más relevantes a nivel mundial.

| Ítem | País / Entidad de origen | Sistema de Clasificación | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Acorde con ISO 12006-2 | Acorde con ISO 81346 | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|---|
| 1 | *EUIPO | TMclass | 1957 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | SI | NO | EUIPO - Oficina de Propiedad Industrial de la Unión Europea |
| 2 | Alemania | Bau:Class - Bau Classification System | 2001 | 2016 | Enumerativa o jerárquica | SI | NO | f: data GmbH |
| 3 | Australia | NATSPEC - National Building Specification | 1989 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | SI | NO | Gobierno de Australia |

| Ítem | País / Entidad de origen | Sistema de Clasificación | Año de lanzamiento | Última actualización | Categorización | Acorde con ISO 12006-2 | Acorde con ISO 81346 | Autor / Administrador |
|------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|---|
| 4 | Dinamarca | CCS – Cuneco Classification System | 2012 | 2015 | Facetas o combinatoria | SI | SI | Construction Information Centre (BuildingSmart’s Danish partner) |
| 5 | España | guBIMClass | 2017 | 2020 | Enumerativa o jerárquica | SI | NO | GuBIMCat, Generalitat de Catalunya e Infraestructures.cat |
| 6 | Noruega | BARBi - Bygg og Anlegg Referanse Bibliotek | 2004 | 2017 | Facetas o combinatoria | SI | NO | Gobierno de Noruega |
| 7 | Reino Unido | UNICLASS - Unified Classification for the Construction Industry | 1997 | 2015 | Facetas o combinatoria | SI | NO | CPIC and NBS |
| 8 | Suecia | CoClass | 2016 | 2020 | Facetas o combinatoria | SI | SI | Emerald Group Publishing Limited |
| 9 | Suiza | CRB | 1995 | 2022 | Facetas o combinatoria | SI | SI | CRB Swiss Research Center for Rationalization in Building and Civil Engineering |
| 10 | USA | OMNICLASS - OmniClass construction classification system (OCCS) | 2006 | 2021 | Facetas o combinatoria | SI | NO | Construction Specification Institute (CSI) |

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.4 Estándares y sistemas de clasificación utilizados en Colombia

Para el caso de Colombia se ha encontrado registro de los siguientes ocho (8) estándares y SC relacionados con la temática de investigación de este proyecto, que han sido desarrollados en nuestro país.

Tabla 13. *Estándares y sistemas de clasificación desarrollados en Colombia.*

| Ítem | Sistema de clasificación / Estándar | Nombre completo / Tema | Año de lanzamiento | Última actualización | Autor / Administrador |
|------|-------------------------------------|---|--------------------|----------------------|--|
| 1 | Estándar | Análisis de precios unitarios (APU) de referencia para obras viales | 2014 | 2022 | INVIAS |
| 2 | Estándar | Guía de aplicación BIM basada en ISO 19650 | 2020 | 2020 | Grupo de Trabajo BIM Colombia |
| 3 | Estándar | Guía para la adopción BIM en las organizaciones | 2020 | 2020 | CAMACOL |
| 4 | Estándar | Guía de estándares, métodos y procedimientos BIM | 2020 | 2020 | Grupo de Trabajo BIM Colombia |
| 5 | Estándar | Marco de interoperabilidad para gobierno digital | 2019 | 2019 | MinTIC |
| 6 | Estándar | Modelo de datos para el dominio de la administración de tierras - Perfil Colombiano de la ISO 19152 | 2016 | 2016 | Agencia Nacional de Tierras - ANT (Colombia) y Secretaría de Estado para Asuntos Económicos - SECO (Suiza) |
| 7 | Sistema de Clasificación | Modelo de Almacenamiento Geográfico o Modelo de Datos | 2016 | 2016 | ANLA y Minambiente |
| 8 | Sistema de Clasificación | Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto | 2016 | 2016 | Consejo Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA) |

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la implementación de SC internacionales en Colombia, el SC utilizado para la codificación de bienes y servicios de la agencia nacional de contratación pública - Colombia Compra Eficiente (CCE), es el Código Estándar de Productos y Servicios de la Organización de las Naciones Unidas (UNSPSC), versión 14.0801, traducido al español (CCE, 2022b).

Como se ha expresado anteriormente, con el fin de articularse en los procesos de transformación digital, interoperabilidad y estandarización nacional, ColombiaClass ha adoptado esta misma versión del UNSPSC en su tabla E - Productos y Servicios. Esto permite que toda la clasificación, disgregación y codificación de productos y servicios utilizada en ColombiaClass sea exactamente la misma que utiliza Colombia Compra Eficiente. De esta manera, ColombiaClass permite una gestión integral de los activos de construcción acorde con las leyes nacionales, los

estándares y las herramientas metodológicas que enmarcan el Sistema de Compra Pública de Colombia, determinadas para el desarrollo del Plan Anual de Adquisiciones, la compra de bienes y servicios, y la gestión de contratos establecidos por Colombia Compra Eficiente (CCE, 2022a).

De otra parte, desde el 2020 el gobierno de Colombia, a través de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) implementó el sistema de clasificación TMClass de la Oficina de Propiedad Industrial de la Unión Europea (EUIPO, por sus siglas en inglés). Este SC contiene más de 70.000 términos para seleccionar productos y servicios que se desean proteger con derechos de autor (SIC, 2022).

Finalmente, y como complemento de esta revisión de literatura, en la sección de apéndices del presente documento es posible encontrar la tabla detallada de los principales estándares y sistemas de clasificación encontrados en la revisión de literatura. En este apéndice se encuentra información adicional sobre su año de lanzamiento, fecha de su última actualización, país o entidad de origen, categorización, autor o administrador, y uso / descripción de cada sistema.

7.1.3 Análisis de resultados obtenidos en la revisión de literatura

Por su parte, se destacan las fuentes que han realizado estados del arte y revisiones de literatura en SC, dentro de las cuales se han analizado SC Internacionales (Kula y Ergen, 2018) (Conejera, 2019), SC europeos (Howard, 2001), estándares internacionales (Ekholm, 2016), enfoques de clasificación (Wild et al., 2009), definición de datos y etiquetas para BIM (Palos, 2012), estándares CAD (Howard y Björk, 2007), productos de la construcción (Afsari y Eastman, 2016), y SC para gestión de patrimonio (Hussein y Ismaeel, 2020).

Las fuentes que evidencian desarrollos de marcos de referencia y sistemas de clasificación de la construcción se subdividen en SC de desarrollo estatal y SC de desarrollo particular o privado.

Es posible ver como múltiples países han desarrollado sus propios SC, como son Reino Unido (Uniclass, 2022), Estados Unidos (CSI, 2022), Suecia (Coclass, 2022) y España (GuBIMclass, 2022), entre otros, así como el desarrollo de SC enfocados en la gestión de proyectos viales (Hong y Boo, 2016) (Ji et al., 2012), gestión de plantas eléctricas (Seokhyeon et al., 2019), gestión de proyectos espaciales (Byoung et al., 2006), gestión de sistemas de transporte inteligente (Vlasov et al., 2016), gestión de arquitectura patrimonial (Hussein y Ismaeel, 2020), gestión de residuos (Young et al., 2017), gestión de proyectos sostenibles (Likhitrungsilp et al., 2012), gestión de sistemas contra incendios (Lehner, 2005), bases de datos para BIM (Hong y Boo, 2016), EDT estandarizadas y sistemas de inventarios (Alkasasbeh et al., 2020), y SC basados en web y bases de datos (Leen et al., 2005) (Björk, 1994). Hoy en día se destacan desarrollos enfocados a la estandarización de estructuras para la colección de datos acordes con la metodología BIM (Natspec, 2022) (Ryu, M. et al, 2021) (Daniotti, B. et al, 2020) (Young, K. et al, 2017).

Las fuentes que evidencian el desarrollo de estándares y metodologías se enfocan en la estandarización para BIM (Grupo BIM Colombia, 2020) (PlanBIM, 2019) (CAMACOL, 2018b), estandarización cartográfica (Agencia Nacional de Licencias Ambientales [ANLA], 2016), SC según los tipos de construcción (Mêda y Sousa, 2015), entidades de construcción para BIM (Likhitrungsilp et al., 2014), y la estandarización CAD (Consejo Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares [CPNAA], 2017), entre otros.

En la última temática se hallan las fuentes que evidencian investigaciones en factores de influencia, en donde se destacan estudios sobre sistemas de clasificación basados en Machine Learning para BIM (Ryu, M. et al, 2021), la relación de la EDT con otros elementos en proyectos de construcción (Cerezo et al., 2020), implementación de Coclass (Sadri et al., 2020), la gestión

de la calidad (Lukichev y Romanovich, 2016), las implicaciones del uso de EDT no estandarizadas (El Rashid, 2016), y la influencia de los SC en la construcción (Yong y Tae, 2011), entre otros.

Si bien, en la revisión de literatura se han identificado un total de 91 SC, podría decirse que los sistemas Uniclass, CoClass, Cuneco y Omniclass representan los SC vigentes con mayor difusión en la industria de la construcción a nivel mundial hoy en día. Estos reflejan aspectos importantes y diferencias que pueden ser de utilidad para el entendimiento de la filosofía general de los SC. Todos estos sistemas están basados en ISO 12006-2 y son sistemas de múltiples tablas.

Coclass y Omniclass se desarrollaron a partir de sistemas previos de una sola tabla. Uniclass ha tenido más actualizaciones que OmniClass, en las cuales se ha logrado una mayor integración y consistencia. El sistema Cuneco (CCS) fue precedido por los sistemas DBK y BC/SfB. CoClass fue precedido por los sistemas BSAB y SfB. Dado que OmniClass y Uniclass 2015 representan un enfoque más establecido para la clasificación, son los sistemas más reconocibles para la mayoría de las partes interesadas de la industria de la construcción. Omniclass y Uniclass 2015 cuentan con una clasificación típica o tradicional con diferentes tablas de clasificación para los diferentes participantes, propósitos y clases de subtipos especializados. Sin embargo, los sistemas CCS y CoClass, debido al enfoque en la ISO 81346 – con una clasificación orientada a objetos, genérica y estable para BIM – resultan más fáciles de comprender por los usuarios. Las tablas de clasificación de Uniclass 2015 y Omniclass se pueden descargar en formato Excel gratuitamente en línea. Las tablas de Omniclass están disponibles también en formato pdf. Se puede hacer uso del sistema Uniclass 2015 en una herramienta online. Uniclass 2015 abarca en sus tablas los edificios, obras civiles y de urbanismo, infraestructura de transporte y servicios públicos, e ingeniería de procesos de manera más uniforme y consistente que Omniclass. La estructura interna de las tablas de Uniclass 2015 sigue un patrón más consistente porque la base

de especialización se ha aplicado de manera más estable, en consecuencia, la organización jerárquica del sistema de notación es más consistente. Esto permite mayor facilidad para la identificación de los patrones dentro de la organización del sistema. A pesar de que Uniclass 2015 y Omniclass tienen tablas similares basadas en ISO 12006, cada sistema está organizado o combinado de manera ligeramente diferente. Uniclass 2015 presenta actualizaciones con más frecuencia que Omniclass.

Como se ha dejado entender previamente en este documento, los sistemas CCS y CoClass contienen tablas similares basadas en la norma ISO 12006-2, sin embargo, se diferencian de OmniClass y Uniclass, ya que han incorporado adicionalmente las bases del estándar ISO 81346.

En este contexto, no existe un SC específico que pueda recomendarse para el caso de aplicación nacional, sin embargo, las características y los objetivos de los sistemas Cuneco (Dinamarca), CoClass (Suecia) y CRB (Suiza), los cuales combinan los requisitos de los estándares ISO 12006 e ISO 81346 y cuentan con las características descritas anteriormente, son los llamados a ser la guía estructural para el desarrollo de las iniciativas locales. De igual manera, el contenido de las tablas del SC Omniclass será de gran utilidad por su amplia difusión en América latina, y su uso cada vez mayor en herramientas de software CAD y modelado 3D en Colombia.

Esta estrategia permite la simplificación de la identidad de los objetos mediante una referencia única vinculada a propiedades que lo definen, en lugar de utilizar una cadena de múltiples tablas o facetas que agregan complejidad y aumentan el volumen de datos a gestionar, como ya se ha expuesto anteriormente.

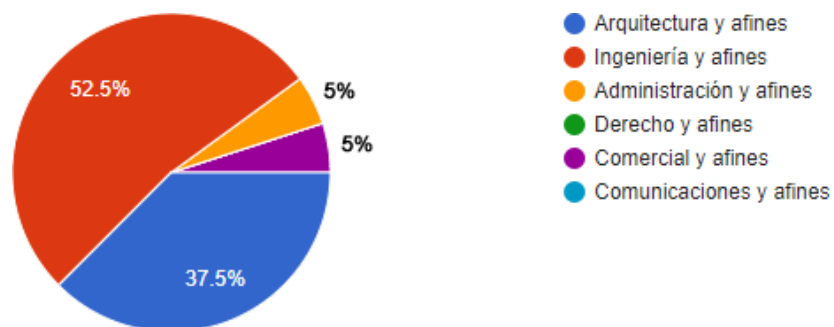
7.2 Encuesta nacional y EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia

La presentación de los resultados de la encuesta nacional a expertos se clasifica en tres partes: 1. La estadística descriptiva y categorización de los resultados, 2. El análisis de los resultados obtenidos en la encuesta, y 3. La EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia.

7.2.1 Estadística descriptiva y categorización de los resultados

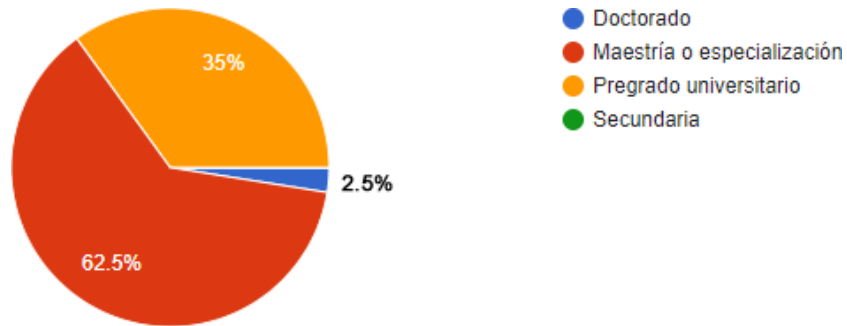
Por medio de las siguientes siete (7) gráficas, se presentará el perfil profesional de los ciento sesenta (160) encuestados y de las empresas u organizaciones en donde trabajan actualmente. La estructura completa del cuestionario realizado y las respuestas tabuladas se encuentran en los apéndices de este documento.

Figura 29. *Disciplina de profesión de los encuestados.*



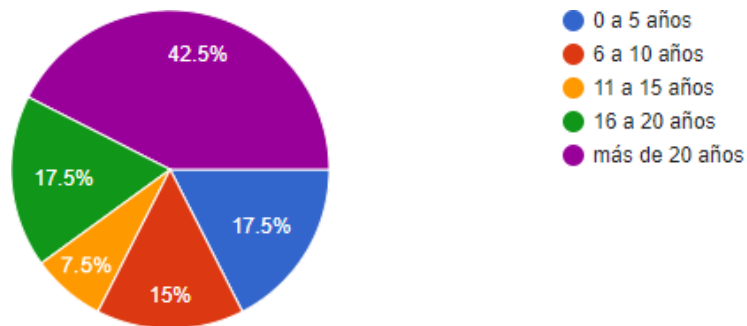
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 30. Nivel de formación de los encuestados.



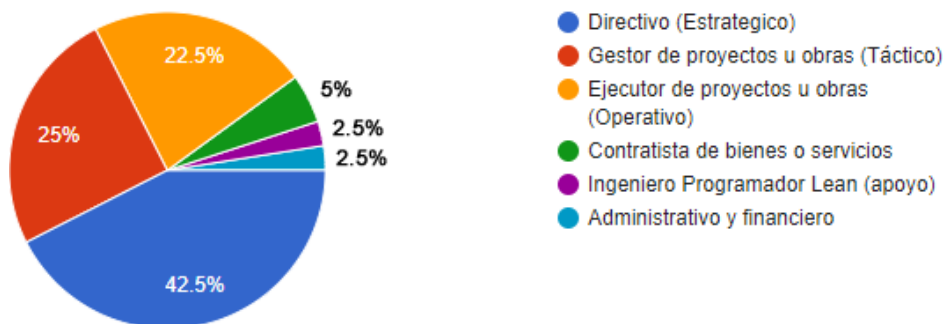
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 31. Años de experiencia profesional de los encuestados.



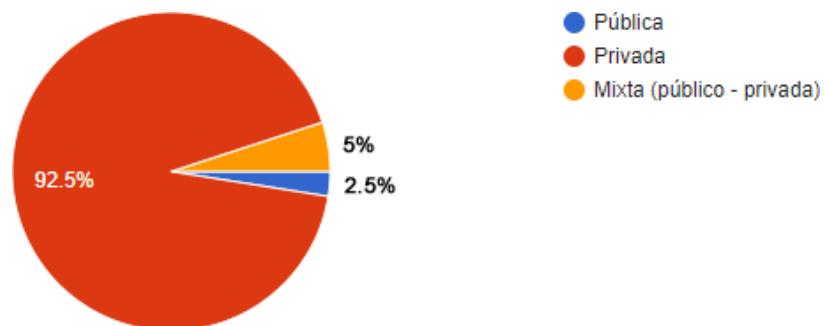
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 32. Rol del encuestado en la empresa donde trabaja actualmente.



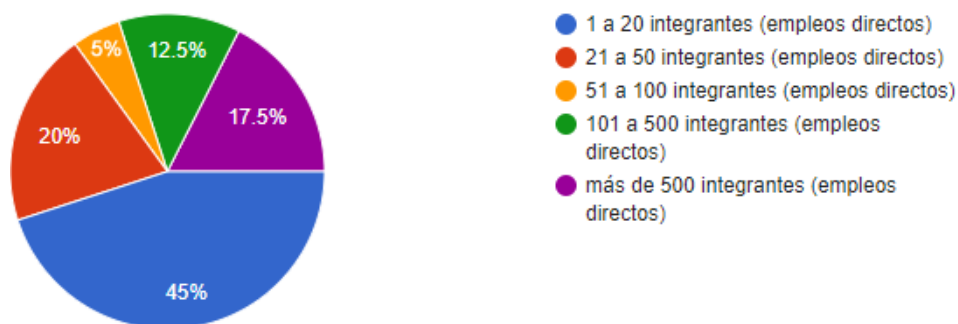
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 33. Tipo de empresa donde trabaja actualmente el encuestado.



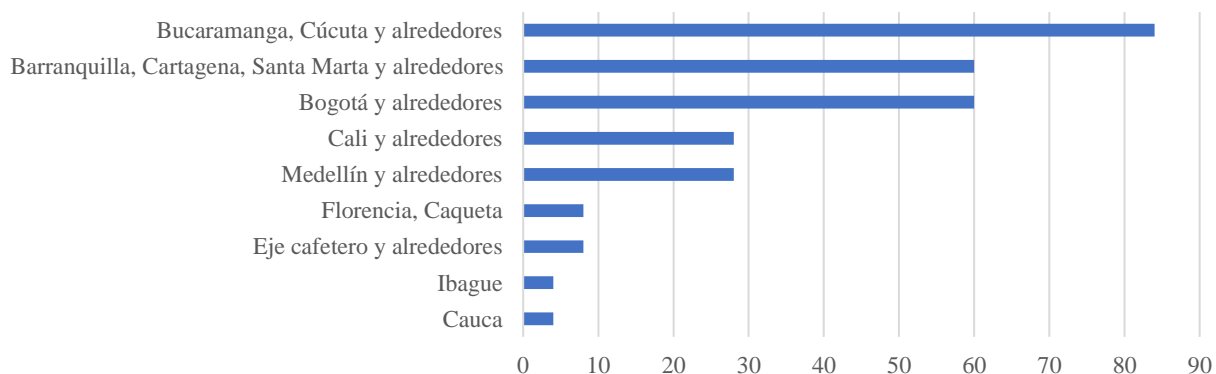
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 34. Cantidad de integrantes de la empresa donde trabaja actualmente el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 35. Ciudades en donde la empresa del encuestado desarrolla proyectos de vivienda.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

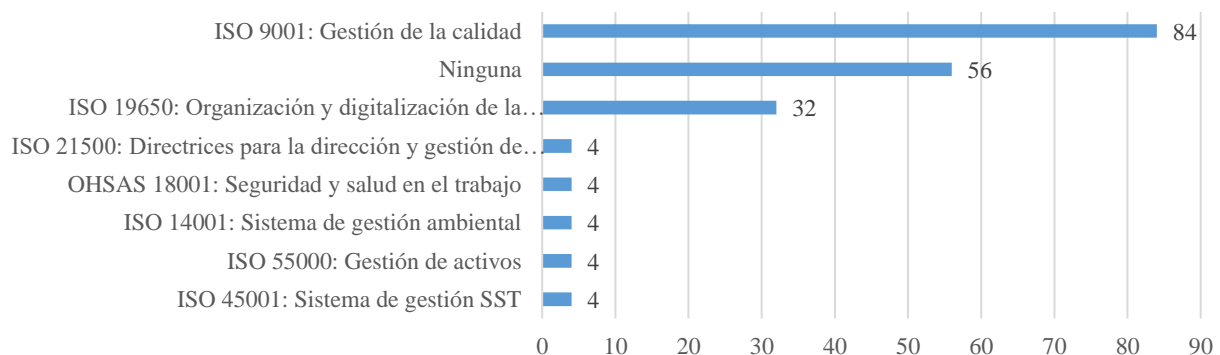
7.2.2 Análisis de los resultados obtenidos en la encuesta nacional

Como referencia para la presentación de este punto, se clasificarán los resultados de acuerdo con las secciones de la encuesta realizada (tabla 5). La estructura completa del cuestionario realizado y las respuestas tabuladas se encuentran en los apéndices de este documento.

7.2.2.1 Uso e implementación de estándares de gestión

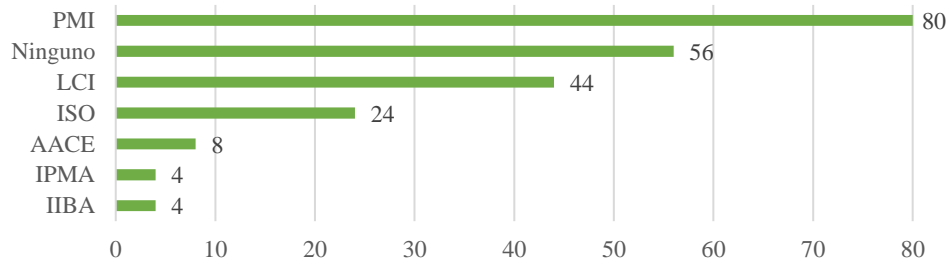
Las siguientes tres (3) gráficas presentan el uso e integración entre diversos sistemas de gestión en las organizaciones (figura 2), a la luz de lo establecido en el estándar ISO 19650-1 (ISO, 2018b) y diversos estándares de gestión a nivel mundial (PMI, 2016, 2017) (AAACE, 2015) (IPMA, 2015, 2018) (OGC, 2009).

Figura 36. Estándares ISO implementados en la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 37. Estándares de gestión utilizados en la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 38. Áreas en las que se enfoca la gestión en la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

En Colombia, predomina principalmente el uso del estándar del Project Management Institute (PMI), para hacer gestión de los contratos, los presupuestos, los cronogramas, el alcance, y la calidad, entre otros. Estas áreas se conocen como *restricciones contrapuestas* o áreas de gestión operativa de los proyectos (PMI, 2017).

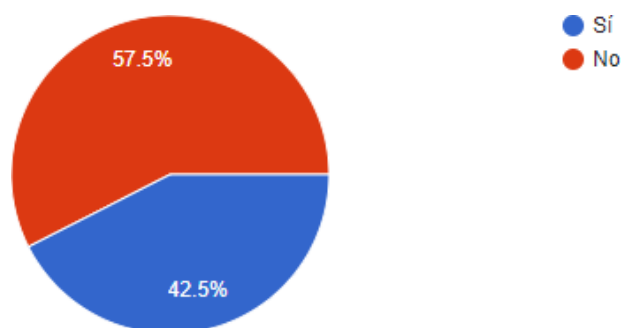
También se destaca que, un 52,5% de los encuestados manifestó que en las empresas donde trabajan actualmente se ha implementado el estándar ISO 9000 (ISO, 2015a), sin embargo, solo el 2.5% han implementado el ISO 55000 (ISO, 2014b) e ISO 21500 (ISO, 2021), y un 20% el ISO 19650 (ISO, 2022a, 2018b, 2018c). Estos resultados permiten evidenciar que hay un trabajo muy importante por desarrollar para lograr una gestión integral de los activos de infraestructura en las empresas u organizaciones a nivel nacional.

Resulta relevante indicar que, la segunda respuesta con más puntuación corresponde a las empresas que no han implementado ningún tipo de estándar en su gestión, con un 35% a nivel nacional.

7.2.2.2 *Uso e implementación de estructuras desagregadas de trabajo (EDT)*

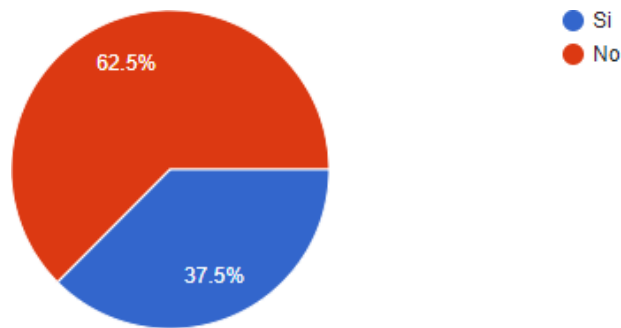
Las siguientes ocho (8) gráficas corresponden a la caracterización de las EDT que se utilizan a nivel nacional. Esta sección de preguntas fue fundamental como insumo para la construcción de la EDT objeto de esta investigación.

Figura 39. *Conoce el encuestado lo que es una estructura desagregada de trabajo?.*



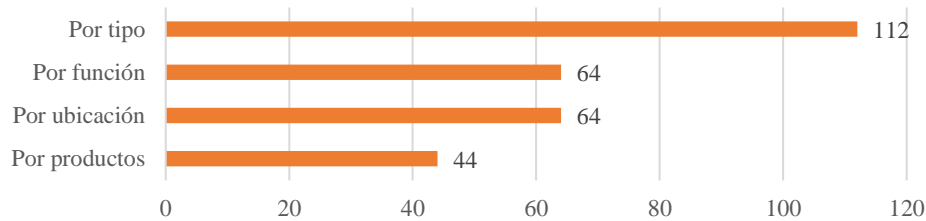
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 40. *Se utilizan EDT estandarizadas en la empresa donde trabaja el encuestado?.*



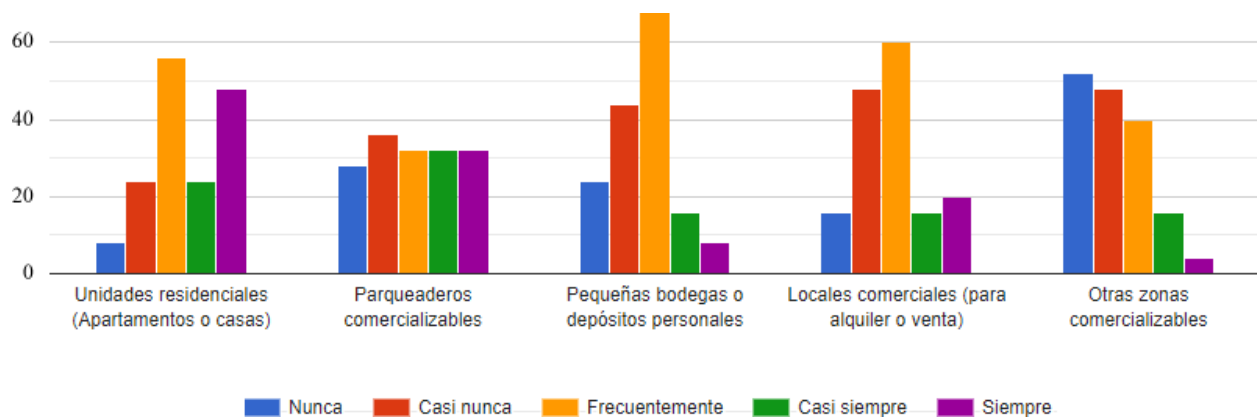
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 41. *Clasificación de los contratos en la empresa donde trabaja el encuestado.*



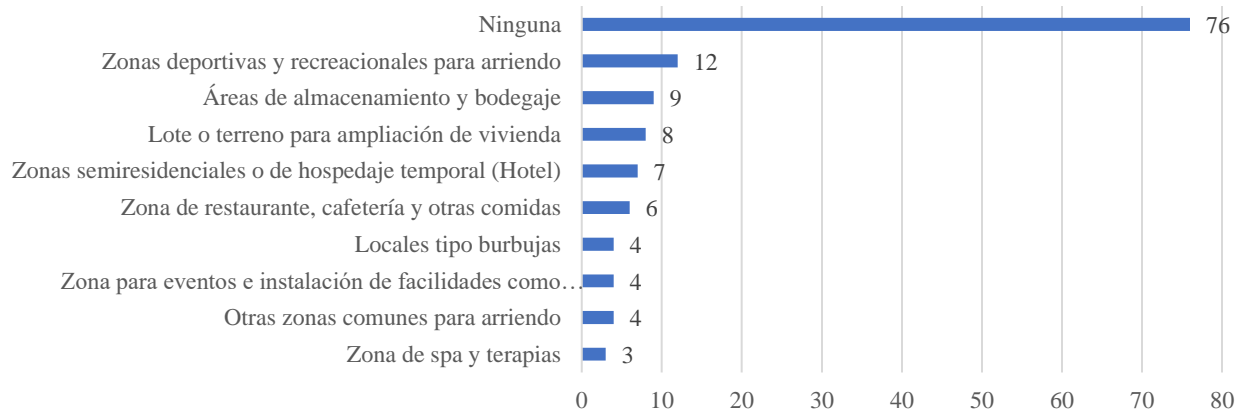
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 42. *Frecuencia con que se incluyen las áreas comercializables indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado.*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

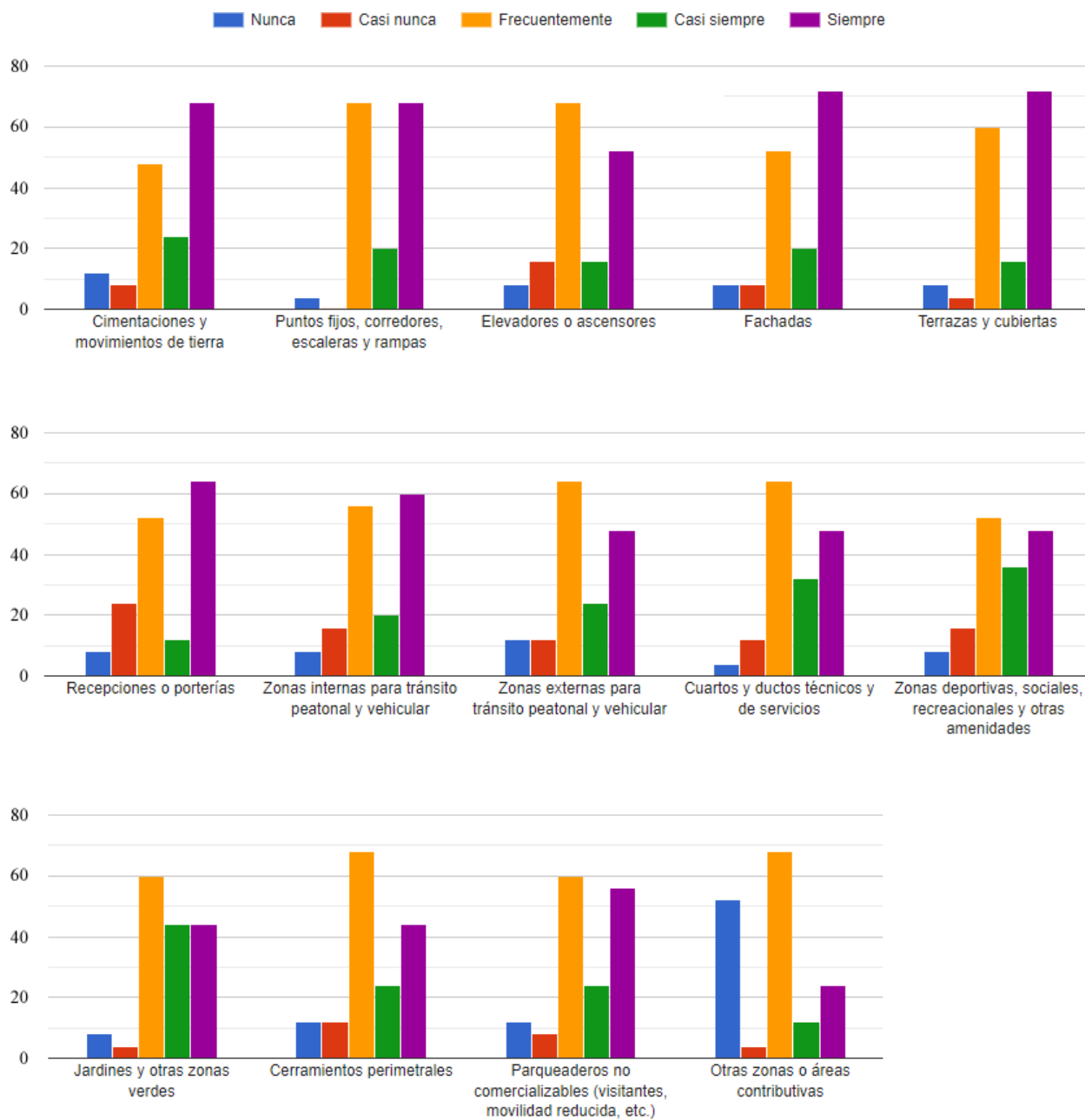
Figura 43. *Otras zonas comercializables que se incluyen en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado.*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

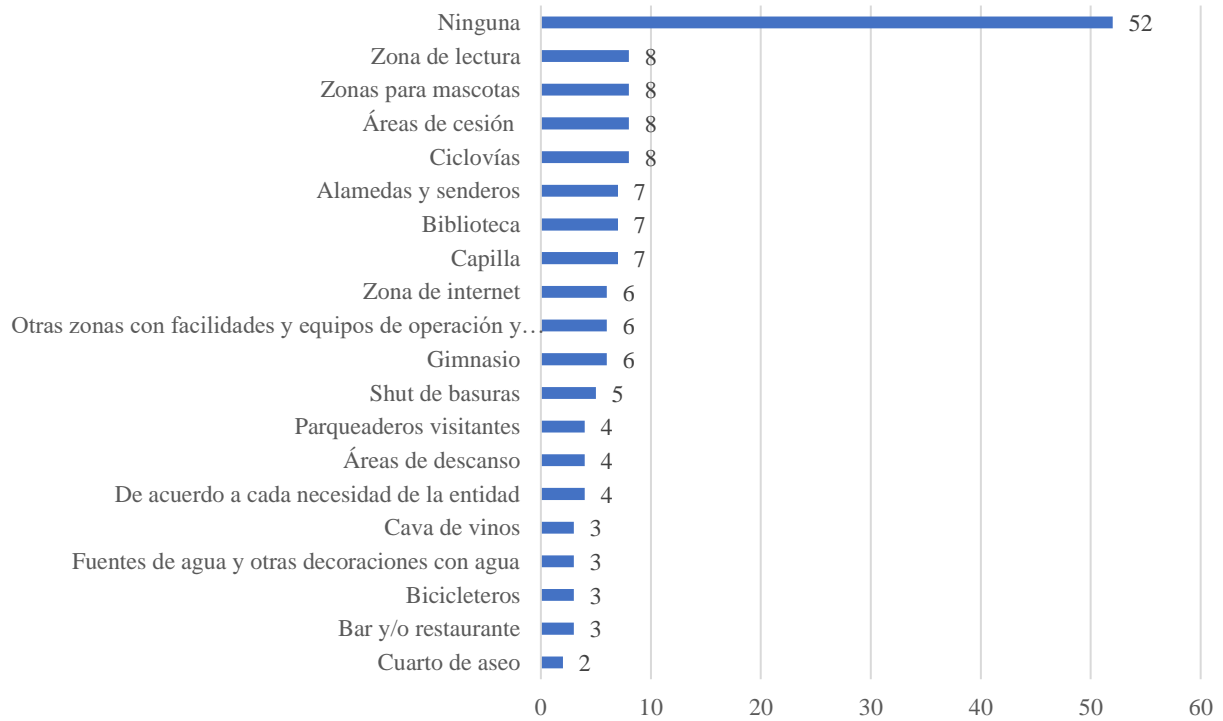
* *Las zonas o áreas comercializables son aquellas que se pueden vender o arrendar.*

Figura 44. Frecuencia con que se incluyen las áreas contributivas indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

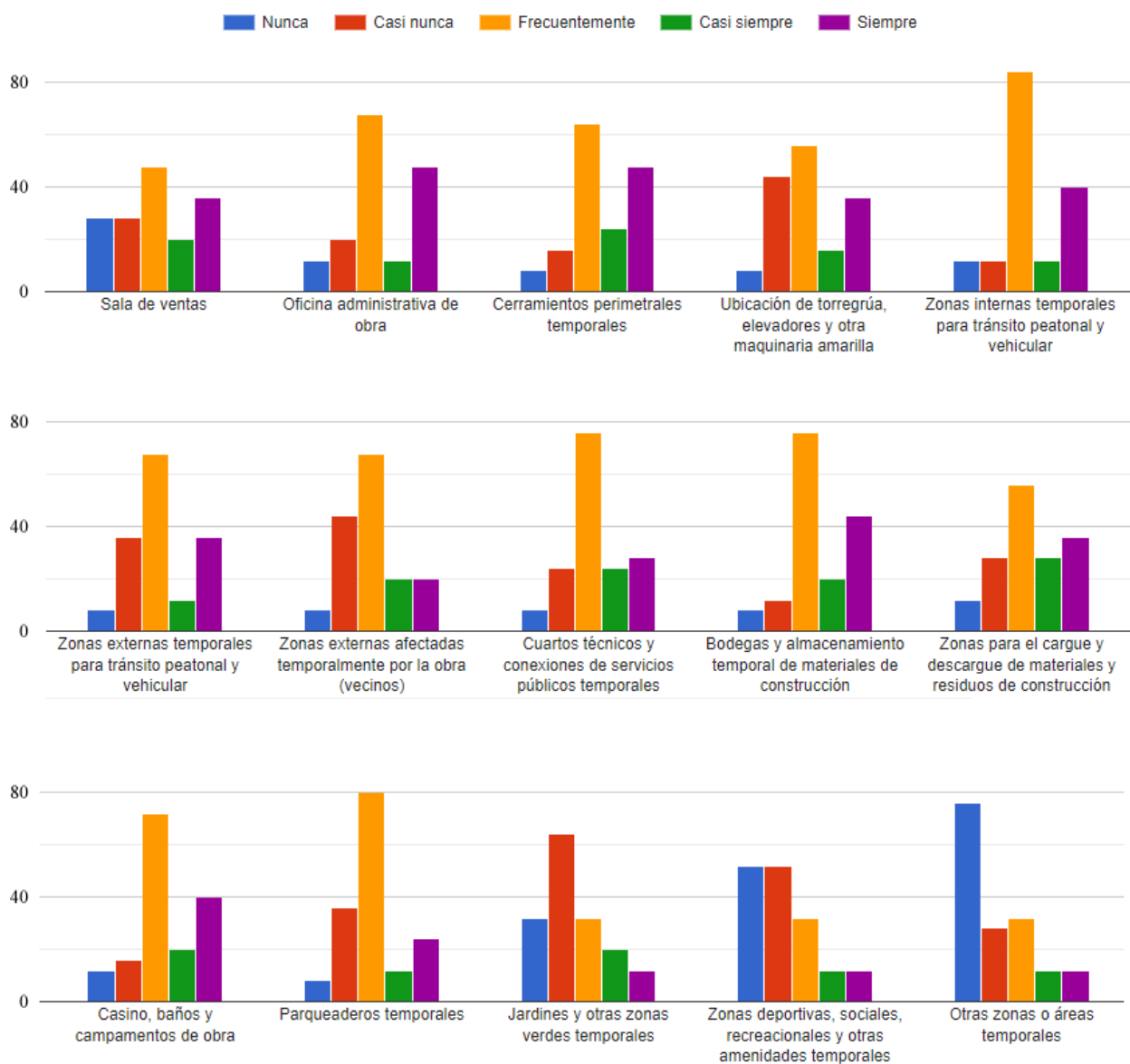
Figura 45. *Otras zonas contributivas que se incluyen en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado.*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

** Las zonas o áreas contributivas son aquellas que no se pueden vender ni arrendar, pero son indispensables en el proyecto.*

Figura 46. Frecuencia con que se incluyen las áreas temporales indicadas en los proyectos de vivienda de la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

* Las zonas o áreas temporales son aquellas que se utilizan únicamente durante la ejecución de la obra.

Como se ha dicho anteriormente, esta sección de la encuesta fue primordial para el entendimiento acerca del uso e implementación de EDT a nivel nacional.

Se destaca que el 57,5% de los encuestados manifestó desconocer qué es una EDT, y el 62,5% indicó que no se utilizan EDT estandarizadas en la gestión de proyectos de la empresa donde trabajan actualmente. Sin embargo, se hace evidente el uso de algún tipo de clasificación y disgregación de los contratos, por medio de una clasificación *por tipo, por función, por ubicación o por productos*, de acuerdo con lo establecido en ISO 81346 (ISO, 2022c, 2019, 2018d).

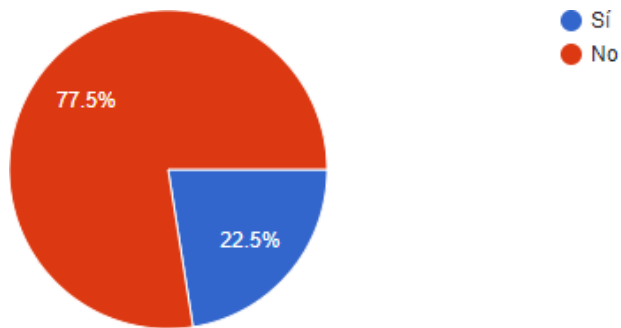
En adelante, las siguientes preguntas de esta sección aportan datos para la construcción de la EDT de uso común en la construcción de vivienda en Colombia, la cual se enfocó en aportar en sus primeros niveles un análisis de costos, disgregando las zonas en: 1. Zonas comercializables, 2. Zonas contributivas, 3. Zonas temporales, 4. Zonas de Cesión, y 5. Otras zonas, de acuerdo con lo recomendado en el estándar ISO 12006-2 (ISO, 2015b).

En el capítulo 7.2.3 se complementa el análisis de estos resultados, presentando la EDT construida a partir de estos.

7.2.2.3 Uso e implementación de sistemas de clasificación (SC)

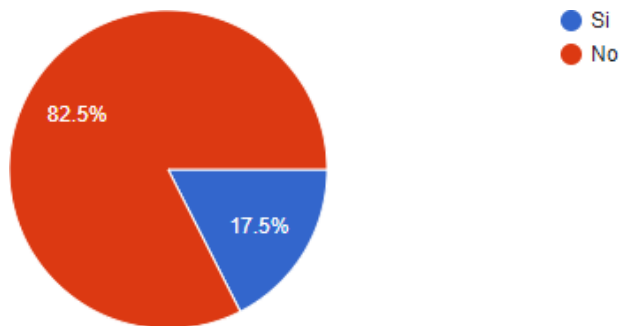
Las siguientes tres (3) gráficas ilustran acerca del conocimiento y uso de sistemas de clasificación a nivel nacional.

Figura 47. Conoce el encuestado lo que es un sistema de clasificación de construcción?.



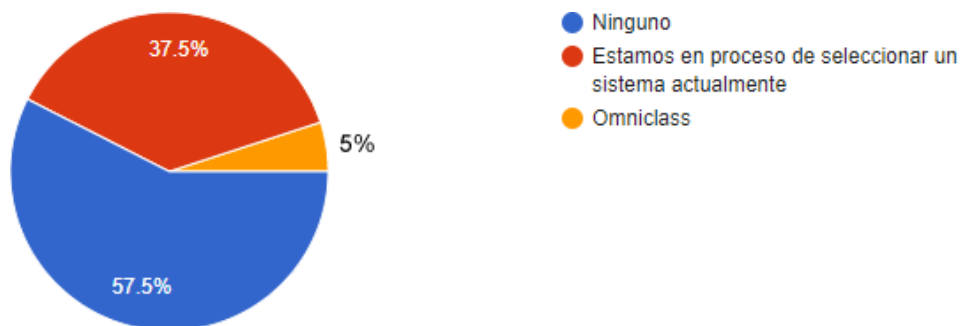
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 48. Se utilizan sistemas de clasificación en la empresa donde trabaja el encuestado?



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 49. Sistemas de clasificación utilizados en la empresa donde trabaja el encuestado.



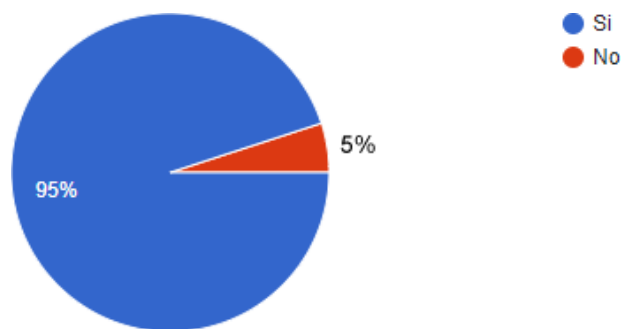
Fuente: Encuesta nacional a expertos

De estos resultados, únicamente un 17,5% de los encuestados manifestó que se utiliza algún tipo de sistema de clasificación en las empresas en donde trabajan actualmente. De estos, un 5% de los encuestados manifestaron utilizar un sistema de clasificación de construcción en la gestión de proyectos, destacándose Omniclass. Además, es importante resaltar que un 77,5% desconoce lo que es un sistema de clasificación.

7.2.2.4 Uso e implementación de Building Information Modeling (BIM)

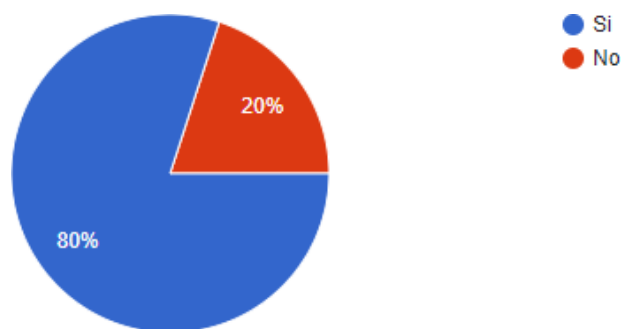
Las siguientes seis (6) gráficas ilustran acerca del conocimiento y uso de la metodología BIM a nivel nacional.

Figura 50. *Conoce el encuestado lo que es BIM?*



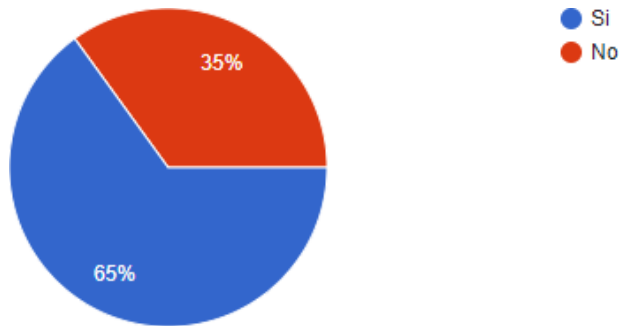
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 51. *Se utilizan modelos 3D en los proyectos de la empresa donde trabaja el encuestado?*



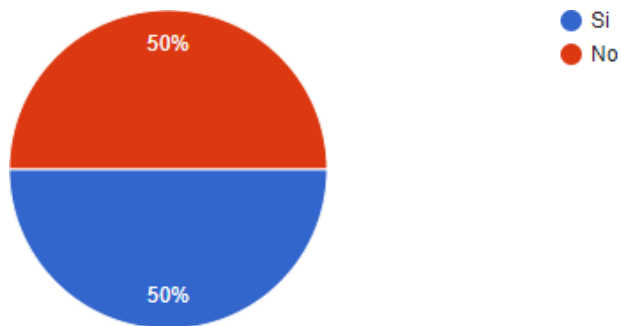
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 52. *Hay personal con roles BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?*



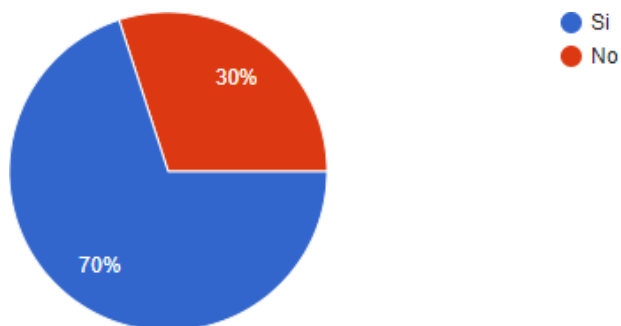
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 53. *Hay programas de capacitación en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?*



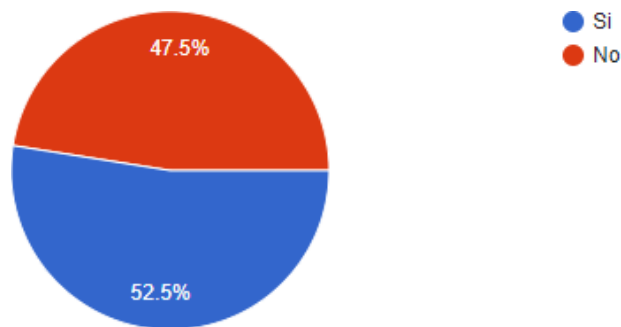
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 54. *Se han identificado nuevas oportunidades de negocio a partir de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 55. *Se comparten datos con otros interesados por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado?.*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Si bien, un 60% de los expertos encuestados corresponden a personas con 16 o más años de experiencia profesional (un 42,5% de ellos con más de 20 años), y un 67,5% del total de encuestados ocupa cargos estratégicos y tácticos en las empresas donde trabajan actualmente, se deben resaltar los siguientes aspectos:

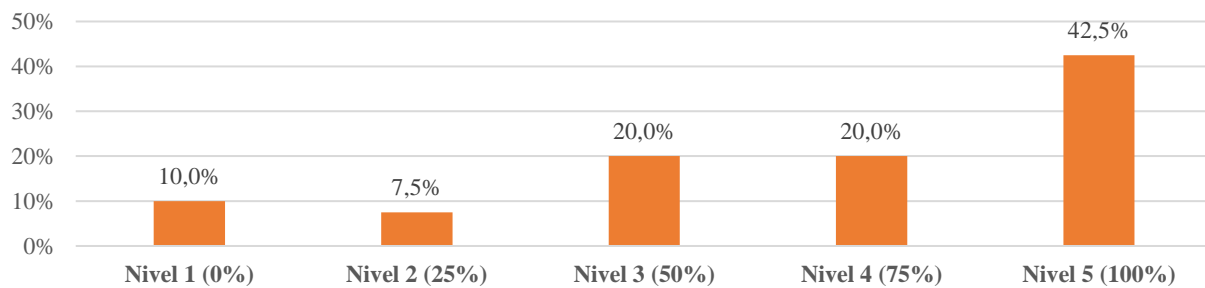
El 95% de los encuestados manifestó saber qué es la metodología BIM, sin embargo, al indagar sobre su uso en las empresas, únicamente el 80% de los encuestados manifestó que utilizan modelos 3D en la gestión de proyectos. Este porcentaje se reduce a 70% de las empresas que han identificado nuevas oportunidades de negocio a partir de BIM, un 65% de las empresas que cuentan con personal con roles BIM, un 50% de empresas con programas de capacitación BIM, y un 52,5% que comparten datos por medio de herramientas BIM.

De esta manera, es posible evidenciar que puede haber conceptos errados acerca del concepto, el alcance, la importancia y pertinencia del uso de BIM en las empresas a nivel nacional.

7.2.2.5 Madurez BIM de las empresas u organizaciones nacionales

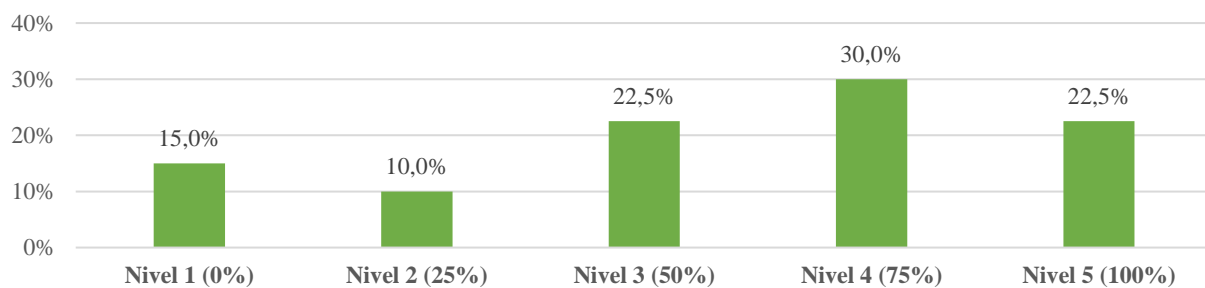
Las siguientes nueve (9) gráficas aportan al entendimiento del conjunto de capacidades y el índice de madurez BIM (descritos en las figuras 4 y 5) en las empresas u organizaciones a nivel nacional.

Figura 56. Compromiso y apoyo a BIM por parte de los directivos y ejecutivos de la empresa donde trabaja el encuestado.



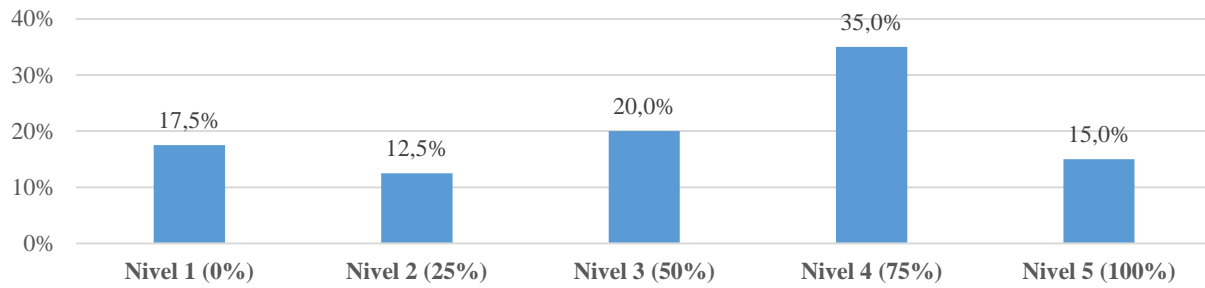
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 57. Avance de planes y programas BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



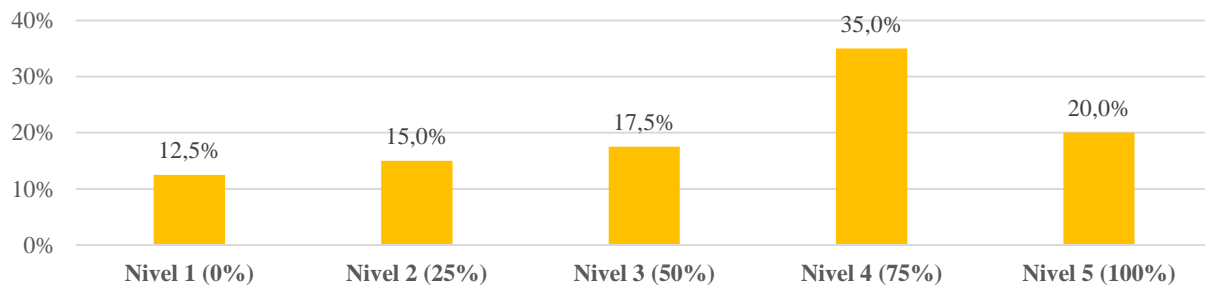
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 58. Integración de BIM con la estrategia de la empresa donde trabaja el encuestado.



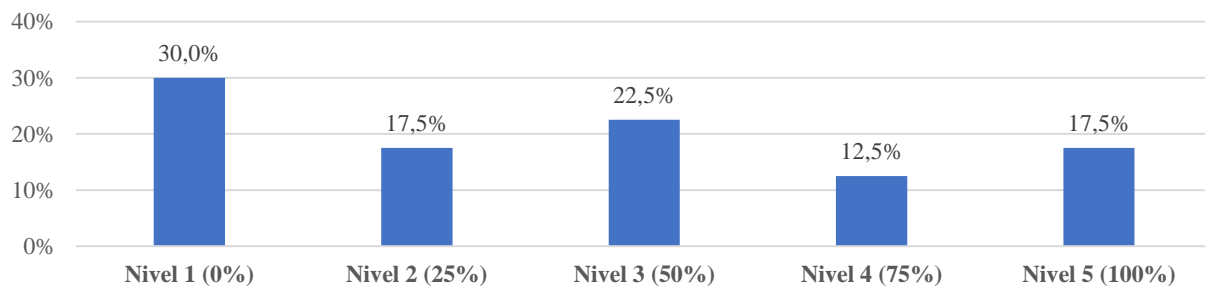
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 59. Cultura organizacional enfocada en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



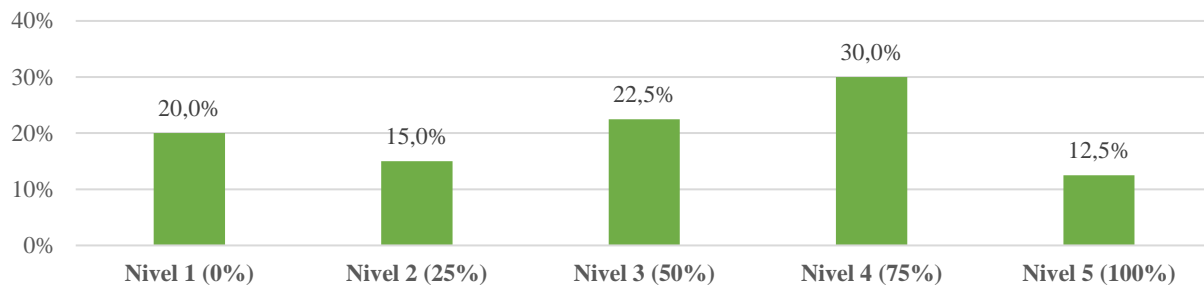
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 60. Integración de contratistas y proveedores por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



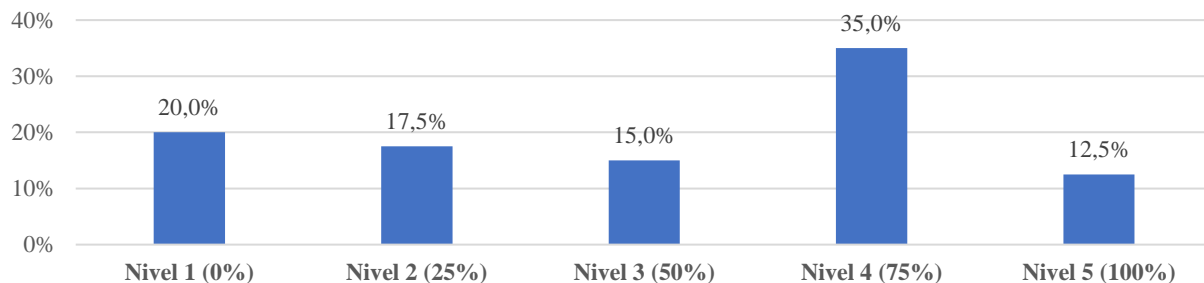
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 61. Innovación y desarrollo basado en BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



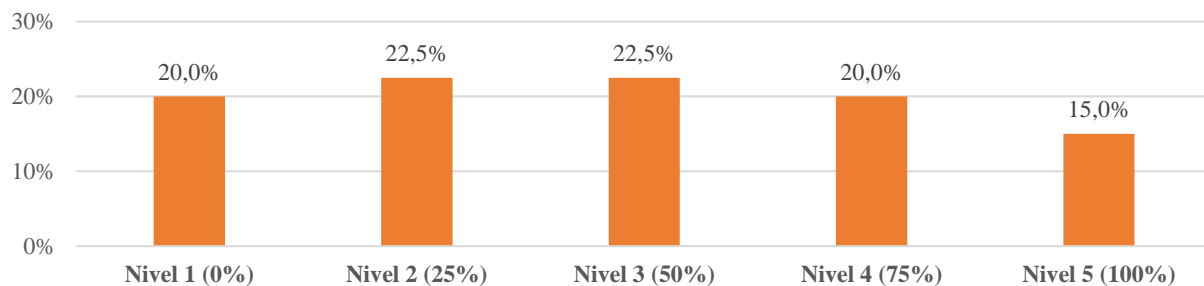
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 62. Integración de procesos por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



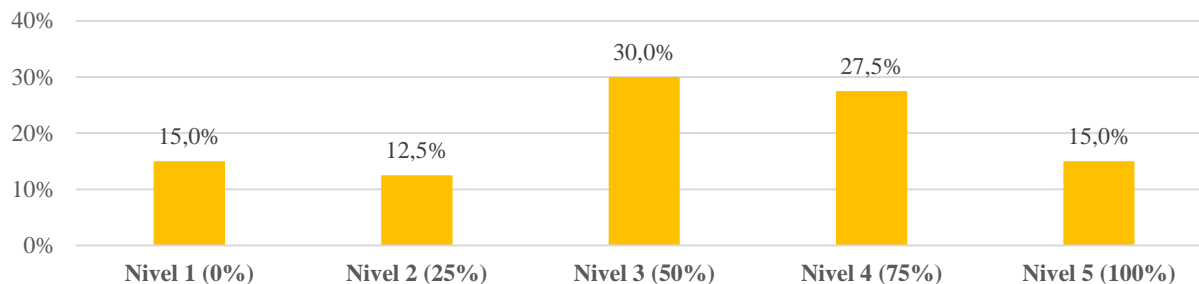
Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 63. Interoperabilidad por medio de BIM en la empresa donde trabaja el encuestado.



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Figura 64. *Uso de indicadores estandarizados en la empresa donde trabaja el encuestado.*



Fuente: Encuesta nacional a expertos

Teniendo como referencia la matriz de madurez BIM desarrollada por BIME Initiative (2016) junto con los resultados de la encuesta nacional, es posible evidenciar el estado del *conjunto de capacidades y del índice de madurez BIM* de las empresas nacionales. Se ha desarrollado esta matriz determinando el porcentaje de empresas que se encuentran en cada uno de los cinco (5) niveles de madurez. La siguiente tabla presenta esta matriz.

Tabla 14. *Porcentaje aprox. de empresas nacionales por etapa de madurez y capacidad BIM.*

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|---|------------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| 1. CAPACIDADES BIM | | | | | |
| 1.1 Tecnología | | | | | |
| 1.1.1 Software: Aplicaciones, entregables y datos | 10% | 20% | 43% | 15% | 12% |
| 1.1.2 Hardware: Equipos, entregables y localización / movilidad | 25% | 40% | 15% | 13% | 7% |
| 1.1.3 Red: Soluciones, entregables y control de seguridad / acceso | 60% | 25% | 8% | 5% | 2% |
| 1.2 Procesos | | | | | |
| 1.2.1 Recursos: Infraestructura física y de conocimiento | 50% | 30% | 10% | 5% | 5% |
| 1.2.2 Actividades y Flujos de Trabajo: Conocimiento, habilidades, experiencia, roles y dinámicas relevantes | 50% | 25% | 15% | 8% | 2% |
| 1.2.3 Productos y Servicios: Especificación, diferenciación e I+D | 45% | 25% | 15% | 10% | 5% |
| 1.2.4 Liderazgo y Gestión: Cualidades de organización, estrategias de gestión y comunicación, innovación y renovación | 40% | 35% | 15% | 8% | 2% |

| Ítem | a. INICIAL | b. DEFINIDO | c. GESTIONADO | d. INTEGRADO | e. OPTIMIZADO |
|---|------------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| 1.3 Política | | | | | |
| 1.3.1 Preparatorio: Investigación, programas de educación / formación y entregables | 35% | 25% | 28% | 7% | 5% |
| 1.3.2 Regulador: Códigos, regulaciones, estándares, clasificaciones, directivas y referencias | 65% | 15% | 10% | 8% | 2% |
| 1.3.3 Contractual: Responsabilidades, asignación de riesgos y beneficios | 50% | 25% | 15% | 8% | 2% |
| 2. ESCALA ORGANIZACIONAL | | | | | |
| 2.1 Etapa1 - Modelado basado en objetos: Uso en una sola disciplina en una fase del ciclo de vida | 40% | 45% | 10% | 3% | 2% |
| 2.2 Etapa 2 - Colaboración basada en modelos: Intercambio interdisciplinario de modelos durante el ciclo de vida del proyecto | 20% | 50% | 15% | 10% | 5% |
| 2.3 Etapa 3 - Integración basada en la red: Intercambio interdisciplinario de modelos durante el ciclo de vida del proyecto | 55% | 35% | 5% | 3% | 2% |
| 2.4 Micro - Organizaciones: Dinámicas y entregables BIM | 50% | 28% | 15% | 5% | 2% |
| 2.5 Meso – Equipos de proyecto (múltiples organizaciones): Dinámicas y entregables BIM interorganizacionales | 55% | 30% | 8% | 5% | 2% |
| 2.6 Macro - Mercados: Dinámicas y entregables BIM (requiere asesoría de expertos) | 20% | 60% | 13% | 5% | 2% |

Fuente: Elaboración propia, basado en BIME Initiative (2016) y la encuesta nacional a expertos

7.2.3 EDT de uso frecuente en la construcción de vivienda en Colombia

Se debe aclarar que la construcción de la EDT tomó insumos de la revisión de literatura, de la encuesta nacional, y de los talleres Delphi con expertos nacionales.

Los resultados obtenidos con el desarrollo de esta EDT fueron de gran utilidad en el sistema de clasificación, permitiendo desagregar las edificaciones en espacios arquitectónicos funcionales, los cuales se estructuran, clasifican y codifican en la tabla C del sistema de clasificación ColombiaClass.

En la tabla C - Espacios Arquitectónicos Funcionales, se desagregan las edificaciones en función de sus zonas o espacios arquitectónicos. Estos se caracterizan porque cumplen con una necesidad específica funcional dentro de la edificación como, por ejemplo, las escaleras y pasillos,

los apartamentos, o los parqueaderos. Cada uno de estos espacios es un componente principal, un ensamblaje o una parte de la entidad total construida, que por sí misma o en combinación con otras partes, cumple una función específica dentro del sistema total del proyecto. Las funciones predominantes incluyen, pero no se limitan a apoyar, delimitar, dar servicio y equipar una instalación. También pueden incluir un proceso o una actividad (ISO, 2015b).

Los elementos de la EDT y de la tabla C - Espacios Arquitectónicos Funcionales, están ordenados jerárquicamente en cuatro (4) niveles, así:

Tabla 15. *Niveles jerárquicos de la EDT desarrollada.*

Nivel 1 - temática: Espacios Arquitectónicos Funcionales

Nivel 2: Espacios por grupo de ocupación

Nivel 3: Espacios por análisis de costo

Nivel 4: Espacio arquitectónico funcional

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presenta la articulación y organización de estos niveles con los elementos de la EDT desarrollada.

Tabla 16. *EDT de Uso Frecuente en la Construcción de Vivienda en Colombia.*

Espacios Arquitectónicos Funcionales

Espacios en Edificaciones Residenciales

Espacios Comercializables (se pueden vender o arrendar)

Unidades residenciales o habitacionales (apartamentos, casas, habitaciones, etc.)

Parqueaderos comercializables (bicicletas, motos y automóviles)

Bodegas y depósitos personales o privados

Espacios comerciales para arriendo o venta (locales, oficinas, etc.)

Otros espacios arquitectónicos comercializables

Espacios Contributivos (no se pueden vender ni arrendar, pero son indispensables en el proyecto)

Demoliciones, remediaciones o acondicionamiento de terrenos y edificaciones

Cimentaciones, contenciones y estabilizaciones
 Puntos fijos, corredores y escaleras
 Elevadores o ascensores
 Fachadas
 Terrazas y cubiertas
 Recepciones o porterías
 Zonas internas y externas para tránsito peatonal y vehicular (bicicletas, motos y automóviles)
 Cuartos, ductos, cajas y conexiones técnicas y de servicios
 Zonas deportivas, sociales, culturales, recreacionales y otras amenidades
 Jardines y otras zonas verdes internas y externas
 Cerramientos y barreras perimetrales
 Parqueaderos no comercializables (visitantes, movilidad reducida, etc.)
 Zonas especiales para mascotas
 Otros espacios arquitectónicos contributivos

Espacios Temporales (se utilizan únicamente durante la ejecución de la obra)

Sala de ventas y centro de negocios
 Vallas y módulos comerciales e informativos
 Unidad residencial o habitacional modelo (apartamento, casa o habitación modelo)
 Oficina administrativa de obra
 Cerramientos perimetrales temporales
 Zona de torre grúa, andamios, plataformas, equipos especiales de obra y otra maquinaria amarilla
 Zonas externas afectadas temporalmente por la obra (vecinos y otros)
 Bodegas y almacenamiento temporal de materiales
 Zonas para el cargue y descargue de materiales
 Casinos, baños y campamentos de obra
 Demoliciones, remediaciones o acondicionamiento de terrenos y edificaciones temporales
 Cimentaciones, contenciones y estabilizaciones temporales
 Puntos fijos, corredores y escaleras temporales
 Elevadores o ascensores temporales
 Fachadas temporales
 Terrazas y cubiertas temporales
 Recepciones o porterías temporales
 Zonas internas y externas para tránsito peatonal y vehicular (bicicletas, motos y automóviles) temporales
 Cuartos, ductos, cajas y conexiones técnicas y de servicios temporales
 Zonas deportivas, sociales, culturales, recreacionales y otras amenidades temporales
 Jardines y otras zonas verdes internas y externas temporales
 Cerramientos y barreras perimetrales temporales
 Parqueaderos no comercializables (visitantes, movilidad reducida, etc.) temporales
 Zonas temporales especiales para mascotas
 Otros espacios temporales

Espacios de Cesión (Se entregan al municipio para uso público)

Demoliciones, remediaciones o acondicionamiento de terrenos y edificaciones
 Cimentaciones, contenciones y estabilizaciones
 Puntos fijos, corredores y escaleras
 Elevadores o ascensores

- Fachadas
- Terrazas y cubiertas
- Recepciones o porterías
- Zonas internas y externas para tránsito peatonal y vehicular (bicicletas, motos y automóviles)
- Cuartos, ductos, cajas y conexiones técnicas y de servicios
- Zonas deportivas, sociales, culturales, recreacionales y otras amenidades
- Jardines y otras zonas verdes internas y externas
- Cerramientos y barreras perimetrales
- Parqueaderos no comercializables (visitantes, movilidad reducida, etc.)
- Zonas especiales para mascotas
- Otros espacios de cesión
- Otros Espacios Arquitectónicos (uso no definido)**
 - Espacios sin función definida o vacíos

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que, se ha logrado una completa integración con las demás tablas del sistema de clasificación, por ejemplo, el nivel 2 de la EDT clasifica los espacios de acuerdo con el uso de la edificación, determinado en la tabla B de ColombiaClass. A partir de allí, el nivel 3 permite clasificar los espacios en función de un análisis de costos (ISO, 2015b) en cinco (5) clases: 1. Espacios Comercializables (que se pueden vender o arrendar), 2. Espacios Contributivos (no se pueden vender ni arrendar, pero son indispensables en el proyecto), 3. Espacios Temporales (se utilizan únicamente durante la ejecución de la obra), 4. Espacios de Cesión (se entregan al municipio para uso público), y 5. Otros Espacios Arquitectónicos (sin uso definido). El último nivel de la EDT (nivel 4), corresponde a los espacios arquitectónicos funcionales. La suma de todos los espacios arquitectónicos debe dar como resultado el 100% de la edificación a construir, por tanto, si dentro del proceso de planeación hay espacios sin función específica definida, se deben clasificar en la sección de *Espacios sin función definida o vacíos*.

Es posible consultar la tabla C – Espacios arquitectónicos funcionales, en los apéndices de este documento y en el siguiente enlace: <https://colombiaclass.org/descargas.html>

7.3 Talleres Delphi y sistema de clasificación para la gestión de activos de Construcción

La presentación de los resultados de los talleres Delphi con expertos nacionales se clasifica en tres partes: 1. El desarrollo y los resultados de las rondas de talleres Delphi, 2. La presentación y estructura general del sistema de clasificación, y 3. Los grupos de tablas del sistema.

7.3.1 Desarrollo y resultados de las rondas de talleres Delphi

La siguiente tabla ilustra la evolución en la construcción del sistema de clasificación y sus guías de uso, a través de las diferentes rondas de talleres Delphi con expertos nacionales.

Tabla 17. *Evolución del sistema de clasificación y sus guías de uso a través de las rondas Delphi.*

| Ronda Delphi | Expertos participantes | Versión del SC | Cantidad de tablas incluidas | Infografía preliminar | Guía rápida de uso | Guía detallada de uso |
|--------------|------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| --- | --- | 1 | 5 | 0% | 0% | 0% |
| 1 | 7 | 2 | 8 | 0% | 0% | 0% |
| 2 | 7 | 3 | 11 | 0% | 0% | 50% |
| 3 | 7 | 4 | 23 | 0% | 60% | 90% |
| extra | 7 | 5 | 23 | 100% | 100% | 100% |

Fuente: Elaboración propia

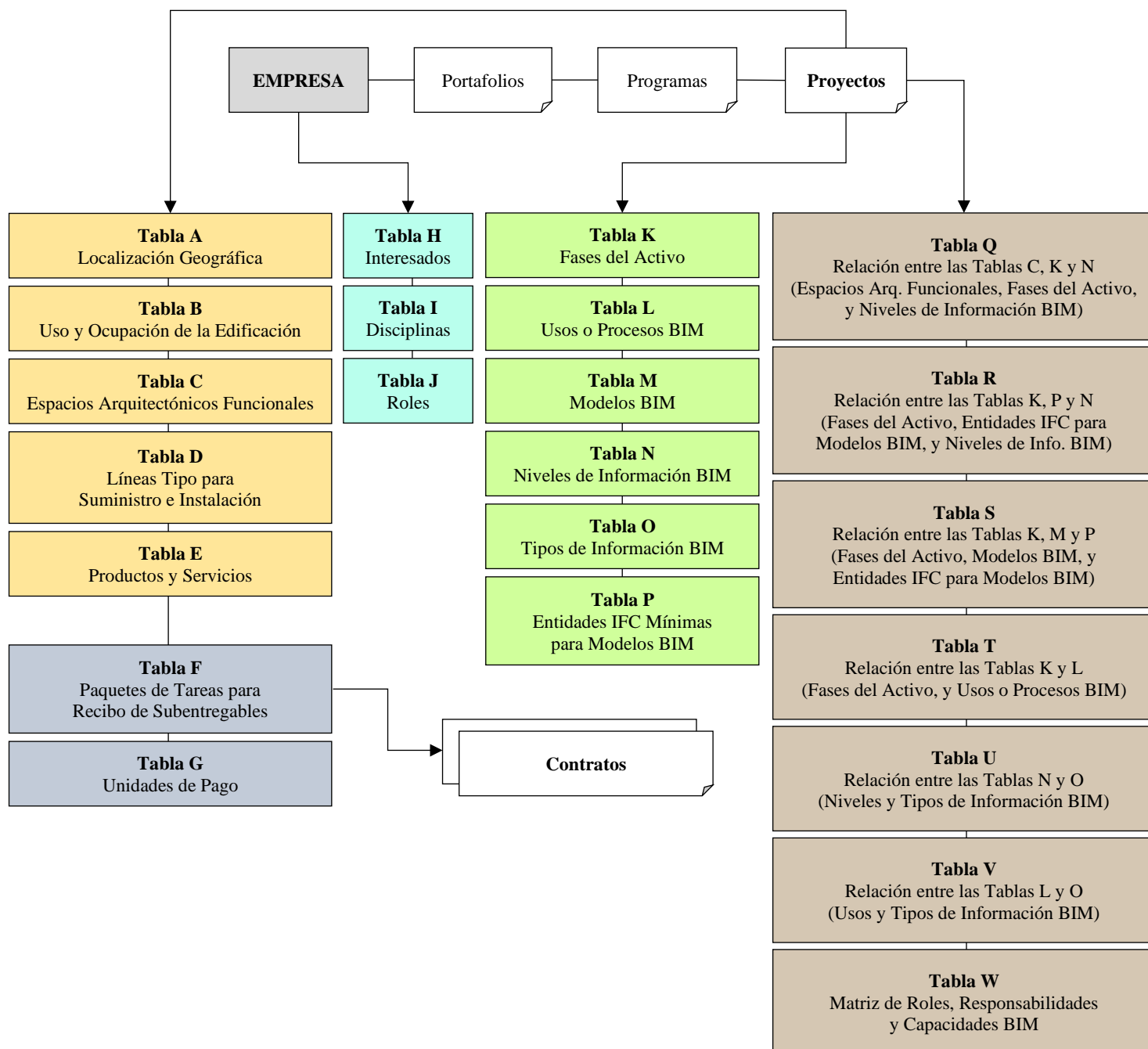
7.3.2 Presentación y estructura general del sistema de clasificación

Todo el sistema de clasificación ColombiaClass está disponible en el sitio web www.colombiaclass.org, y puede ser descargado en formatos de hojas de cálculo (.xlsx) y archivo portable (.pdf). A continuación se describe su contenido.



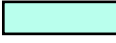


ColombiaClass ha sido desarrollado para apoyar la gestión integral de activos / proyectos de construcción en todas las áreas de conocimiento a saber: Gestión del alcance, de los contratos,

del tiempo, del costo, de los riesgos, de la calidad, de los recursos, de la integración, de las comunicaciones, de los interesados, de HSSE, financiera, marketing, legal, de los datos, de la innovación, y del cambio, entre otros (PMI, 2016, 2017) (AACE, 2015) (IPMA, 2015, 2018) (OGC, 2009). La siguiente gráfica ilustra la estructura general del sistema.

Figura 65. Estructura general de ColombiaClass.



NOMENCLATURA

| | |
|---|--|
|  | Grupo 1 de 5. Tablas para clasificar y desagregar la edificación |
|  | Grupo 2 de 5. Tablas de apoyo para la gestión de contratos |
|  | Grupo 3 de 5. Tablas para clasificar el personal |
|  | Grupo 4 de 5. Tablas de clasificación metodológica para BIM |
|  | Grupo 5 de 5. Interrelación entre las tablas anteriores del sistema |

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior ilustra las veintitrés (23) tablas del sistema, ordenadas en cinco (5) grupos. Cada tabla está identificada con una letra (A, B, C, etc.), su faceta o temática, y con un color representativo del grupo al cual pertenece. En el esquema también es posible ver la estructura organizacional de Empresa, Portafolios, Programas y Proyectos, que describe el Project Management Institute (PMI, 2017), junto con los Contratos. Este último con el fin de dar un apoyo adicional a la gestión de los contratos y otras adquisiciones que será detallada en la guía de uso de las tablas correspondientes.

7.3.3 Grupos de tablas del sistema de clasificación

La figura anterior ordena todas las tablas del sistema de clasificación en cinco (5) grupos:

Grupo 1. Tablas para clasificar y desagregar la edificación. (tablas A, B, C, D, E). Conjunto principal de tablas del sistema de clasificación. Está compuesto por cinco (5) tablas que contienen las temáticas y elementos necesarios para clasificar todos los insumos - tangibles e

intangibles - requeridos para generar el producto físico final que se espera obtener en cada fase de un activo de construcción.

Se debe clasificar teniendo como referencia y objetivo la edificación completa que se desea construir. Este requisito permite centrar el ejercicio de clasificación en la gestión del alcance (PMI, 2017). Este alcance debe mantenerse constante durante todas las fases del activo.

Cada tabla contiene una temática particular de clasificación, cuyos elementos están organizados jerárquicamente. Estos últimos, permiten desagregar, clasificar y codificar detalladamente el alcance por localización, por función, por tipo, y por producto, de acuerdo con lo establecido en el estándar ISO 81346 (ISO, 2018d, 2019, 2022c), de la siguiente manera:

- En la tabla A el activo se clasifica “por localización”,
- En la tabla B el activo se clasifica “por función”,
- En la tabla C se comienza a dividir o desagregar la edificación en partes “por función”,
- En la tabla D se continúa desagregando estas partes funcionales “por tipo”,

En la tabla E se finaliza la desagregación anterior “por producto”. Esta tabla corresponde a la clasificación de productos y servicios de la ONU, utilizada por el sistema nacional de Colombia Compra Eficiente (CCE, 2022b).

En las tablas A y B no se realiza una desagregación o división física del activo en partes. Esto ocurre a partir de la tabla C en adelante. El grupo 1 de tablas permite una ordenación que apoya la gestión integral de todas las áreas de conocimiento descritas anteriormente, y su uso en la implementación de la metodología BIM.

Grupo 2. Tablas de apoyo para la gestión de contratos. (tablas F, G). Conjunto de dos (2) tablas especialmente dedicadas a ser un complemento al Grupo 1, en la estructuración y gestión de contratos y otras adquisiciones, de acuerdo con lo establecido en el estándar ISO 12006-2 (ISO, 2015b). El grupo 2 se requiere particularmente para la gestión de contratos. Debido a esto, su alcance enmarca las áreas conocidas como restricciones contrapuestas, a saber: Gestión del alcance, del tiempo, del costo, de la calidad, de los recursos y del riesgo (PMI, 2017).

Grupo 3. Tablas para clasificar el personal. (tablas H, I, J). Conjunto de tres (3) tablas que permiten la clasificación de todos los interesados en un activo, incluyendo sus disciplinas y roles. Sirve de guía a la empresa u organización para la estructuración y la gestión del personal involucrado durante todo el ciclo de vida del activo. En la tabla J - Roles, es posible encontrar los Roles BIM junto con sus responsabilidades y competencias, según lo dispuesto por PlanBIM, Chile (PlanBIM, 2019).

Grupo 4. Tablas de clasificación metodológica para BIM. (tablas K, L, M, N, O, P). Conjunto de seis (6) tablas destinadas al cumplimiento de otras facetas de ordenación y clasificación de la información para BIM y la gestión de activos de construcción. Establece parámetros de estandarización como las nueve (9) fases de un activo, los veinticinco (25) usos BIM, los nueve (9) modelos BIM, los seis (6) niveles de información BIM, los quince (15) tipos de información BIM, y las veintiséis (26) entidades IFC mínimas para modelos BIM, de acuerdo con lo establecido en múltiples estándares y metodologías internacionales relacionadas en la guía de uso de cada tabla.

Grupo 5. Interrelación entre las tablas anteriores. (tablas Q, R, S, T, U, V, W).

Conjunto de siete (7) tablas de apoyo. Ilustran la interrelación y los parámetros para el uso correcto de múltiples facetas presentadas en las anteriores tablas del sistema de clasificación, en el marco de los estándares y las metodologías nacionales e internacionales referenciadas, y del desarrollo realizado por el comité de ColombiaClass.

Se aclara que, es posible utilizar cualquiera de las tablas de manera individual o en articulación con las demás tablas del grupo al cual pertenece, y del sistema en general. Asimismo, se entiende que en el proceso de implementación de ColombiaClass, cada interesado define cuáles tablas utiliza y hasta qué nivel de desagregación realiza la clasificación del activo / proyecto, de acuerdo con sus necesidades y expectativas (PMI, 2017). Sin embargo, se recomienda utilizar cada tabla en conjunto con las demás tablas del sistema, y clasificar hasta los últimos niveles de cada una, ya que de esta manera se habilita la posibilidad de coleccionar, almacenar y analizar metadatos más específicos, lo que resulta útil para la toma de decisiones en la gestión del activo (ISO, 2018b).

Por tanto, es altamente recomendable atender a la siguiente guía de uso de las tablas para clasificar y disgregar la información de un activo / proyecto según lo establecido en el estándar ISO 19650 (ISO, 2018c, 2020a), en entidades coordinadas, organizadas y estandarizadas, que permitan su gestión eficiente y la correcta implementación de la metodología BIM y sus modelos 3D:

- Para la gestión de contratos y otras adquisiciones: Utilizar todas las tablas de los grupos 1, 2 y 3.
- Para una gestión integral de los activos / proyectos, y para el uso en el marco de la metodología BIM: Utilizar todas las tablas de los grupos 1, 3, 4 y 5. El grupo 2 se requiere

particularmente para la gestión de contratos. En consecuencia, su alcance enmarca las áreas conocidas como restricciones contrapuestas, a saber: Gestión del alcance, del tiempo, del costo, de la calidad, de los recursos y del riesgo (PMI, 2017).

A pesar de lo anterior, es entendible que una empresa u organización realice una implementación progresiva de las leyes, los estándares y las metodologías - incluido ColombiaClass -, por tal motivo, se recomienda la asesoría de expertos para su correcta estructuración y desarrollo.

En la sección de apéndices de este documento, es posible consultar todas las tablas del sistema de clasificación ColombiaClass, incluyendo sus guías de uso, referencias e información de contacto. Esta información también está disponible en www.colombiaclass.org.

7.4 Guías de uso del sistema de clasificación

El sistema de clasificación cuenta con tres guías de uso: 1. Una infografía básica preliminar, 2. Una guía rápida, y 3. Una guía detallada de uso del sistema y de cada tabla.

7.4.1 Infografía básica preliminar

Como punto de partida, la siguiente infografía presenta de manera introductoria qué es, para qué sirve, y cómo funciona ColombiaClass, con el fin de dar un panorama general del sistema.

Figura 66. Infografía básica preliminar de ColombiaClass.

ColombiaClass

Qué es?

Lenguaje común



Para qué sirve?

estructurar
clasificar
codificar



Activos de construcción

Cómo funciona?

23 tablas en 5 grupos



Grupos y uso

1. Clasificar y desagregar la edificación.
2. Gestionar los contratos.
3. Clasificar el personal.
4. Clasificar el proyecto según la metodología BIM.
5. Entender y aplicar las relaciones entre las anteriores tablas.

1.



Clasificar y desagregar la edificación (tablas del grupo 1 de 5)

Tablas

- A Localización Geográfica
- B Uso y Ocupación de la Edificación
- C Espacios Arquitectónicos Funcionales
- D Líneas Tipo para Suministro e Instalación
- E Productos y Servicios

Cómo?

1. Se localiza el proyecto en un municipio,
2. Se identifica su uso principal,
3. Se disgrega en espacios arquitectónicos,
4. Se le asignan contratistas,
5. Se identifican los productos y servicios esperados.

2.



Gestionar los contratos (tablas del grupo 2 de 5)

Tablas

- F Paquetes de Tareas para Recibo de Subentregables
- G Unidades de Pago

Cómo?

1. Se disgregan los productos y servicios en paquetes de tareas,
2. Se le asignan unidades de pago.

3.



Clasificar el personal (tablas del grupo 3 de 5)

Tablas

- H Interesados
- I Disciplinas
- J Roles

Cómo?

1. Se identifican los interesados y su alcance,
2. Se clasifican por disciplinas,
3. Se le asignan roles o funciones.

4.



Clasificar el proyecto según la metodología BIM (tablas de grupo 4 de 5)

Tablas

| | |
|---|--|
| K | Fases del Activo |
| L | Usos o Procesos BIM |
| M | Modelos BIM |
| N | Niveles de Información BIM |
| O | Tipos de Información BIM |
| P | Entidades IFC Mínimas para Modelos BIM |

Cómo?

1. Se clasifica el proyecto en fases,
2. Se identifican los procesos BIM,
3. Se realizan los modelos BIM, de acuerdo con los tipos y niveles de información que contiene cada entidad IFC, para cada fase del proyecto.

5.



Entender y aplicar las relaciones entre las anteriores tablas (tablas del grupo 5 de 5)

Tablas

| | |
|---|--|
| Q | Relación entre las tablas C, K y N |
| R | Relación entre las tablas K, P y N |
| S | Relación entre las tablas K, M y P |
| T | Relación entre las tablas K y L |
| U | Relación entre las tablas N y O |
| V | Relación entre las tablas L y O |
| W | Matriz de Roles, Temáticas y Capacidades BIM |

Cómo?

1. Se entienden y aplican las leyes, los estándares y las metodologías para una correcta gestión del activo, durante todo su ciclo de vida.

Fuente: Elaboración propia

Esta infografía también se encuentra en la sección de apéndices de este documento, contenida en los documentos .xlsx y .pdf que describen el sistema completo, así como en el sitio web de ColombiaClass: www.colombiaclass.org.

7.4.2 Guía rápida de uso

Se ha desarrollado una guía rápida de uso del sistema, la cual contiene la descripción de cada tabla de este. Debido a su tamaño, esta guía se encuentra disponible en la sección de apéndices de este documento, y en el sitio web de ColombiaClass: www.colombiaclass.org.

7.4.3 Guía detallada de uso

Se ha desarrollado una guía detallada de uso del sistema, la cual contiene el marco conceptual, la descripción para el uso integral del sistema y de cada tabla de este. Debido a su tamaño, esta guía se encuentra disponible en la sección de apéndices de este documento, y en el sitio web de ColombiaClass: www.colombiaclass.org.

8. Conclusiones

Como producto de la revisión de la literatura se ha encontrado evidencia de al menos 200 estándares y sistemas de clasificación utilizados alrededor del mundo que tienen una relación con el sector de la construcción; en el cual hay evidencia de uso de estándares desde 1922 y de sistemas de clasificación desde 1947 hasta nuestros días.

En concreto, se han identificado 109 estándares y 91 sistemas de clasificación, sin embargo, a nivel mundial hay iniciativas adicionales de estandarización de diversos mercados, bienes y servicios. Se aclara que no todos los 91 SC encontrados se encuentran en vigencia actualmente; a pesar de ello se han incluido en la investigación ya que corresponden a la cronología de desarrollo de los SC actuales de cada país y organización.

Así las cosas, también hay evidencia de trabajo constante en la actualización y mejoramiento de los estándares y SC, lo cual prueba su uso y vigencia en el mercado mundial. Respecto de las actualizaciones, se ha encontrado evidencia de al menos 82 actualizaciones a estándares y 64 actualizaciones a sistemas de clasificación relacionados con la industria de la construcción en la última década (2012 – 2022).

Al reconstruir la evolución de los SC desde 1947 hasta nuestros días, es posible evidenciar que la armonización de la semántica en la industria de la construcción – mucho más antigua que

BIM – ha tenido el objetivo de estandarizar una estructura documental de uso internacional. En este contexto, muy pocos SC han logrado ser utilizados de manera sostenible.

Para desarrollar y actualizar un SC se requiere tener en cuenta los sistemas existentes, incluso fragmentados, así como las prácticas establecidas y otros enfoques de estructuración de datos como diccionarios y ontologías (Jackson, 2020).

Para ello, los diccionarios de datos de buildingSMART International responden a un método de estructuración de la semántica de SC en entornos digitales y web. Estos diccionarios crean correspondencias entre SC y modelos de datos IFC, y están apoyados por la ISO, como es el caso de la ISO 12006:3 Biblioteca BuildingSMART Data Dictionary o International Framework for Dictionaries (IFD), y los SC basados en el estándar ISO 81346.

Asimismo, el método para crear y administrar diccionarios de datos también está definido en el estándar ISO 23386.

También fue posible evidenciar como las tecnologías de la información y de las comunicaciones TIC tienen un profundo impacto en los métodos de trabajo de la industria de la construcción a través de la metodología BIM y los estándares de interoperabilidad, sin embargo, se requiere de SC que permitan el mejor aprovechamiento de estos recursos. El papel fundamental de los SC en BIM consiste en estandarizar el vocabulario de los datos contenidos en el modelo digital, los cuales deben estar armonizados y facilitar el consenso entre todos los interesados.

En ausencia de SC nacionales, muchos países a través de la historia han recurrido al uso de SC de otros países, y en algunos casos, hasta adaptarlos para su uso local. A su vez, hay evidencia de SC ampliados o modificados a usos específicos de ciertos mercados, con lo cual es necesario resaltar su pérdida de noción de estándar (Jackson, 2020).

Para el caso de Colombia se ha encontrado registro de ocho (8) estándares y SC relacionados con la temática de investigación de este proyecto, que han sido desarrollados en nuestro país.

1. Estándar para el Análisis de precios unitarios (APU) de referencia para obras viales del INVIAS,
2. Estándar y Guía de aplicación BIM basada en ISO 19650 del Grupo de Trabajo BIM Colombia,
3. Estándar y Guía para la adopción BIM en las organizaciones de CAMACOL,
4. Guía de estándares, métodos y procedimientos BIM del Grupo de Trabajo BIM Colombia,
5. Marco de interoperabilidad para gobierno digital de MinTIC,
6. Modelo de datos para el dominio de la administración de tierras - Perfil Colombiano de la ISO 19152 de la Agencia Nacional de Tierras - ANT y la Secretaria de Estado para Asuntos Económicos - SECO (Suiza)
7. Sistema de Clasificación denominado Modelo de Almacenamiento Geográfico o Modelo de Datos de la ANLA y Minambiente,
8. Sistema de Clasificación denominado Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto del Consejo Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA)

Respecto de la implementación de SC internacionales en Colombia, el SC utilizado para la codificación de bienes y servicios de la agencia nacional de contratación pública - Colombia Compra Eficiente CCE, es el Código Estándar de Productos y Servicios de la Organización de las Naciones Unidas UNSPSC, versión 14.0801, traducido al español (CCE, 2022b).

A su vez, desde el 2020 el gobierno de Colombia a través de la Superintendencia de Industria y Comercio SIC implementó el sistema de clasificación TMClass de la Oficina de

Propiedad Industrial de la Unión Europea (EUIPO, por sus siglas en inglés). Este SC contiene más de 70.000 términos para seleccionar productos y servicios que se desean proteger con derechos de autor (SIC, 2022).

En síntesis, en Colombia existe la necesidad de un SC de referencia común por parte de todos los interesados en la industria de la construcción. Este SC debe adaptarse al uso en BIM y herramientas digitales.

El correcto funcionamiento y sostenibilidad de un SC se debe en gran manera a la integración del panorama completo de variables que conforman su dinámica de uso y aplicación; es decir, es de vital importancia diseñar, planear y establecer una organización que regule, desarrolle, difunda, ejecute y actualice periódicamente dicho SC y sus complementos.

Si bien, el país se encuentra en un proceso de transformación digital, se debe pensar en el desarrollo de un SC que vincule a la mayoría de los interesados en el corto y mediano plazo, por tanto, este debe ser compatible con la captura y distribución de información analógica, y estar apoyado en políticas y estrategias que conduzcan progresivamente hacia la digitalización total de la gestión de los activos en el mediano y largo plazo.

En este contexto, se hace vital la planeación de la gestión del cambio, con apoyo económico, social, cultural, técnico y tecnológico por parte del Estado, dado el contexto nacional caracterizado por el uso de métodos tradicionales de gestión y la baja inversión de capital en la formación de personal e implementación de nuevas tecnologías (Camacol, 2018a).

Entre las áreas de gestión más relevantes a nivel nacional, se enfatiza la necesidad de un SC que permita su alineación con la gestión del alcance, los sistemas de adquisiciones, y con el monitoreo y control de los procesos operativos.

Asimismo, debe considerarse la planeación de un proceso de escalabilidad del SC, en donde se vayan integrando cada vez: 1. Nuevas facetas relevantes y de interés a los elementos existentes, 2. La cobertura de nuevas temáticas y áreas de gestión, y 3. Actualizaciones regulares que otorguen vigencia al SC, tanto en contenido como en facilidad de uso y aplicación.

En particular, el sistema de clasificación ColombiaClass requiere de siguientes etapas de desarrollo en donde se desarrolle un sitio web amigable con dispositivos móviles, y que cuente con una base de datos dinámica, con el fin de habilitar la posibilidad de estructurar y gestionar proyectos en línea. Este desarrollo puede llevarse a cabo por etapas, en donde se vayan incluyendo diferentes aplicaciones o áreas de conocimiento de la gestión de proyectos al sistema de gestión en línea.

Para todos los casos y como se ha recalcado anteriormente, esta iniciativa debe ser de uso gratuito, siguiendo la estrategia de los países con más experiencia en sistemas de clasificación para la construcción.

ColombiaClass requiere de un plan de operación y mantenimiento activo y constante, que permita su constante innovación y desarrollo, difusión y actualizaciones, acordes con la dinámica del sector de infraestructura nacional y latinoamericano.

Para que el modelo de gestión empresarial funcione y lleve al objetivo de un incremento en la productividad de los activos, se requieren armonizar los 4 campos de acción documentados en el marco conceptual de este documento: 1. La política pública, 2. La estrategia, 3. La táctica, y 4. La ejecución (PMI, 2017).

Para dar más detalle, en el campo de la táctica, en el que se encuentran ubicados los SC y la metodología BIM, hay que resaltar que estos no son únicamente herramientas digitales, sino que están conformados por 3 elementos complementarios que deben funcionar en un mecanismo

empresarial: 1. El conjunto de procesos de gestión completamente regulados y documentados, con sus formatos, roles y responsabilidades; enfocados en la colección, almacenamiento y análisis de datos; 2. La debida estructura organizacional, es decir, personal capacitado y en constante formación de competencias para la gestión completa de los activos conforme los procesos definidos, y 3. Las herramientas digitales de gestión que apoyan los SC y la metodología BIM.

Dado lo anterior, se deduce que la implementación de un SC aislado y de aplicación independiente no garantiza un incremento en la productividad de los activos de una organización, sino que este hace parte vital de un entorno mayor de gestión compuesto por otros elementos que deben analizarse, implementarse y articularse conforme cada caso y ambiente dinámico particular lo requiera.

Ahora bien, un SC – independientemente de si está basado en un estándar, o compuesto por determinadas tablas o facetas – debe responder a los usos y necesidades de un sector empresarial, conformado por interesados con diferentes visiones del negocio y competencias individuales, grupales y empresariales. Debido a esto, es importante precisar en un SC cuya estructura responda a estas necesidades de manera clara, fácil de usar y que no lleve a múltiples interpretaciones.

9. Recomendaciones y Trabajo Futuro

Se recomienda ahondar en estudios de oportunidad que lleven al mejor entendimiento de los aspectos complementarios que requiere el país para una correcta estructuración e implementación de mecanismos que permitan el incremento de la productividad de los activos en el sector de infraestructura.

Por su parte, estudios futuros deberían analizar el impacto económico y financiero del uso articulado de tácticas como SC y BIM en la industria de la construcción local. De igual forma, desarrollos futuros deben propender por vincular en estas metodologías la gestión de activos en modelos de economía circular y con enfoque de sostenibilidad ambiental.

Se recomienda enfáticamente el desarrollo de un ecosistema nacional de gestión de activos de infraestructura, que lleve a una sinergia de innovación, logística, emprendimiento e inteligencia colectiva en el sector. Este ecosistema debería generar y administrar entre otros aspectos los siguientes:

- Estrategia digital para el incremento del valor de los activos, la productividad y la competitividad.
- Estrategia para la transformación de los datos en información relevante, comercial e interoperable. Nuevas oportunidades comerciales a partir de los datos, una transformación del negocio público y privado a nivel nacional.
- Equipo de expansión, diversificación y potencialización de negocios digitales.
- Estandarización de bases de datos y procesos.
- Estandarización del uso articulado entre Sistemas de Información Geográfica SIG, y BIM.
- Unificación de fuentes de verdad y consulta ciudadana.
- Eliminación de aplicaciones que no generan valor agregado.
- Laboratorio de captura, procesamiento y análisis de datos.
- Paneles de control estratégicos, tácticos, operativos y de información pública, para la toma de decisiones basadas en datos.

Como estrategia inicial para la publicación y divulgación del sistema de clasificación se han planeado y diseñado seis (6) medios, cada uno de ellos con todo el contenido del sistema, sus guías de uso, referencias y datos de contacto: 1. Un sitio web, 2. Presentación en congreso internacional, 3. Publicación en documento del congreso, 4. Estructuración en las bases de datos de Google, 5. Archivo de hojas de cálculo, y 6. Archivo portable pdf.

En este orden, el presente documento contiene además, los análisis y las conclusiones para la óptima operación y mantenimiento del sistema, y para el desarrollo de futuras investigaciones y trabajos que permitan incrementar su cobertura, su mejoramiento continuo, e importancia táctica en la gestión de los activos de construcción a nivel nacional.

9.1 Sitio web

El sitio web del sistema de clasificación es: www.colombiaclass.org

Todo el diseño, desarrollo, configuración y puesta en marcha de este sitio web se realizó como parte del producto final de esta investigación. Esta parte del trabajo incluye el diseño gráfico y de imagen corporativa, la compra del dominio, hospedaje (hosting), autenticación de identidad y conexión cifrada mediante certificado digital SSL, y cuentas de correo electrónico organizacionales con el sufijo @colombiaclass.org.

En los apéndices de este documento es posible consultar el sitio web completo del sistema de clasificación.

9.2 Derechos de autor y permisos de uso

Siguiendo la estrategia de múltiples países alrededor del mundo que cuentan con amplia experiencia en el desarrollo e implementación de sistemas de clasificación para el sector de la

construcción, el comité de ColombiaClass ha decidido donar este trabajo al país; por tanto, el sistema de clasificación ColombiaClass es gratuito, y de libre distribución y uso. Sin embargo, este sistema está basado en otros estándares, metodologías y sistemas de clasificación que pueden estar protegidos por derechos de autor. Por tal motivo, se sugiere recibir asesoría por parte del comité de ColombiaClass para su correcto uso y distribución.

Los datos de contacto son:

ColombiaClass

Juan Carlos Gómez Roldán
Director general - CEO

+(57) 315 204 1459
juan.gomez@colombiaclass.org

www.colombiaclass.org

Carrera 27 con calle 9, Ciudad Universitaria
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, COLOMBIA
680002

9.3 Formato digital y presentación para impresión

Con el fin de promover el cuidado del medio ambiente y el proceso de transformación digital nacional, se recomienda el uso de ColombiaClass en formato digital. Todo el contenido del sistema se encuentra disponible para consulta en los siguientes tres (3) formatos: 1. Sitio web (extensión .html), 2. Hoja de cálculo (extensión .xlsx), y 3. Archivo portable (extensión .pdf). Este puede visualizarse desde cualquier dispositivo y programa del mercado, sin embargo, el estándar utilizado para la configuración visual óptima corresponde a una resolución de pantalla de 1920 x 1080 pixeles (1080p).

Referencias Bibliográficas

- Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE].** (2015). *Total cost management framework - An integrated approach to portfolio, program, and project management*. (2da edición). AACE International. <https://web.aacei.org/resources/tcm>
- American Institute of Architects [AIA].** (2013). *Document G202 - 2013. Project Building Information Modeling Protocol Form* [Archivo Pdf]. The American Institute of Architects. <https://content.aia.org/sites/default/files/2016-09/AIA-G202-2013-Free-Sample-Preview.pdf>
- Ameyaw, E. Hu, Y. Shan, M. Chan, A. & Le, Y.** (2016). Application of Delphi method in construction engineering and management research: a quantitative perspective. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(8), 991-1000. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/13923730.2014.945953>
- Agencia Nacional de Licencias Ambientales [ANLA].** (2016). *Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos* [Archivo Pdf]. ANLA. http://www.anla.gov.co/documentos/informacion_geografica/guia_modelodatosanla.pdf
- Alkasasbeh, M. Abudayyeh, O. & Liu, H.** (2020). A unified work breakdown structure-based framework for building asset management. *Journal of Facilities Management*. https://www.researchgate.net/publication/343697311_A_unified_work_breakdown_structure-based_framework_for_building_asset_management

- Ardila, R. & Mejía, G.** (2021). Fundamentos conceptuales y métodos para determinar la conformación de cuadrillas de trabajo en procesos constructivos. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería*. pp.528–544. Medellín: Edgar Serna. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5513899>
- Afsari, K. & Eastman, C.** (2016). A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models. *52nd ASC Annual International Conference Proceedings*. https://www.researchgate.net/publication/303484920_A_Comparison_of_Construction_Classification_Systems_Used_for_Classifying_Building_Product_Models
- BIME Initiative.** (2016). *Matriz de Madurez BIM versión 1-22* [Archivo Pdf]. BIME Initiative. <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf>
- BIM Forum.** (6 de agosto de 2021). *Level of Development Specification*. BIM Forum. <https://bimforum.org/lod/>
- Björk, B.** (1994). RATAS project - developing an infrastructure for computer-integrated construction. *Journal of Computing in Civil Engineering*. pp: 401-419. ASCE Library. [https://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1994\)8:4\(401\)](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)0887-3801(1994)8:4(401))
- BuildingSMART [BS].** (2018). *Rapport d'analyse. Les systèmes de classification et le BIM* [Archivo Pdf]. IPFIG Innovations Technologiques. <http://www.ipfig.net/wp-content/uploads/2020/07/SysteI%CC%80me-de-classification.pdf>

Byoung, C. Kwang, C. & Sung, K. (2006). Standardization of the Work Classification System in Spatial Data Construction - Laying Stress on the Basic Surveying. *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*. pp.69-75.

<https://koreascience.kr/article/JAKO200610912328351.pdf>

Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL]. (2019). *La importancia de los encadenamientos productivos en el sector de la construcción*. [Archivo Pdf]. Cámara Colombiana de la Construcción. <https://camacol->

[new.demodayscript.com/sites/default/files/descargables/Informe%20economico%20106%20VF_0.pdf](https://camacol-new.demodayscript.com/sites/default/files/descargables/Informe%20economico%20106%20VF_0.pdf)

Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL]. (2018a). *Informe de productividad. Sector construcción de edificaciones* [Archivo Pdf]. Cámara Colombiana de la Construcción.

<https://camacol-new.demodayscript.com/sites/default/files/descargables/INFORME%20DE%20PRODUCTIVIDAD.pdf>

Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL]. (2018b). *Hoja de Ruta para la Implementación BIM* [Archivo Pdf]. Cámara Colombiana de la Construcción.

https://camacol.co/sites/default/files/descargables/08_Hoja_de_Ruta_.pdf

Cerezo, A. Pastor, A. Otero, M. & Ballesteros, P. (2020). Integration of Cost and Work Breakdown Structures in the Management of Construction Projects. *Applied Sciences*. pp: 1386-3390.

ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/339353789_Integration_of_Cost_and_Work_Breakdown_Structures_in_the_Management_of_Construction_Projects

Coclass. (17 de Agosto de 2022). *CoClass – The new generation BSAB*. CoClass.

<https://coclass.byggjtjanst.se/login>

Colombia Compra Eficiente [CCE]. (18 de junio de 2022a). *Colombia Compra Eficiente - Clasificador de bienes y servicios*. Colombia Compra Eficiente.

<https://www.colombiacompra.gov.co/clasificador-de-bienes-y-servicios>

Colombia Compra Eficiente [CCE]. (2022b). *Guía para la codificación de bienes y servicios de acuerdo con el código estándar de productos y servicios de Naciones Unidas (versión 14080)* [Archivo Pdf]. Colombia Compra Eficiente.

https://www.colombiacompra.gov.co/sites/cce_public/files/cce_clasificador/manualclasificador.pdf

Colombia Compra Eficiente [CCE]. Decreto 4170 de 2011 [con fuerza de ley]. *Por el cual se crea la Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente -, y se determinan sus objetivos y estructura*. 3 de noviembre de 2011. (Colombia). D.O. No. 48242.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=44643

Conejera, G. (2019). *Sistemas de Clasificación en BIM / Omniclass, Uniclass, UniFormat, MasterFormat y NL/SfB*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/330712793_Sistemas_de_Clasificacion_en_BIM_Omniclass_Uniclass_UniFormat_MasterFormat_y_NLSfB

Consejo Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares [CPNAA]. (2016). *Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto* [Archivo Pdf]. CPNAA. <https://cpnaa.gov.co/wp-content/uploads/2020/06/GuiaEstandaresDigital.pdf>

Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES]. (15 de marzo de 2018). *CONPES 3918.*

Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS en Colombia

[Archivo Pdf]. DNP. (Colombia).

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES]. (8 de noviembre de 2019). *CONPES*

3975. Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial [Archivo Pdf].

DNP. (Colombia). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>

Construction Specifications Institute [CSI]. (18 de junio de 2022). *About OmniClass.* CSI.

<https://www.csiresources.org/standards/omniclass/standards-omniclass-about>

Creswell, J. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3rd

ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications. [https://es.scribd.com/document/361658431/Cresswell-](https://es.scribd.com/document/361658431/Cresswell-2009-Diseno-de-Investigacion-Metodos-Cualitativo-Cuantitativo-y-Mixto)

[2009-Diseno-de-Investigacion-Metodos-Cualitativo-Cuantitativo-y-Mixto](https://es.scribd.com/document/361658431/Cresswell-2009-Diseno-de-Investigacion-Metodos-Cualitativo-Cuantitativo-y-Mixto)

Daniotti, B. Pavan, A. Spagnolo, S. Caffi, V. Pasini, D. & Mirarchi, C. (2020). *BIM-based*

collaborative building process management. Springer International Publishing.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-32889-4>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2022). *Departamentos y municipios*

de Colombia [Archivo Pdf]. DANE.

<https://www.dane.gov.co/files/censo2005/provincias/subregiones.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026* [Archivo

Pdf]. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad* [Archivo Pdf]. DNP.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>

Ekholm, A. (2016). *A critical analysis of international standards for construction classification - results from the development of a new Swedish construction classification system* [Archivo Pdf]. In Proc of the 33rd CIB W78 Conference 2016. Brisbane. Australia.

https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/16339424/2016_10_31_Ekholm_CIB_W78_paper.pdf

El Rashid, M. (2016). *The Influence of Non-Standard Work Breakdown Structure on Change Orders and Cost Estimation for Sudan Oil and Gas Projects* [Archivo Pdf]. PM World Journal. pp:78-93.

<https://pmworldlibrary.net/wp-content/uploads/2016/12/pmwj53-Dec2016-EIRashid-non-standard-work-breakdown-structure-sudan-featured-paper.pdf>

Foro Económico Mundial [FEM]. (2022). *Digital Twin Cities: Framework and Global Practices* [Archivo Pdf]. Foro Económico Mundial.

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Digital_Twin_Cities_Framework_and_Practice_2022.pdf

Foro Económico Mundial [FEM]. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019* [Archivo Pdf]. Foro Económico Mundial.

https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Grupo BIM Colombia. (2020a). *Guía de Aplicación BIM – Versión 1* [Archivo Pdf]. Presidencia de Colombia – Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026.

https://bim.presidencia.gov.co/media/library/docs/Guia_de_Aplicacion_BIM-V01_PFXKkdZ.pdf

Grupo BIM Colombia. (2020b). *Guía de Estándares, Métodos y Procedimientos BIM – Versión 1*

[Archivo Pdf]. Presidencia de Colombia – Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026.

https://bim.presidencia.gov.co/media/library/docs/Guia_de_estandares_metodos_y_procedimientos_BIM-V01.pdf

GuBIMClass. (17 de Agosto de 2022). GuBIMClass Versión 1-2. Gubimcat.

http://gubimcat.blogspot.com/p/lobjectiu-ha-estat-obtenir-un-sistema_19.html

Hong, P. & Boo, L. (2016). Hierarchical Classification System of TBM Construction Work Information based on DB Structure. *Circuits, Control, Communication, Electricity, Electronics, Energy, System, Signal and Simulation 2016*. pp: 118-121. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/305472309_Hierarchical_Classification_System_of_TB_M_Construction_Work_Information_based_on_DB_Structure

Howard, R. (2001). Classification of building information – European and IT systems. *International Conference IT in Construction in Africa*. pp: 9-14. CSIR. Division of Building and Construction Technology. <https://itc.scix.net/pdfs/w78-2001-12.content.pdf>

Howard, R. & Björk, B. (2007). *Use of Standards for CAD Layers in Building* [Archivo Pdf].

Automation in Construction. Vol 16. pp: 290-297. Helda.

https://helda.helsinki.fi/dhanken/bitstream/handle/10227/611/bjork_howard.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Hussein, K. & Ismaeel, E. (2020). Shape Grammar Strategies for Representing the Built Heritage. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*. pp: 189-199. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/346077204_Shape_Grammar_Strategies_for_Representing_the_Built_Heritage

International Project Management Association [IPMA]. (2018). *Individual Competence Baseline*.

Reference guide for consultants, coaches, and trainers. (1ra edición). International Project Management Association. [https://shop.ipma.world/shop/ipma-standards/books-ipma-](https://shop.ipma.world/shop/ipma-standards/books-ipma-standards/individual-competence-baseline-for-consultants-coaches-and-trainers/?v=42983b05e2f2)

[standards/individual-competence-baseline-for-consultants-coaches-and-trainers/?v=42983b05e2f2](https://shop.ipma.world/shop/ipma-standards/books-ipma-standards/individual-competence-baseline-for-consultants-coaches-and-trainers/?v=42983b05e2f2)

International Project Management Association [IPMA]. (2015). *Individual Competence Baseline for*

Project, Programme & Portfolio Management (4ta edición) [Archivo Pdf]. International Project

Management Association. [https://products.ipma.world/wp-](https://products.ipma.world/wp-content/uploads/2016/03/IPMA_ICB_4_0_WEB.pdf)

[content/uploads/2016/03/IPMA_ICB_4_0_WEB.pdf](https://products.ipma.world/wp-content/uploads/2016/03/IPMA_ICB_4_0_WEB.pdf)

Jackson, P. (2020). *Nordic Study of Classification Systems for Infrastructure & Transportation* [Archivo

Pdf]. BuildingSMART. [https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/08/Nordic-Study-](https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/08/Nordic-Study-of-Classification-Systems-for-Infrastructure-Transportation-v1.0.pdf)

[of-Classification-Systems-for-Infrastructure-Transportation-v1.0.pdf](https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/08/Nordic-Study-of-Classification-Systems-for-Infrastructure-Transportation-v1.0.pdf)

Ji, H. Byong, Y. & Sung, M. (2012). The Development of Urban Metro Maintenance Facility System

Using Construction Classification System Management. *Korean Journal of Construction*

Engineering and Management. pp: 69–77.

https://www.researchgate.net/publication/290133462_The_Development_of_Urban_Metro_Maintenance_Facility_System_Using_Construction_Classification_System_Management

Kula, B. & Ergen, E. (2018). *Review of Classification Systems for Facilities Management* [Archivo Pdf].

ResearchGate. <https://www.researchgate.net/profile/Behlul->

[Kula/publication/342354204_Review_of_Classification_Systems_for_Facilities_Management/link/s/5ef0735aa6fdcc73be943bc3/Review-of-Classification-Systems-for-Facilities-Management.pdf](https://www.researchgate.net/publication/342354204_Review_of_Classification_Systems_for_Facilities_Management/link/s/5ef0735aa6fdcc73be943bc3/Review-of-Classification-Systems-for-Facilities-Management.pdf)

Leen, K. Paulson, B. Leavell, C. Joong, K. & Chang, K. (2005). Business breakdown structure for construction management and web-based application system. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/228786409_Business_breakdown_structure_for_construction_management_and_web-based_application_system

Lehner, S. (2005). *European fire classification of construction products, new test method SBI, and introduction of the European classification system into German building regulations* [Archivo Pdf].

Universitat Stuttgart. https://www.mpa.uni-stuttgart.de/institut/publikationen/otto-graf-journal/new_downloadgallery/2005/2005_beitrag_lehner.pdf

Likhitrungsilp, V. Ioannou, P. & Leeladejkul, S. (2014). Mapping Work Process and Information Exchange of Construction Entities for BIM Implementation: Case Study of an Academic Institute. *2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. pp: 2224-2231.

ASCE Library. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413616.276>

Likhitrungsilp, V. Putthividhya, W. & Ioannou, P. (2012). Conceptual Framework of the Green Building Information Management System. *ASCE Construction Research Congress*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/266057449_Conceptual_Framework_of_the_Green_Building_Information_Management_System

- Lukichev, S. & Romanovich, M.** (2016). The Quality Management System as a Key Factor for Sustainable Development of the Construction Companies. *Procedia Engineering*. pp: 1717-1721. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/312271919_The_Quality_Management_System_as_a_Key_Factor_for_Sustainable_Development_of_the_Construction_Companies
- Lukka, K.** (2003). *The Constructive Research Approach. Case Study Research in Logistics* [Archivo Pdf]. Turku school of economics and business administration. pp.83-101. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/profile/Kari-Lukka/publication/247817908_The_Constructive_Research_Approach/links/5cf669fda6fdcc8475032f22/The-Constructive-Research-Approach.pdf
- March, S. & Smith, G.** (1995). *Design and natural science research on information technology* [Archivo Pdf]. Decision support systems. pp: 251-266. Penn State University.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.826.5567&rep=rep1&type=pdf>
- Mêda, P. & Sousa, H.** (2015). Information consistency on construction - Case study of correlation between classification systems for construction types. pp: 309-315. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/283858832_Information_consistency_on_construction_-_Case_study_of_correlation_between_classification_systems_for_construction_types
- Messner, J. Anumba, C. Dubler, C. Goodman, S. Kasprzak, C. Kreider, R. Leicht, R. Saluja, C. & Zikic, N.** (2019). *BIM Project Execution Planning Guide*. (Version 2.2). Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, USA. <http://bim.psu.edu>

McKinsey. (2017). *Reinventing Construction: A route to higher productivity* [Archivo Pdf]. McKinsey and Company.

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Gobierno de Colombia [Mintic].

(2019). *Modelo de madurez para la transformación digital empresarial* [Archivo Pdf]. Mintic, Centros de Transformación Digital Empresarial.

https://www.centrosdetransformaciondigital.gov.co/695/articles-78552_archivo_pdf.pdf

Natspec. (2022). *TECHreport - Information classification systems and the Australian construction industry* [Archivo Pdf]. Natspec Construction Information.

https://www.natspec.com.au/images/PDF/TR02_Information_classification_systems.pdf

Office of Government Commerce [OGC]. (2009). *Éxito en la gestión de proyectos con Prince2*

[Archivo Pdf]. Oficina de Comercio Gubernamental del Reino Unido.

<https://nucleoapolo.ufpr.br/download/wp-content/uploads/2019/02/PRINCE2-2009-remarks.pdf>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (18 de junio de 2022). *Objetivos de desarrollo sostenible.*

UN. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2022a). *ISO and SDGs, Contributing to the UN Sustainable Development Goals with ISO standards.* [Archivo Pdf]. ISO.

<https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100429.pdf>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (18 de junio de 2022b). *Sustainable Development Goals*. ISO. <https://www.iso.org/sdgs.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2022c). *Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 1: Reglas básicas*. (ISO EIC 81346-1). <https://www.iso.org/standard/82229.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2021). *Gestión de portafolios, programas y proyectos. Contexto y conceptos*. (ISO 21500). <https://www.iso.org/standard/75704.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2020a). *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 3: Fase operativa de los activos*. (ISO 19650:3). <https://www.iso.org/standard/75109.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2020b). *Modelado de información de construcción (BIM) y otros procesos digitales utilizados en la construcción. Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios de datos interconectados*. (ISO 23386). <https://www.iso.org/standard/75401.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2020c). *Modelado de información de construcción (BIM): plantillas de datos para objetos de construcción utilizados en el ciclo de vida de los activos construidos: conceptos y principios*. (ISO 23387). <https://www.iso.org/standard/75403.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2019). *Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para clases.* (ISO EIC 81346-2).

<https://www.iso.org/standard/75265.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018a). *Industry Foundation Classes (IFC) para el intercambio de datos en los sectores de la construcción y la gestión de instalaciones. Parte 1: Esquema de datos.* (ISO 16739-1). <https://www.iso.org/standard/70303.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018b). *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 1: Conceptos y principios.* (ISO 19650:1). <https://www.iso.org/standard/68078.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018c). *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de información de construcción (BIM) - Gestión de la información utilizando BIM - Parte 2: Fase de entrega de los activos.* (ISO 19650:2). <https://www.iso.org/standard/68080.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018d). *Sistemas, instalaciones, equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 12: Obras de construcción y servicios de edificación.* (ISO 81346-12).

<https://www.iso.org/standard/63886.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018e). *Estructuras Desagregadas de Trabajo para la gestión de programas y proyectos.* (ISO 21511). <https://www.iso.org/standard/69702.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2016). *Modelos de información de construcción - Manual de entrega de información - Parte 1: Metodología y formato.* (ISO 29481-1). <https://www.iso.org/standard/60553.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2015a). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario.* (ISO 9000). <https://www.iso.org/standard/45481.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2015b). *Construcción de edificios. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 2: Marco para la clasificación.* (ISO 12006:2). <https://www.iso.org/standard/61753.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2014a). *Construcción de edificios - Planificación de la vida útil - Parte 4: Planificación de la vida útil mediante el modelado de información de construcción (BIM).* (ISO 15686-4). <https://www.iso.org/standard/59150.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2014b). *Gestión de activos: Descripción general, principios y terminología.* (ISO 55000). <https://www.iso.org/standard/55088.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2013). *Sistemas de gestión de terminología, conocimiento y contenido - Aspectos conceptuales para el desarrollo e internacionalización de sistemas de clasificación.* (ISO 22274). <https://www.iso.org/standard/36173.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2012). *Modelos de información de construcción - Manual de entrega de información - Parte 2: Marco de interacción.* (ISO 29481-2).

<https://www.iso.org/standard/55691.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2011). *Edificios y activos construidos. Planificación de la vida útil. Parte 1: Principios generales y marco.* (ISO 15686-1).

<https://www.iso.org/standard/45798.html>

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2007). *Construcción de edificios. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 3: Marco para información orientada a objetos.* (ISO 12006:3). <https://www.iso.org/standard/38706.html>

Oyegoke, A. (2011). The constructive research approach in project management research. *International Journal of Managing Projects in Business.* pp: 573-595.

https://www.researchgate.net/publication/241558478_The_constructive_research_approach_in_project_management_research/link/566960f508ae430ab4f70fb2/download

Palos, S. (2012). State-of-the-art analysis of product data definitions usage in BIM. In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: Proceedings of the European Conference on Product and Process Modelling 2012.* ECPPM 2012. pp: 397-403.

<https://cris.vtt.fi/en/publications/state-of-the-art-analysis-of-product-data-definitions-usage-in-bi>

PlanBIM. (2019). *Estándar BIM para Proyectos Públicos - Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores.* (1ra edición). PlanBIM. Chile. <https://planbim.cl/estandar-bim-para-proyectos-publicos-intercambio-de-informacion-en-solicitante-y-proveedores-sebastian-manriquez/>

- Project Management Institute [PMI].** (2017). *Project Management Book of Knowledge - PMBoK Guide*. (6ta edición). Project Management Institute. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Project Management Institute [PMI].** (2016). *Construction Extension to the PMBoK Guide*. (3ra edición). Project Management Institute. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok/construction-extension>
- Ryu, M., Truong, HL. & Kannala, M.** (2021). Understanding quality of analytics trade-offs in an end-to-end machine learning-based classification system for building information modeling. *Journal of Big Data*. <https://rdcu.be/cTRjl>
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR].** (2010). *Ley 1229 de 2008*. 16 de julio de 2008 [Archivo Pdf]. (Colombia). <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Sadri, H. Taheri, A. Yitmen, I. & Jongeling, R.** (2020). Requirement management in a life cycle perspective based on ISO 19650-1 and CoClass as the new classification system in Sweden. *Engineering Construction & Architectural Management*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/345450629_Requirement_management_in_a_life_cycle_perspective_based_on_ISO_19650-1_and_CoClass_as_the_new_classification_system_in_Sweden
- Seokhyeon, J. Jeongsik, J. Jinhee, A. & Changhak, K.** (2019). A Study on the Application Method of Facility Classification System for the Development of Asset Management System for Power Generation Structures. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. pp:113–118. <https://koreascience.kr/article/JAKO201913457808378.pdf>

Superintendencia de Industria y Comercio [SIC]. (2022). Superintendencia de Industria y Comercio se une a la base de datos TMCLASS para la clasificación de marcas. *Gobierno de Colombia*.

<https://www.sic.gov.co/noticias/superintendencia-de-industria-y-comercio-se-une-a-la-base-de-datos-tmclass-para-la-clasificacion-de-marcas>

Uniclass. (16 de agosto de 2022). Uniclass 2015 - NBS. Uniclass. <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015>

US Veterans Affairs [USVA]. (2010). *The VA BIM Guide. Version 1.0* [Archivo Pdf]. Office of construction and Facilities Management. <https://www.cfm.va.gov/til/bim/VA-BIM-Guide.pdf>

Vlasov, V. Konin, I. Pribyl, P. & Bogumil, V. (2017). Development of Standards and their Harmonization with International Standards as a Necessary Condition of Normative and Technical Support in Construction and Development of Intelligent Transport Systems in Russia. *Transportation Research Procedia*. pp: 690-694. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/312967121_Development_of_Standards_and_their_Harmonization_with_International_Standards_as_a_Necessary_Condition_of_Normative_and_Technical_Support_in_Construction_and_Development_of_Intelligent_Transport_Systems_in_Russia

Wild, P. Giess, M. & McMahon, C. (2009). Describing engineering documents with faceted approaches: Observations and reflections. *Journal of Documentation*. pp: 420-445. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/235314165_Describing_engineering_documents_with_faceted_approaches_Observations_and_reflections

Young, K. Won, H. Jae, P. & Gi, C. (2017). An estimation framework for building information modeling (BIM)-based demolition waste by type. *Waste Management & Research*. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/320675943> An estimation framework for building information modeling BIM-based demolition waste by type

Yong, P. & Tae, K. (2011). A Study on the Model for Construction Records Classification System. *Journal of the Korean Society for information Management*. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/264066057> A Study on the Model for Construction Records Classification System

Apéndices

Apéndice A. *Resultados obtenidos en la revisión de literatura (archivo xlsx).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 1*.

Apéndice B. *Principales estándares y SC relacionados con la construcción encontrados en la revisión de literatura (archivo xlsx).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 2*.

Apéndice C. *Cuestionario de preguntas de la encuesta nacional a expertos (archivo pdf).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 3*.

Apéndice D. *Respuestas tabuladas de la encuesta nacional a expertos (archivo pdf).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 4*.

Apéndice E. *Actas firmadas de las rondas de talleres Delphi con expertos nacionales (archivo pdf).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 5*.

Apéndice F. *Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivo pdf).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 6*.

Apéndice G. *Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivo xls).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 7*.

Apéndice H. *Sitio web del Sistema de Clasificación ColombiaClass, incluye guías de uso (archivos html incluidos en un archivo zip).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 8*.

Apéndice I. *Artículo publicado en ponencia del congreso Latinoamericano InGenio 2022 (archivo pdf).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 9*.

Apéndice J. *Presentación para la defensa del trabajo de grado de maestría (archivo pptx).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 10*.

Apéndice K. *Documento de trabajo de grado, versión final (archivo docx).*

Este apéndice está adjunto y puede visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS, como *Anexo 11*.